

PRISCILLA VIEIRA CARNEIRO

APLICAÇÃO DE METODOLOGIA SEIS SIGMA E LEILÃO COMBINATÓRIO EM
PROCESSO DE COMPRAS DE ITENS DE ALMOXARIFADO PARA EMPRESA DE
COSMÉTICOS

São Paulo

2015

PRISCILLA VIEIRA CARNEIRO

APLICAÇÃO DE METODOLOGIA SEIS SIGMA E LEILÃO COMBINATÓRIO EM
PROCESSO DE COMPRAS DE ITENS DE ALMOXARIFADO PARA EMPRESA DE
COSMÉTICOS

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do Diploma
de Engenheiro(a) de Produção

São Paulo

2015

PRISCILLA VIEIRA CARNEIRO

APLICAÇÃO DE METODOLOGIA SEIS SIGMA E LEILÃO COMBINATÓRIO EM
PROCESSO DE COMPRAS DE ITENS DE ALMOXARIFADO PARA EMPRESA DE
COSMÉTICOS

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do Diploma
de Engenheiro(a) de Produção

Área de concentração:
Engenharia de Produção

Orientador:
Prof. Dr. Hugo Tsugunobu Yoshida Yoshizaki

São Paulo

2015

Carneiro, Priscilla Vieira

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA SEIS SIGMA E LEILÃO
COMBINATÓRIO EM PROCESSO DE COMPRAS DE ITENS DE
ALMOXARIFADO PARA EMPRESA DE COSMÉTICOS / P. V. Carneiro -
- São Paulo, 2015.**

137 p.

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de
Produção.**

**1.Processo de Compras 2.Seis Sigma 3.Leilão Reverso
Combinatório I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Produção II.t.**

Aos meus pais Francisco e Luzia,
por todo amor e carinho que me dedicaram
e ainda dedicam, mesmo à distância.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pois sem Ele nenhuma vida humana existiria.

Aos meus pais Francisco e Luzia, pelo apoio e dedicação incondicional em todos os momentos da minha vida, não importa quantos quilômetros de distância nos separem.

Aos meus orientadores, Prof. Hugo Yoshizaki e Joice Giacon, pelos conselhos e dicas ao longo da realização deste trabalho, essenciais para a qualidade técnica das considerações e do texto. Agradeço também ao Prof. Alberto Ramos pelas dicas e orientações sobre a aplicação da metodologia Seis Sigma e ao Prof. Paulino Francischini pela orientação de uso da ferramenta AHP. Agradeço também ao Prof. Irineu de Brito Jr. e ao Prof. Celso Hino, pela ajuda com a modelagem.

À empresa e aos meus colegas de trabalho, especialmente Gabriela Galvão e Rubens Garcia, que me apoiaram com seu conhecimento de mercado e não hesitaram em ajudar com a coleta de todos os dados e informações necessárias à realização deste trabalho. Agradeço também aos meus gestores e mentores José Fernandes, Renan Santos e Rafael Tavares, por todas as orientações profissionais oferecidas.

Agradecimento especial à Joice e Gabriela pela revisão final.

A todos os meus amigos e familiares que me apoiaram e me incentivaram em toda a minha formação acadêmica.

Invictus

Out of the night that covers me,
Black as the pit from pole to pole,
I thank whatever gods may be
For my unconquerable soul.

In the fell clutch of circumstance
I have not winced nor cried aloud.
Under the bludgeonings of chance
My head is bloody, but unbowed.

Beyond this place of wrath and tears
Looms but the horror of the shade,
And yet the menace of the years
Finds and shall find me unafraid.

It matters not how strait the gate,
How charged with punishments the scroll,
I am the master of my fate:
I am the captain of my soul.

(William Ernest Henley)

RESUMO

Esse trabalho baseia-se na análise do processo de compra de itens gerais de almoxarifado em uma multinacional centenária do setor de higiene e beleza. O projeto foi realizado de forma combinada com as atividades do estágio e é fundamentado na metodologia Seis Sigma. Seu objetivo é viabilizar uma estratégia de compras para esses itens através de um processo mais enxuto e menos dispendioso, reduzindo o tempo médio de tratamento de uma requisição de compras em 10% sem implicar em aumento de custo ou de nível de estoque nem em redução da qualidade dos produtos adquiridos. As fontes dos dados utilizadas para o estudo foram a base de dados extraída do sistema de compras usado na emissão de pedidos e as planilhas fornecidas pelo almoxarifado. As análises estatísticas e os demais procedimentos do Seis Sigma permitiram inferir que a causa principal de atraso e de custo no processo é o processamento individual de itens, a cada requisição. Como plano de ação para solução do problema, decidiu-se realizar contratos para os itens de maior giro. Foi então realizado um projeto piloto de leilão combinatório para o processo de concorrência. O contrato estabelecido para a categoria de itens escolhida pode oferecer um ganho de até 6 % e estima-se que o tempo médio de processamento seja reduzido para 2 dias, para esta categoria. No entanto, seria necessário realizar o mesmo processo para diferentes categorias para avaliar estatisticamente a influência desses contratos na redução no tempo de emissão e no custo de compras.

Palavras-chave: Processo de Compras. Seis Sigma. Leilão Reverso Combinatório.

ABSTRACT

This work is based on the analysis of a sourcing process for warehouse general items in a centenary global company of the health and beauty sector. The project was executed in combination with Internship activities and is based on the Six Sigma methodology. The goal is to make a purchasing strategy for those items through a leaner and less costly process, by reducing in 10% the average handling time of a purchase requisition without increasing costs and stock level, or reducing product quality. The research was performed based on the extracted sourcing system database used for issuing requisitions, and on databases provided by the warehouse assistants. Statistical analysis and other Six Sigma procedures allowed to infer that the main cause of delay and cost increase in the process is treating each request individually. As an action plan for solving this problem, it was decided to negotiate longer contracts for higher turnover items. A pilot project of a combinatorial auction was carried out for the bidding process. The contract established for the chosen category can provide gain of up to 6% and it is estimated that the average processing time is reduced to 2 days. However, it would be necessary to establish the same process for different sourcing categories to statistically assess the relevance of those contracts to reduce issuing process time and purchasing cost.

Keywords: Purchasing Process. Six Sigma. Reverse Combinatorial Auctions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Faturamento do setor de higiene no Brasil de 1996 a 2014	20
Figura 2 - Diferença entre escopo do trabalho e o projeto de estágio.....	21
Figura 3 - Esquema de funcionamento do processo de compras para o almoxarifado na Cosmet.....	24
Figura 4 -Matriz de Kraljic.....	32
Figura 5 - Estrutura hierárquica de decisão.....	44
Figura 6 -Resumo de atividades da etapa DMAIC (elaboração própria).....	54
Figura 7- Fluxograma de processo de compras para almoxarifado	57
Figura 8 - VSM de processo de compras para almoxarifado (tempos médios)	59
Figura 9 - Histograma do tempo de conclusão do processo de compras (em dias).....	61
Figura 10 - Pedidos dentro e fora do prazo	62
Figura 11 - Diagrama causa-e-efeito para o atraso no processo de compras	63
Figura 12 - Diagrama causa-e-efeito para o aumento de custo em compras.....	64
Figura 13 - Pedidos dentro e fora da política	69
Figura 14 - Matriz causa e efeito	71
Figura 15 - Matriz esforço-impacto	72
Figura 16 – Gráfico da classificação dos itens de almoxarifado	74
Figura 17 - Gráfico do gasto anual por categoria (em %).....	76
Figura 18 - Gráfico da quantidade anual de pedidos	77
Figura 19 - Gráfico da média e desvio padrão do tempo de emissão por categoria – base anual (em dias).....	78
Figura 20 – itens de maior giro - em base de gastos/valores propositalmente omitidos.....	80
Figura 21 - Giro anual vedações (em % de gastos)	80
Figura 22 - Giro anual materiais elétricos (em % de gastos)	81
Figura 23 - Giro anual itens de embalagem (em % de gastos).....	81
Figura 24 - Giro anual EPIs (em % de gastos)	82
Figura 25 - Estrutura AHP de priorização.....	87
Figura 26 - Peso de cada critério	88
Figura 27 - Pesos de cada subcritério de homologação	89
Figura 28 - Giro anual de EPIs por quantidade (em %).....	92
Figura 29 - Resultado da análise de sensibilidade - valores propositalmente omitidos.....	103
Figura 30 - Gráfico da redução de custo por quantidade de fornecedores.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos modelos de leilão	31
Tabela 2 - Tradução do nível da qualidade em linguagem financeira	38
Tabela 3 - Escala de Intensidade de Saaty	45
Tabela 4 - Descrição das fontes de dados do trabalho	48
Tabela 5 - percentual representativo de itens por categoria antes e depois da reclassificação	50
Tabela 6 - Análise, priorização de itens críticos e implementação do leilão piloto	53
Tabela 7 - Tabela SIPOC do processo de compras.....	56
Tabela 8 - comparação entre tempo de emissão e política	70
Tabela 9 - Resumo da classificação dos itens.....	74
Tabela 10 - Comparação entre Cosmet e Fert	84
Tabela 11 - Importância relativa entre os critérios	87
Tabela 12 - Importância relativa entre os subcritérios de homologação.....	89
Tabela 13 - Estabelecimento de margem de notas.....	90
Tabela 14 - notas por categoria.....	90
Tabela 15 - EPIs selecionados para leilão	93
Tabela 16 - Alocação de propostas do fornecedor 1.....	95
Tabela 17 - Alocação de propostas do fornecedor 2.....	95
Tabela 18 - Alocação de propostas do fornecedor 3.....	96
Tabela 19 - Alocação de propostas do fornecedor 4.....	96
Tabela 20 - Alocação de propostas do fornecedor 5.....	96
Tabela 21 - Alocação de propostas do fornecedor 6.....	97
Tabela 22 - Alocação de propostas do fornecedor 7.....	97
Tabela 23 - Valores de propostas individuais por unidade de item (R\$)	98
Tabela 24 - Valores de propostas individuais considerando giro anual (R\$).....	98
Tabela 25 - Resultado da otimização para compra individual (Cenário 1).....	100
Tabela 26 - Valores das propostas em pacotes (R\$)	100
Tabela 27 - Resultado da otimização para compra de pacotes (Cenário 3)	101
Tabela 28 - Resultados da otimização para os diferentes cenários.....	102

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 Descrição do estágio e objetivos do trabalho	20
1.2 Estrutura do trabalho	22
2. REVISÃO DA LITERATURA	23
2.1 Processo de compras	23
2.1.1 Evolução do processo de compras	24
2.1.2 Mudança de perspectiva e estratégias de compras	25
2.1.3 Futuras perspectivas e comércio eletrônico em compras	28
2.2 Leilões	29
2.2.1 Modelos de leilão	29
2.2.2 Leilão combinatório	33
2.2.3 Implementação	34
2.2.4 Estudos de caso	34
2.2.5 Modelos matemáticos para determinação do vencedor	35
2.3 Seis Sigma: metodologia de análise de processo	37
2.3.1 História	38
2.3.2 Fatores críticos de sucesso	39
2.3.3 Metodologia DMAIC e outras ferramentas de implementação	40
2.3.4 Seis Sigma em processos administrativos	42
2.3.5 <i>Benchmarking</i> e Impacto de aplicação do Seis Sigma	43
2.3.6 Ferramenta de priorização - AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i>)	44
3. METODOLOGIA	47
3.1 Fontes de dados	47
3.2 Estruturação DMAIC	48
3.2.1 Etapa D – Definição de problema	48
3.2.2 Etapa M – Medição	49

3.2.3	Etapa A – Análise	49
3.2.4	Etapa I – Melhoria ou <i>Improvement</i>	51
3.2.5	Etapa C – Controle.....	53
3.3	Resumo - Forma de apresentação dos resultados	53
4.	ETAPA D – DEFINIÇÃO DE PROBLEMA.....	55
5.	ETAPA M – MEDIÇÃO	57
6.	ETAPA A – ANÁLISE	61
6.1	Análise geral do processo.....	61
6.2	Análise de causas potenciais	62
6.2.1	Mão-de-obra	65
6.2.2	Meio-ambiente.....	65
6.2.3	Matérias-primas	66
6.2.4	Máquinas/sistemas	66
6.2.5	Medição.....	67
6.2.6	Métodos.....	67
6.3	Identificação da causa-raiz	70
6.4	Análise de categorias	73
6.4.1	Classificação de itens – formação de categorias – Base A	73
6.4.2	Análise de categorias – identificação de categorias críticas –Base B.....	75
6.4.3	Análise da composição das categorias críticas – Base C	79
6.5	Conclusão da análise estatística.....	82
6.6	<i>Benchmarking</i>	83
7.	ETAPA I – IMPLEMENTAÇÃO DA MELHORIA.....	85
7.1	Determinação da categoria prioritária.....	86
7.2	Análise dos principais itens da categoria escolhida.....	92
7.3	Implementação do leilão	93
7.3.1	Seleção de fornecedores para participação.....	93

7.3.2	Aspectos da implementação	94
7.3.3	Modelagem do leilão	94
7.3.4	Análise de sensibilidade	102
8.	ETAPA C – CONTROLE	105
8.1	Indicadores de contrato	105
8.2	Indicadores de processo	106
8.3	Documentação	106
9.	DISCUSSÃO	109
9.1	Deficiências do trabalho	109
9.2	Aspectos da contratação	110
10.	CONCLUSÕES	111
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
	APÊNDICE A – Cálculos de pesos para AHP	117
	APÊNDICE B – Programação Leilão	119
	ANEXO A – Ferramentas da Metodologia Seis Sigma	135

1. INTRODUÇÃO

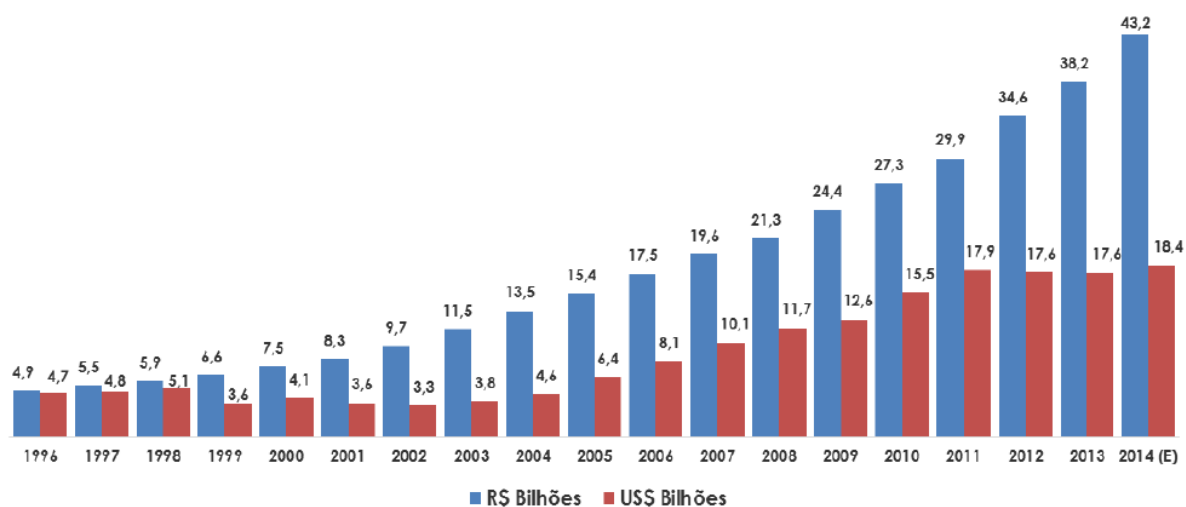
Esse trabalho baseia-se na análise do processo de compras de itens gerais de almoxarifado em uma multinacional centenária do setor de higiene e beleza. Por questões de confidencialidade, a empresa será nomeada Cosmet.

De acordo com o *site* da Cosmet, a empresa é líder mundial em vendas diretas e possui produtos comercializados em mais de uma centena de países por milhares de revendedores autônomos. Os produtos constituem itens de beleza, moda e utilidades domésticas. A empresa tem como principal aspecto cultural a valorização da mulher e das suas capacidades, sendo essa a sua principal força de mercado. A Cosmet foi uma das pioneiras na implementação do modelo de vendas diretas e, de acordo com a ABEVD - Associação Brasileira de Empresas de Vendas Diretas, permanece nas primeiras colocações no ranking da *World Federation of Direct Selling Associations* (WFDSA).

O mercado de vendas diretas consiste em um sistema diferenciado de comercialização de serviços e bens de consumo, baseado no contato entre revendedores e clientes sem necessidade de um estabelecimento comercial fixo, o que permite grande capilaridade no canal de distribuição da empresa e consequentemente agrega valor aos seus produtos. A venda direta também é uma excelente forma de combate ao desemprego, pois permite aos revendedores complementar a renda familiar, crescer profissionalmente e trabalhar em horários flexíveis, enquanto o cliente final tem a vantagem de ter atendimento personalizado. No Brasil, quarto colocado no *ranking* de vendas diretas da WFDSA, esse mercado possui cerca de 4,5 milhões de representantes, gera cerca de 8 mil empregos e movimentou cerca de US\$ 14,6 milhões em 2013 (ABEVD - Associação Brasileira de Empresas de Vendas Diretas).

De acordo com o panorama anual de 2014 da ABIHPEC (Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos), o Brasil tem mais de 2540 empresas atuantes no setor, sendo mais de 1553 delas na região Sudeste e mais de 1058 no estado de São Paulo. Ainda segundo o relatório, o setor apresentou um crescimento médio de 10% ao longo dos últimos 19 anos. Mais precisamente, seu crescimento médio foi de 9,2% ao ano contra 2,8 % do PIB brasileiro e 1,9% da média da indústria. O gráfico da Figura 1 mostra o ritmo do crescimento do setor de cosméticos no Brasil de 1996 até 2014.

Figura 1- Faturamento do setor de higiene no Brasil de 1996 a 2014



Fonte: ABIHPEC (2015)

1.1 Descrição do estágio e objetivos do trabalho

O estágio contempla a realização de processos de concorrência e projetos da área de compras de indiretos, categoria de FMRO (*Facilities, Maintenance, Repair and Operation*) na Cosmet.

As principais atividades operacionais consistem em conduzir processos de concorrência para obras de adequação na planta principal da empresa ou nos centros de distribuição, além da realização de projetos envolvendo a contratação de serviços.

No entanto, devido à crescente concorrência do mercado, a empresa atualmente motiva a condução de projetos para otimização de seus processos internos, motivando melhoria operacional e gerando, consequentemente, menor custo de operação e maior lucratividade. Essas ações de melhoria são baseadas na metodologia Seis Sigma, que será utilizada como ferramenta de análise de processo.

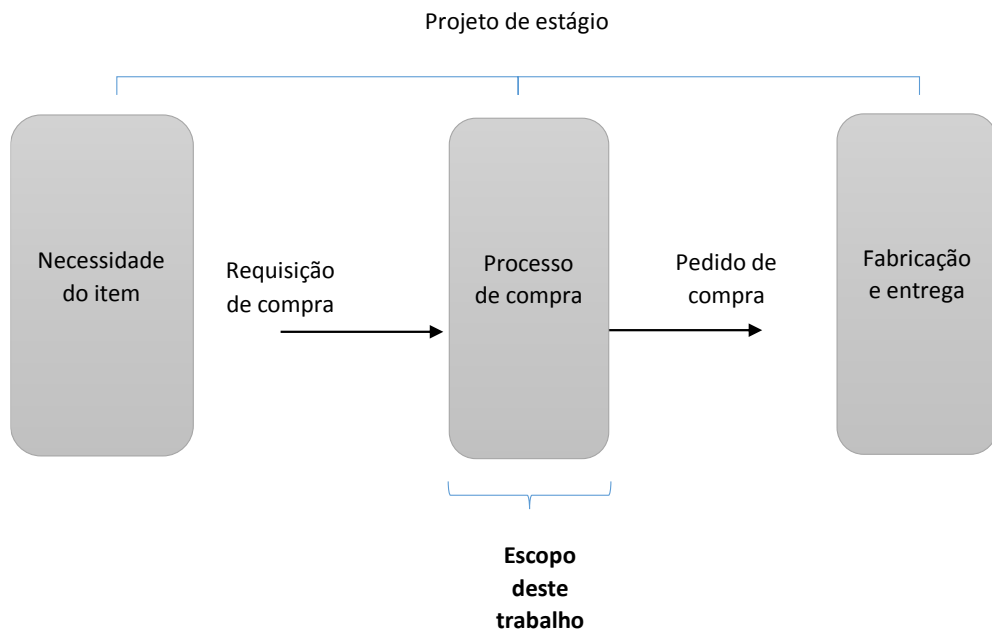
Esse trabalho foi, portanto, realizado com base em um projeto para melhoria do processo de compras de itens MRO (*Maintenance, Repair and Operation*) do almoxarifado, fundamentado na metodologia Seis Sigma. Seu objetivo é viabilizar uma estratégia de compras para esses itens através de um processo mais enxuto e menos dispendioso, reduzindo o tempo médio de tratamento de uma requisição de compras em 10% sem implicar em aumento de custo de compra ou de nível de estoque nem em redução da qualidade dos produtos adquiridos. O processo de compras deve ser concluído em até 10 dias, mas atualmente retrabalhos e

ineficiências de processo geram atrasos nas atividades da área cliente em questão e nos outros processos de concorrência em compras, uma vez que o acúmulo compromete o tratamento de novas requisições de compra.

Ao longo desse estudo, detalhes serão omitidos ou alterados de forma a proteger informações confidenciais da empresa. No estágio, além da métrica de eficiência de tempo de emissão, também foram consideradas métricas financeiras, que não poderão ser detalhadas nesse trabalho.

O projeto realizado durante o estágio consiste na análise do processo empresarial como um todo, desde a geração da necessidade dos itens até a entrega do pedido pelo fornecedor. Devido a questões autorais, o escopo desse trabalho considera apenas o processo de compras e sua análise de eficiência, que permaneceu sob a responsabilidade da autora. O processo de compras corresponde ao tratamento de uma requisição para geração de um pedido, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Diferença entre escopo do trabalho e o projeto de estágio



Fonte: elaboração própria

1.2 Estrutura do trabalho

O trabalho é estruturado em 6 partes, apresentadas a seguir, conforme exige as diretrizes para dissertações e teses (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2013):

Introdução: apresentação da empresa e das atividades do estágio, relacionando-as com o objetivo do trabalho e delimitando o seu escopo.

Revisão da literatura: análise de publicações relevantes sobre os temas abordados, referente ao ambiente de execução (processo de compras), ferramentas de análise (Seis Sigma) e possibilidade de melhorias (leilão combinatório).

Materiais e métodos: especifica os procedimentos utilizados para a execução do trabalho, bem como as fontes e o tratamento de dados, além de descrever a estrutura de análise e da proposta de melhoria.

Resultados: apresenta a análise de processo, utilizando-se de ferramentas gráficas e análises estatísticas, com base nas fontes de dados e apresenta um plano de melhoria de processo. Os resultados serão apresentados conforme a da Metodologia Seis Sigma.

Discussão: análise do impacto do plano de melhoria no processo atual, monitoramento do novo processo e apresentação dos próximos passos de melhoria.

Conclusões: finalização e lições aprendidas, bem como sugestão de continuidade para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão de literatura a seguir contempla os três principais temas de base deste trabalho: processo de compras, leilões reversos e metodologia Seis Sigma. A literatura consultada sobre processos de compras engloba uma análise do histórico e da importância do setor de compras no ambiente organizacional baseada em Bowersox; Closs e Cooper (2007), contemplada com diversos artigos exemplificando as teorias apresentadas, sobretudo para as compras de itens MRO, foco do trabalho. Os leilões reversos são definidos e avaliados com base nos trabalhos de Giacon (2012), Talluri e Ragatz (2004) e Jap (2002); enquanto os trabalhos publicados em Cramton; Shoham e Steinberg (2006) foram as principais referências para os leilões reversos combinatórios. A literatura da metodologia Seis Sigma, baseada principalmente em Harry e Schroeder (2000) e Werkema (2004), apresenta o histórico, os fatores principais para a implementação da metodologia e é complementada com diversos estudos para avaliação do seu impacto de adoção em empresas.

2.1 Processo de compras

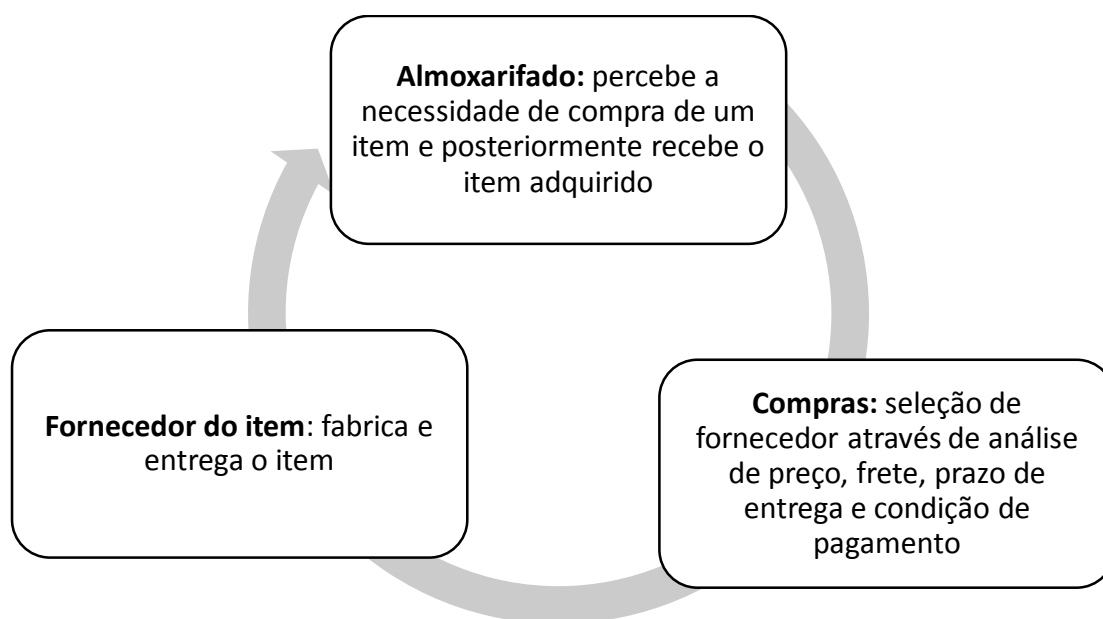
Processos compreendem quase a totalidade de atividades realizadas em uma indústria, desde as atividades de manufatura até os procedimentos administrativos, e podem ser definidos como uma atividade ou grupo de atividades que agrega valor a um determinado atributo de entrada, transformando-o num produto ou serviço (saída) que deve ser entregue a um cliente interno ou externo (HARRY; SCHROEDER, 2000).

O processo de compras consiste basicamente em avaliar a proposta de fornecimento mais adequada para o objeto de compra em questão, mas constitui uma etapa estratégica para a cadeia de suprimentos de uma empresa. O seu funcionamento impacta diretamente os processos industriais de manufatura, por constituir o canal de entrada de todos os itens utilizados na produção, sejam eles ligados diretamente a serviço (alimentação, segurança, marketing, TI ou consultoria), itens utilizados em produtos manufaturados (matérias-primas para os produtos e embalagens) ou indiretos (itens de almoxarifado e ativos físicos).

Considerando a definição de Harry e Schroeder (2000), o processo de compras a ser analisado nesse trabalho tem como entrada uma requisição de compra (ver 1.1), que sinaliza a necessidade de um determinado item e; como saída, o pedido de compras, em que são definidos: fornecedor, preço, condições de pagamento e entrega. Todas essas considerações devem ser

avaliadas pelo comprador. Nesse caso, o fornecedor do processo (quem entrega a requisição de compras) é o almoxarifado e o cliente é o fornecedor ganhador do processo de concorrência, pois é a ele que se destina o pedido de compras; mesmo que, como mostrado na Figura 3, o cliente final do ciclo como um todo seja o almoxarifado, a área cliente a qual o item se destina.

Figura 3 - Esquema de funcionamento do processo de compras para o almoxarifado na Cosmet



Fonte: elaboração própria

2.1.1 Evolução do processo de compras

Bowersox; Closs e Cooper (2007) destacam o crescimento da visibilidade do setor de compras no cenário organizacional e os motivos para essa evolução. Historicamente, compras era um setor administrativo que tinha como função processar pedidos feitos por outros setores da empresa, obtendo de um fornecedor o recurso desejado pelo menor preço possível. Atualmente, o papel do setor de compras foi elevado a uma categoria mais estratégica, concentrando-se não só nos gastos gerais, mas também no desenvolvimento da relação com fornecedores. Um pré-requisito básico para o estreitamento de relações com fornecedores é a diminuição da base ou da quantidade de fornecedores (SARKAR; MOHAPATRA, 2006)

Essa evolução do setor de compras pode ser atribuída ao gasto substancial que esse setor representa para a companhia, e a consequente economia monetária viabilizada pela adoção de uma estratégia de compras adequada (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2007). Os autores

também destacam que o aumento significativo na parcela de gastos em compras nas empresas deve-se à tendência de terceirização do fornecimento de componentes de alto valor agregado, objetivando concentrar os recursos internos nas competências essenciais da organização. Dessa forma, o setor de compras, antes responsável apenas pela compra dos insumos básicos de produção, passou a negociar itens mais complexos e estratégicos para a empresa. Essa nova tendência de *outsourcing*, segundo Ellram e Billington (2001), pode gerar desconforto em algumas empresas devido à consequente perda de rastreamento do custo das matérias-primas e processos produtivos utilizados na fabricação desses produtos, mas os autores relatam que é necessário ponderar entre a importância desse conhecimento para os custos da empresa e a facilidade administrativa adquirida com o *outsourcing*, e, assim como Sarkar e Mohapatra (2006), ressaltam que a principal fonte de sucesso do empreendimento é pautada pela qualidade do relacionamento entre fornecedor e cliente.

2.1.2 Mudança de perspectiva e estratégias de compras

Segundo Bowersox; Closs e Cooper (2007), toda essa evolução de foco em compras permitiu uma mudança de perspectiva. A ênfase passou da negociação adversária na forma de transação pura para a garantia de que a empresa possa implementar suas estratégias com apoio dos seus fornecedores.

Os principais aspectos dessa mudança destacados pelos autores são: o fornecimento contínuo de materiais, a redução de estoques, a melhoria de qualidade dos itens, o desenvolvimento de fornecedores parceiros e a minimização do *Total Cost of Ownership* (TCO) ou Custo Total de Propriedade. O fornecimento contínuo de materiais evita que a falta de componentes resulte em paradas e reprogramação de produção.

A redução de estoque é uma garantia de fornecimento contínuo a menor custo e reflete a tendência *Just-in-Time* (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2007). Uma compra JIT significa comprar os materiais somente quando são requeridos, o que pode ser de difícil implementação considerando a necessidade de parceria e alinhamento com o fornecedor, redução da base de fornecimento e contratos de longa duração (GIUNIPERO; O'NEAL, 1988). No entanto, Giunipero e O'Neal (1988) derrubam as supostas barreiras para a implementação de compras JIT e citam casos de sucesso na implementação de compras JIT de MRO nos anos 80, como a Packard Electric, que reduziu o estoque em cerca de 40% e o *lead time* de compras e entrega de 27 para 1 dia.

A qualidade do produto final reflete significativamente a qualidade dos insumos usados, portanto é necessário garantir que a empresa e os fornecedores se comprometam a atingir o padrão exigido pelos seus clientes (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2007; DAHEL, 2003). Uhlmann; Bilz e Baumgarten (2013) ressaltam que, de acordo com uma pesquisa realizada com fornecedores alemães de MRO em 2011, cerca de 62% da medida de performance se referiam à confiabilidade dos itens, pois a crescente complexidade dos processos e equipamentos exigem materiais mais resistentes ao uso e com maior ciclo de vida, o que implica em uma maior demanda de serviços no campo de manutenção e aumento da importância do pós-venda. O estudo de Krieger e Meredith (1985) mostra que a qualidade dos produtos é o critério de compra mais importante para itens de MRO como peças de reposição de equipamentos, perdendo para a rapidez de entrega em situações emergenciais em que a ociosidade da máquina devido à quebra traz grande prejuízo à empresa.

O desenvolvimento de fornecedores, por sua vez, permite o compartilhamento de informações e recursos entre a empresa e os fornecedores visando obtenção de melhores resultados (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2007). Sarkar e Mohapatra (2006) adotam um modelo para seleção de fornecedores baseados em fatores de performance (preço, qualidade e *lead time*) e fatores de capacidade (reputação, gestão, proximidade, capacidade) pois segundo os autores o estreitamento de relações e o desenvolvimento dos fornecedores só ocorre com uma base reduzida de fornecimento.

O último atributo citado por Bowersox; Closs e Cooper (2007) é o TCO mínimo, que considera além do preço do item na ocasião da compra, a avaliação do custo dos serviços. O custo de serviços associados ao material adquirido pode ser desvinculado do seu valor de compra de forma a avaliar o valor agregado efetivo dos serviços oferecidos a qualquer momento da vida útil do produto, como as manutenções, além dos custos de transporte e especificação (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2007; METTY et al., 2005).

A análise do TCO de um produto permite a identificação de oportunidades de ganho de processo tanto para o comprador quanto para o fornecedor, aumentando a eficiência da cadeia de suprimentos. Essas oportunidades de melhorias, para serem efetivas, exigem a adoção de estratégias de compras que envolvem diferentes graus de relacionamento com os fornecedores. Bowersox; Closs e Cooper (2007) especificam três estratégias principais que surgiram desse desenvolvimento de relações:

Consolidação de volume: até os anos 80, segundo os autores, a prática de mercado recomendava ter fontes de suprimento diversificadas, para proteger a empresa cliente caso

alguma dessas fontes enfrentasse alguma interrupção de suprimento, e por isso as empresas tinham muitos fornecedores por material. No entanto, a consolidação de volume com uma quantidade limitada de fornecedores permite que a empresa ganhe maior participação no portfólio de clientes do fornecedor, aumentando o poder de negociação de compras. Do ponto de vista dos fornecedores, essa estratégia permite maiores ganhos de escala dissolvendo os custos fixos em um maior volume de produtos, além da garantia de volume de compras dar maior possibilidade de investimento para melhorar a qualidade do produto fornecido. A minimização dos riscos da redução das fontes de suprimentos envolve mecanismos rigorosos de busca, seleção e certificação de fornecedores.

Integração operacional dos fornecedores: essa estratégia tem como base o compartilhamento de informações de pedidos e vendas entre compradores e vendedores, de forma a permitir melhor atendimento por eliminar custos relacionados a incertezas. Uma integração operacional efetiva consiste em integrar processos de produção, e pode trazer ganhos mútuos eliminando desperdícios de processo no fornecedor e no cliente.

Gestão de valor: segundo os autores, esse é o maior grau de proximidade alcançado entre fornecedor e cliente, uma vez que consiste não só em compartilhamento de informações ou melhorias operacionais, mas no envolvimento do fornecedor no início do projeto de desenvolvimento de novos produtos, reduzindo custos e complexidade, pois o conhecimento das propriedades dos materiais a serem fornecidos evitam custos e retrabalhos futuros na engenharia do produto.

Outros autores especificam as mesmas tendências estratégicas. Dahel (2003) credita o crescimento da importância do problema de seleção de fornecedores à crescente competitividade do mercado, em que a seleção adequada de fornecedores se torna crucial para o atendimento às necessidades dos clientes de forma mais rápida e barata que os concorrentes. Metty et al. (2005) analisa o caso da Motorola, em que o TCO é calculado por um modelo em uma ferramenta de negociação *online* e utilizado para definir as estratégias de negociação com os fornecedores, permitindo definir também estratégias de compras (leilões ou processos de concorrências) para diferentes tipos de produtos. No entanto, é preciso considerar também a importância relativa entre os próprios itens para definir a estratégia mais adequada para cada situação.

Essa importância relativa pode ser considerada um efeito de Pareto em compras, em que alguns itens podem constituir o maior percentual de gastos. Entretanto, além do gasto, é preciso considerar outras variáveis para definir estratégias de compras, como o impacto do item

adquirido na estratégia da empresa e no atendimento ao cliente. Esses fatores interferem consideravelmente quando as empresas decidem canalizar recursos conforme suas necessidades e alterar os fluxos de compras padronizados (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2007; METTY et al., 2005).

2.1.3 Futuras perspectivas e comércio eletrônico em compras

Bowersox; Closs e Cooper (2007) ressaltam que a tecnologia de informação é uma importante ferramenta capaz de agilizar e minimizar a burocracia do processo de compras. O uso de ferramentas eletrônicas reduz o ciclo de atividades dos processos de compra, o que permite a redução de estoque e da complexidade o processo.

Uma outra estratégia que pode ser desenvolvida a partir das ferramentas eletrônicas é o intercâmbio de compras, que consiste em empresas que utilizam os mesmos tipos de materiais e insumos (muitas vezes concorrentes), realizarem esforços cooperativos para ter uma base de fornecedores em comum, que por sua vez podem ter informações de todos os clientes de um mesmo local, permitindo assim expressivos ganhos de escala (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2007). Segundo os autores, o intercâmbio de compras foi desenvolvido em indústrias de varejo, distribuição de alimentos, peças de aeronaves, produtos químicos e de construção. Alguns fornecedores, por sua vez, temem que o comércio eletrônico reforce a antiga prática transacional de concentração no preço, acirrando a competitividade e influenciando negativamente na gestão de valor e as vantagens da integração.

Zheng et al. (2007) avaliam as futuras perspectivas do setor de compras através da ótica das rápidas mudanças organizacionais e de mercado ocasionadas sobretudo pela globalização, pelo uso de ferramentas eletrônicas e pelo *outsourcing*. Os autores concluem que há uma redução de profissionais puramente operacionais, pois as compras menos estratégicas se tornam cada vez mais automatizadas pela ampla adoção das ferramentas eletrônicas, enquanto profissionais cada vez mais capacitados se ocupam de processos mais estratégicos. Dessa forma, os autores combatem um aparente conflito entre as ferramentas eletrônicas e a tendência de maior parceria entre compradores e fornecedores tão necessários ao sucesso do *outsourcing* (ELLRAM; BILLINGTON, 2001), pois alguns mercados são geridos puramente por valores transacionais, enquanto em algumas situações os valores ambientais e éticos são mais importantes.

2.2 Leilões

De acordo com Jap (2002), os leilões podem ser definidos como uma ferramenta de mercado com regras de realização específicas para alocação de recursos e tomada de preços, que tem sido bastante usada por ser uma forma simples de precificação. Os leilões tornam os processos de compras eficientes e estimulam a competitividade no mercado (HOHNER et al., 2003). Vários autores apontam ganho de tempo e eficiência para a empresa compradora com o uso de leilões reversos e apontam as novas tendências de uso do leilão como estratégia de compras nas indústrias, mas ressaltam limitações de uso e melhores cenários para aplicação (JAP, 2002; HOHNER et al., 2003; METTY et al., 2005; AMELINCKX; MUYLLE; LIEVENS, 2007; KROS; NADLER; CHEN, 2011). As vantagens e desvantagens do uso de leilões devem ser analisadas segundo o modelo de leilão utilizado e os tipos de itens negociados.

2.2.1 Modelos de leilão

Os leilões podem ser classificados quanto à forma, ou seja, se tem objetivo de vender um produto ou escolher um fornecedor para ele; quanto à transmissão de informação; e quanto ao formato, que se refere à dinâmica de condução do processo (GIACON, 2012; CASTRO, 2006):

Classificação quanto à forma: os leilões tradicionais tem objetivo de venda, onde um produto é oferecido e os compradores apresentam seus lances para compra. O leilão de compras é chamado reverso, cujo nome se deve ao objetivo de compra pelo menor preço, que representa uma inversão em relação à dinâmica do leilão tradicional (JAP, 2002). O vencedor do leilão é o que oferece o maior lance pelo produto vendido ou, no caso do leilão reverso, o menor preço de fornecimento.

Classificação quanto à transmissão de informações (valor): o conhecimento do valor do item pode ser transmitido de diversas formas aos participantes. No leilão de valor privado, cada participante conhece o valor do item por si, sem influência da perspectiva dos demais. No leilão de valor interdependente, por sua vez, os participantes possuem apenas uma estimativa própria do valor do item. Por fim, há o leilão de valor comum, em que o valor do item é igualmente conhecido por todos os participantes.

Classificação quanto ao formato: o objetivo de compra ou venda pode ser atingido de diversas maneiras, classificando assim o leilão segundo o seu formato em: aberto, quando os concorrentes tem acesso às ofertas de todos os demais participantes; ou fechado, em que os ofertantes não tomam conhecimento das demais propostas.

Os leilões abertos podem ocorrer de forma ascendente (leilão inglês) ou descendente (leilão holandês). O modelo mais conhecido é o leilão aberto inglês, em que os ofertantes cobrem as propostas dos demais até atingir um determinado preço em que nenhum dos demais participantes deseje continuar a ofertar. O leilão holandês, assim chamado devido ao seu uso tradicional para venda de flores na Holanda, é mais vantajoso para venda de itens perecíveis (GIACON, 2012). Sua dinâmica é inversa ao modelo inglês, ou seja, o preço inicial é o mais alto possível, descendo gradativamente até chegar a um valor em que um dos participantes deseje efetuar a compra.

Embora os nomes ascendente e descendente sejam dados aos leilões aplicando-os da forma tradicional para venda, as mesmas dinâmicas podem ser aplicadas ao leilão reverso. Nesse caso, para o leilão inglês, as ofertas de fornecimento teriam preços cada vez menores e dessa forma o item seria adquirido pelo menor preço possível (ao invés de ser vendido pelo maior preço). No caso do leilão holandês, o preço inicial seria baixo e subiria até atingir um valor pelo qual um dos fornecedores aceitasse ofertar o produto.

Os leilões fechados também podem ser divididos em dois formatos distintos: leilão fechado de primeiro preço e leilão fechado de segundo preço (leilão de Vickrey). No caso dos leilões fechados, os participantes oferecem suas propostas de forma independente, sem conhecer as demais ofertas. No leilão de primeiro preço, o vencedor é aquele que oferecer maior preço para compra (ou menor preço para venda, no caso dos leilões reversos). Já no modelo de Vickrey (modelo sugerido por William Vickrey, em 1961), o item será vendido (ou comprado) pelo valor do segundo melhor preço. O objetivo dessa prática, principalmente no caso do leilão reverso, é evitar que o ofertante do primeiro preço não consiga honrá-lo por ter se sentido pressionado pela competição a oferecer um valor insuficiente para cobrir seus custos. Talluri e Ragatz (2004) ressaltam a importância que o leilão de Vickrey seja fechado, pois ao contrário os participantes poderiam facilmente manipular os resultados.

A Tabela 1 resume as diferentes classificações de leilão:

Tabela 1 - Classificação dos modelos de leilão

Forma				
Modelo	Venda		Compra ou reverso	
Objetivo	Vender o item pelo maior preço possível		Comprar o item pelo menor preço possível	
Valor				
Modelo	Privado	Interdependente		Comum
Informação	Participante só conhece o valor do item para ele mesmo	Participantes só tem estimativa do valor do item		Valor comum para todos os participantes
Formato				
Modelo	Aberto		Fechado	
Objetivo	Ofertas conhecidas por todos os participantes		Ofertas independentes, desconhecidas pelos demais participantes	
Formatos	Modelo inglês (Ascendente)	Modelo holandês (Descendente)	Primero preço	Segundo preço (Leilão de Vickrey)
Dinâmica (leilão de venda)	Preço aumenta até valor oferecido pelo último comprador	Preço diminui até ser aceito por um comprador	Ganha quem oferecer maior preço	Ganhador oferece maior preço, mas compra pelo segundo maior
Dinâmica (leilão reverso)	Preço diminui até valor oferecido pelo último fornecedor	Preço aumenta até ser aceito por um fornecedor	Ganha quem oferecer menor preço	Ganhador oferece menor preço, mas fornece pelo segundo menor

Fonte: elaboração própria, baseado em Giacon (2012)

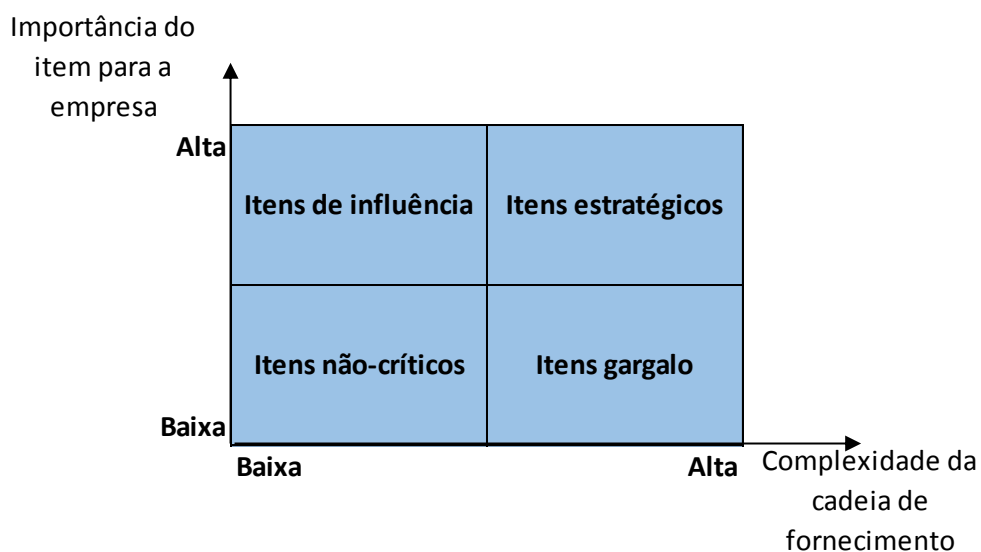
No escopo deste estudo, cujo objetivo é analisar e aprimorar o processo de compras de uma empresa de cosméticos, o tipo de leilão a ser discutido é o reverso. Talluri e Ragatz (2004),

apresentam uma metodologia para realização de leilões reversos baseados no preço, na qualidade do produto e da entrega dos fornecedores.

No entanto, os autores ressaltam que a aplicação do leilão reverso como ferramenta de compras é mais efetiva para produtos com pouca importância estratégica para a empresa e com mercado de fornecimento pouco estabelecido, que além dessas apresentam determinadas características: especificações técnicas precisas e claras, preço como maior direcionador de custo (não necessariamente o único) e custo de transporte relativamente baixo.

Talluri e Ragatz (2004) também apresentam a matriz de Kraljic (1983), que classifica os itens necessários a uma indústria de acordo com sua importância para a empresa e com sua cadeia de suprimento, como mostrado na Figura 4. Kraljic (1983) analisa a importância do item através do custo, do seu impacto na qualidade do produto final e na competitividade da empresa no mercado. A complexidade do mercado de fornecimento é avaliada segundo a quantidade de fornecedores disponíveis, a complexidade e a taxa de mudanças tecnológicas do item.

Figura 4 -Matriz de Kraljic



Fonte: Talluri e Ragatz (2004), Kraljic (1983)

De acordo com essa classificação, os itens cuja aplicação de leilão é mais recomendada são os de baixa complexidade do mercado (não-críticos ou de influência), pois o processo exige presença de muitos fornecedores, pouca variação de propostas e baixo custo de transporte, inviabilizando a aplicação do processo para itens de alta complexidade e cuja tecnologia de fabricação seja constantemente renovada (TALLURI; RAGATZ, 2004; KROS; NADLER; CHEN, 2011). As demais especificidades do leilão podem ser definidas de acordo com as

circunstâncias, mas os itens *commodities* normalmente tem o preço como único direcionador, enquanto itens de maior importância costumam depender de mais atributos, sobretudo a qualidade (TALLURI; RAGATZ, 2004).

2.2.2 Leilão combinatório

Os leilões reversos podem parecer simples e lógicos quando aplicados a um produto único ou uma quantidade pequena de itens. No entanto, os processos de compras em indústria normalmente obrigam a negociação de uma grande quantidade de itens por comprador, o que dificulta a realização desse processo, mesmo com o ganho de eficiência devido ao processo de leilão. Além disso, os itens que apresentam similaridades são negociados de forma simultânea e com os mesmos fornecedores, gerando uma condição propícia para ganho de escala e de escopo se o leilão for realizado com formação de lotes de itens similares (CAPLICE; SHEFFI, 2003).

Cramton; Shoham e Steinberg (2006) definem leilões combinatórios como leilões em que é possível fazer combinações de itens, chamadas “pacotes”, ao invés de comercializar apenas itens isolados. A combinação permite o uso de pesquisa operacional, técnicas de otimização combinatória e programação matemática. Inicialmente, os itens eram leiloados individualmente e, ao final, um pacote de itens se mostrava mais vantajoso.

Os autores também ressaltam que o campo de aplicação dos leilões combinatórios cresceu muito a partir da década de 90. Atualmente, são muito utilizados na indústria, por exemplo no transporte rodoviário, na roteirização de ônibus e na alocação de ondas de rádio para comunicação sem fio. Em todos os casos, observa-se ganhos não somente pelo ganho de escala com volume, mas devido a certa complementaridade dos itens que torna o pacote mais vantajoso (CAPLICE; SHEFFI, 2003). Por exemplo, o custo de um caminhão ao transportar uma carga em determinada rota depende do seu custo de transporte em outras rotas, assim como um operador telefônico prefere ter licença de operação em cidades vizinhas ao invés de operar de forma esparsa entre cidades distantes, pois os seus usuários normalmente tem uma rede de contato maior nas proximidades (CRAMTON; SHOHAM; STEINBERG, 2006).

Os autores sinalizam a importância de estudar o “ambiente do leilão”, definido através da quantidade de compradores e vendedores, a quantidade de itens a serem comercializados, as preferências das partes e da forma de transmitir informações entre elas.

2.2.3 Implementação

Parkes (2006) aponta como principais dificuldades para realização de leilões combinatórios a definição de um formato compatível com as necessidades do processo e de uma forma específica de avaliação dos pacotes a serem oferecidos. Isso ocorre porque o leilão combinatório exige conhecimento prévio da faixa de valor dos produtos e das suas particularidades de fornecimento, posto que mesmo a avaliação de um único pacote de itens pode ser bastante complexa.

Jap (2002) aponta o aumento da disponibilidade de ferramentas computacionais para realização do processo de leilão como um dos principais motivos para o aumento da realização de leilões reversos nas indústrias. O autor considera ainda como razões principais para esse crescimento o rápido ganho financeiro e o aumento significativo de eficiência do processo de compras, pois um processo de concorrência tradicional com duração de até 6 semanas pode ser finalizado em questão de horas através do leilão, graças ao uso de ferramentas computacionais que agilizam o contato com os fornecedores e facilitam a negociação, evitando todo um processo de preparação envolvendo trocas de e-mail, reuniões e conversas telefônicas. O ganho financeiro está entre 5 e 40% (TULLY, 2000 apud JAP, 2002), sendo a média em torno de 15% (COHN, 2000 apud JAP, 2002).

A compra industrial de materiais indiretos, sobretudo de MRO, é uma das aplicações do processo que mais se assemelham aos modelos teóricos da literatura, exigindo poucas adaptações no formato de aplicação (JAP, 2002; KROS; NADLER; CHEN, 2011).

2.2.4 Estudos de caso

Hohner et al. (2003) descrevem a aplicação de leilões combinatórios em compras estratégicas na *Mars*, uma grande indústria alimentícia. Os autores afirmam que os leilões combinatórios são ideais quando a empresa deve comprar pequenos volumes de itens similares, de forma que o agrupamento gere uma economia de escala que interesse aos fornecedores. Dahel (2003) credita essa tendência ao advento do JIT (*Just In Time*), que tornou mais interessante para os compradores a aquisição de pequenas quantidades de itens variados, ao invés de grandes lotes de um único item.

No caso da *Mars*, os itens foram agrupados segundo a capacidade de fornecimento de cada fornecedor participante, que poderia fornecer proposta para um ou diversos itens, segundo

sua escolha, e tendo como restrição as determinadas condições da política da empresa. O resultado aponta como ganhos de implantação de leilões a maior velocidade adquirida no processo de compras e ganhos financeiros consistentes de curto prazo, resultados do aumento das margens dos fornecedores. No entanto, Hohner et al. (2003) alertam para duas desvantagens do uso de leilão como ferramenta de compra: primeiro, o preço é o principal elemento direcionador, o que pode prejudicar o relacionamento entre compradores e fornecedores; segundo, os leilões exigem muitos fornecedores, o que os torna inapropriados caso a empresa adote como estratégia a diminuição da base de fornecedores. No leilão aplicado para a *Mars*, os autores adotaram formatos iterativos de forma que os fornecedores poderiam adequar suas propostas ao longo do processo, evitando excessiva pressão por diminuição de preço, o que comprometeria a manutenção do relacionamento de longo prazo com os fornecedores.

Metty et al. (2005) relata a experiência da Motorola, quando a empresa precisou adotar medidas agressivas para cortar gastos em compras, que representavam cerca de metade de todos os seus custos. A solução adotada foi uma mudança radical na negociação com os fornecedores. Essa mudança ocorreu a partir da implementação de uma plataforma de compras para realizações de processos de concorrência e leilões reversos, que gerou uma economia de 600 milhões de dólares em 16 bilhões de compras realizadas por dois anos. Os autores creditam o sucesso à capacidade da ferramenta de atrair mais fornecedores para maior número de negociações, fazendo com que todos participem de forma efetiva; ao fato da ferramenta permitir aos fornecedores agregar mais valor às suas propostas e ao fato da negociação *online* ser um importante redutor de tempo para os compradores. Essas razões são responsáveis por 60, 30 e 10% da redução de custos, respectivamente. A implementação do novo modelo de compras foi realizada aos poucos, incluindo inicialmente *commodities* de materiais diretos e indiretos, até serviços de publicidade e transporte. Os leilões *online* permitem melhor conhecimento do custo de cada parte dos itens negociados e a competitividade dos leilões em geral reduz até 7 % dos custos, sendo que com a ferramenta é possível realizar comprar de *commodities* gerais para toda a empresa (METTY et al., 2005).

2.2.5 Modelos matemáticos para determinação do vencedor

Sandholm (2006) discute algoritmos para determinação do vencedor nos leilões combinatórios, cujo objetivo principal o problema é garantir que todos os itens considerados sejam fornecidos minimizando o valor total pago. Esse problema é chamado NP-completo ou

winner determination problem, em que a possibilidade de alocações cresce rapidamente em função da quantidade de itens.

Segue a modelagem matemática para o problema NP-Completo (SANDHOLM, 2006; HOHNER et al., 2003):

Função objetivo:

$$\text{Min } \sum_{i \in N} \sum_{j \in M} p_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in M} a_{ij}^k x_{ij} \geq 1 \quad \forall k \in K, \quad (2)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in M \quad (3)$$

Sendo

i: índice de fornecedores

j: índice de lotes ou pacotes de itens

k: índice de itens

p_{ij} : preço do fornecedor i pra o pacote j

$$x_{ij}: \begin{cases} 1, & \text{caso o pacote j do fornecedor i seja vencedor} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$a_{ij}^k: \begin{cases} 1, & \text{caso o fornecedor i seja o vencedor do lote j para o item k} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A função objetivo da formulação, eq. (1), deve minimizar o custo de compra de todos os itens. A eq. (2) garante que todos os itens do leilão serão fornecidos. A eq. (3) garante que a variável x_{ij} seja binária.

No entanto, existem restrições adicionais que podem ser usadas na solução do problema (HOHNER et al., 2003; METTY et al., 2005):

$$W_{i,min} y_i \leq \sum_{j \in M} \sum_{k \in K} a_{ij}^k Q_{ij}^k x_{ij} \leq W_{i,max} y_i \quad \forall i \in N, \quad (4)$$

$$\sum_{j \in M} x_{ij} \geq y_i \quad \forall i \in N, \quad (5)$$

$$\sum_{j \in M} x_{ij} \leq M y_i \quad \forall i \in N, \quad (5')$$

$$S_{min} \leq \sum_{i \in N} y_i \leq S_{max}, \quad (6)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N. \quad (7)$$

Sendo:

Q^k : quantidade demandada do item k

$W_{i,min}$: quantidade mínima a ser fornecida pelo fornecedor i

$W_{i,max}$: quantidade máxima a ser fornecida pelo fornecedor i

S_{min} : quantidade mínima de fornecedores

S_{max} : quantidade máxima de fornecedores

$$y_i: \begin{cases} 1, & \text{caso o fornecedor i seja vencedor de algum lote} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A eq. (4) é uma restrição que define as quantidades máximas e mínimas que podem ser oferecidas por cada fornecedor. A eq. (5) e a eq. (5') garantem que y_i seja 0, caso $W_{i,min}$ seja nulo, impedindo que a variável y_i fique livre. A eq. (6) limita a quantidade máxima e mínima de ganhadores. A eq. (7), assim como a eq. (3), garante que a variável y_i seja binária.

2.3 Seis Sigma: metodologia de análise de processo

Segundo Harry e Schroeder (2000), Seis Sigma é uma filosofia e estratégia de negócios que consiste em realizar análises estatísticas com dados rigorosamente coletados para definir e eliminar fontes de erros (com o objetivo de obter até 3,4 erros por milhão de oportunidades), minimizando desperdícios e aumentando a satisfação do cliente, e dessa forma permitindo significativos ganhos financeiros por parte das empresas.

Werkema (2004) define o Seis Sigma como uma estratégia gerencial altamente disciplinada e quantitativa, que tem como objetivo um aumento significativo na lucratividade das empresas através da melhoria de processos e produtos, permitindo maior satisfação dos clientes.

Harry e Schroeder (2000) afirmam que as empresas devem se preocupar primeiramente com seus processos ao invés do seu resultado, pois estes últimos são consequências do processo, e, portanto, quanto mais eficiente for o processo, maior a chance de ter melhores resultados. Segundo os autores, todas as empresas podem atingir o padrão Seis Sigma se reduzirem a variação dos seus produtos e serviços.

A tradução do padrão Seis Sigma em benefícios financeiros é mostrada na Tabela 2:

Tabela 2 - Tradução do nível da qualidade em linguagem financeira

Nível de qualidade	Defeitos por milhão (ppm)	Custo da qualidade
Dois Sigma	308.537 (empresas não competitivas)	Não se aplica
Três Sigma	66.807	25 a 40% das vendas
Quatro Sigma	6.210 (média da indústria)	15 a 20% das vendas
Cinco Sigma	233	5 a 15% das vendas
Seis Sigma	3,4 (classe mundial)	Menos de 1% das vendas

Fonte: Werkema (2004), Harry e Schroeder (2000)

2.3.1 História

A Metodologia Seis Sigma teve sua origem em 1979, quando a Motorola começou a estudar a correlação entre melhoria da qualidade e diminuição de custos de manufatura. Essa hipótese foi confirmada em 1985, quando Bill Smith, um engenheiro do Setor de Comunicação da Motorola, concluiu que os produtos que apresentavam defeitos durante o processo de manufatura tinham maior probabilidade de apresentar falhas durante a sua vida útil. Esse pensamento de evitar a ocorrência da falha e não apenas reagir às suas consequências está na base do desenvolvimento do Seis Sigma. Em 1993, a Motorola já operava com o Seis Sigma em vários dos seus setores de manufatura e outras indústrias passaram a se interessar pela metodologia (HARRY; SCHROEDER, 2004).

Os ganhos financeiros obtidos pela Motorola e pelas outras empresas que implantaram a metodologia, como AlliedSignal, ABB e General Electric, colocaram o Seis Sigma em evidência (WERKEMA, 2004).

2.3.2 Fatores críticos de sucesso

Werkema (2004) alerta para a necessidade de alguns fatores para que os projetos Seis Sigma sejam bem-sucedidos em uma organização:

Patrocínio da Alta administração: a metodologia deve estar ligada à estratégia da organização, que deve garantir os recursos financeiros e as competências necessárias para a consolidação do programa. A liderança é também responsável por estabelecer os sistemas de recompensa e de medição de desempenho a serem usados, destacar o histórico de resultados obtidos e expandir o programa para todas as áreas da empresa.

Gerenciamento estratégico do processo de mudança associado ao Seis Sigma: a necessidade da mudança deve ser de entendimento geral da organização e as possíveis resistências ao processo devem ser avaliadas para adoção de estratégias de combate. Os processos de contratação e treinamento devem ser atrelados à cultura, assim como os sistemas de recompensa para os participantes dos projetos.

Tradução dos resultados em finanças: fator responsável pelo sucesso da metodologia. A mensuração dos benefícios na lucratividade da empresa deve considerar os custos da não-qualidade e de oportunidade, além de adotar padrões de quantificação para cada um desses cálculos.

Uso de ferramenta de análise apropriada: as conclusões e métricas devem ser obtidas a partir de dados e através de uma metodologia estruturada, com uso de ferramentas estatísticas.

Além desses fatores, a autora também menciona a necessidade de integração entre o Seis Sigma e os programas de qualidade existentes, a necessidade de sucessos dos primeiros resultados de curto prazo e a contratação e treinamento de especialistas com perfil adequado e com elevado nível de dedicação aos projetos.

No entanto, o sucesso de implementação do Seis Sigma por vezes depende da aplicação de outras metodologias complementares, tornando-a mais efetiva, como o *Lean* Seis Sigma (GEORGE, 2004).

O conceito de *Lean* (Enxuto), refere-se a um melhor alinhamento das sequências de ações que geram valor, eliminando as interrupções, ou seja, atividades que não agregam valor, reduzindo os desperdícios de forma a produzir com maior eficiência e utilizando menos recursos (WOMACK; JONES, 1998).

A complementaridade entre a o pensamento *Lean* e a metodologia Seis Sigma é discutida por George (2004): Seis Sigma foca na qualidade do processo realizado buscando diminuir suas variações, enquanto o a ferramenta *Lean* busca aumentar a velocidade do processo através da eliminação de etapas que não agreguem valor.

No caso do processo de compras estudado neste trabalho, as etapas que não agregam valor seriam os cadastros fornecedor e a aprovação de pedidos. No entanto, esses processos correspondem a políticas internas da empresa e por isso não devem ser discutidos em detalhes, o que limitou a aplicação da ferramenta *Lean* neste estudo.

2.3.3 Metodologia DMAIC e outras ferramentas de implementação

O método DMAIC é um dos elementos estruturais para o desenvolvimento de projetos Seis Sigma mais recomendados pelos autores (MAST; LOKKERBOL, 2012; WERKEMA, 2004), e constitui-se de cinco fases. Segue a descrição dessas fases, segundo Werkema (2004):

Fase D (Definição): definição da meta e do escopo do projeto. O problema a ser resolvido deve ser descrito em detalhes e uma meta deve ser estabelecida. Nessa etapa, também é necessário levantar um histórico de dados para o problema definido de forma a destacar o impacto e justificar a meta. Esses dados serão usados para definir o nível de prioridade do projeto para a organização e, caso o projeto seja escolhido, define-se então os participantes e suas responsabilidades, o cronograma, as possíveis restrições e premissas. Por fim, identifica-se as principais necessidades dos clientes e o processo principal. Ferramentas principais: *Project Charter* e SIPOC (*Suppliers, Inputs, Processs, Outputs, Customers*).

Fase M (Medição): determinação do foco do problema. Essa etapa visa estratificar o problema definido e, através dos dados existentes ou de novos dados coletados, identificar as etapas prioritárias e suas possíveis variações. Por fim, cada etapa identificada como prioritária deve ter uma meta definida e um responsável. Ferramentas principais: Diagrama de Pareto, Histograma, *Boxplot*.

Fase A (Análise): determinação das causas dos problemas principais. Essa etapa visa analisar os processos principais em busca de suas causas raízes. Essa análise é feita avaliando dados do processo identificado como prioritário bem como do seu processo gerador. Dessa forma, as causas potenciais são elencadas e priorizadas de forma quantitativa, até a identificação das causas raízes. Ferramentas: *Brainstorming*, diagramas de causa e efeito, histograma, *Boxplot*.

Fase I (*Improvement* ou *Melhoria*): análise e implementação de soluções para as causas raízes identificadas na etapa de análise. As soluções devem ser priorizadas através de avaliação de risco e testes em pequena escala, realizando ajustes e verificando se as metas serão alcançadas. Em caso afirmativo, realizar um plano de implantação para as soluções selecionadas. Caso contrário, deve-se realizar novas medições e análises de forma a encontrar pontos mais críticos de melhoria. Ferramentas principais: matriz de priorização, simulações, 5W2H.

Fase C (*Controle*): garantia de que a meta alcançada seja mantida a longo prazo. Essa etapa avalia o alcance das metas e tem o objetivo de padronizar as alterações oriundas do plano de melhoria adotado e implementar formas de monitoramento do processo e da meta. Essa fase também objetiva adotar ações corretivas para o plano de melhoria e sumarizar as lições aprendidas com o projeto e as recomendações para trabalhos futuros. Ferramentas: avaliação dos sistemas de medição e inspeção, manuais, *poka yokes*, histograma, amostragem.

Mast e Lokkerbol (2012) analisaram a ferramenta DMAIC de forma prescritiva, para verificar para quais tipos de problema ela é aplicável. Segundo os autores, o DMAIC não é aplicável problemas não estruturáveis, de escopo limitado ou subjetivos, em que não haja uma estrutura de diagnóstico de problemas, análises estatísticas e posterior execução de ações. Segundo os autores, o Seis Sigma é uma metodologia genérica e versátil para resolução de problemas, que inicialmente foi usada para reduzir variabilidade de processos na manufatura e posteriormente passou a ser adaptado a várias outras aplicações. No entanto, em alguns casos em que existem metodologias específicas para construção de modelos, o DMAIC é menos recomendável pois essas adaptações não são aplicáveis.

Apesar do DMAIC ser o método mais utilizado, outros autores sugerem diferentes formas de estruturação do Seis Sigma. Harry e Schroeder (2000) sugerem uma implementação semelhante, porém mais completa, contendo quatro estágios e oito fases, sendo as 4 principais Medição, Análise, Melhoria e Controle (M-A-I-C). As diferenças constituem a inclusão de uma etapa de reconhecimento de processos críticos para a empresa antes da definição (etapa D) dos problemas, e duas fases posteriores à etapa de controle. O objetivo dessas fases finais (padronização e integração) é analisar as boas práticas resultantes da implementação de melhorias advindas da aplicação da metodologia Seis Sigma em vários processos empresariais e consolidá-las na rotina (padronização). Posteriormente essas práticas podem interferir na gestão empresarial como um todo e tornar-se um exemplo de suporte à filosofia Seis Sigma (integração).

A estrutura proposta por Chakravorty (2009) por sua vez, segue uma estrutura diferente, como um guia de implementação, pois o autor aponta a falta de um passo-a-passo de implementação como a principal causa de fracasso na utilização de Seis Sigma nas empresas. Chakravorty (2009) propõe um modelo de implementação de Seis Sigma composto de 6 passos, sendo os quatro primeiros decisões estratégicas (*top-down*) conduzidas por dirigentes e os 2 últimos decisões táticas (*bottom up*) conduzidas por engenheiros e técnicos: (1) Fazer análises considerando a visão de mercado e a opinião dos clientes; (2) Construir uma equipe especializada e multifuncional para as iniciativas de melhoria; (3) Identificar as ferramentas a serem utilizadas; (4) Mapear os processos e priorizar oportunidades de melhoria; (5) Montar um plano detalhado para os times menos capacitados e (6) Iniciar e documentar a implementação.

No caso desse trabalho, devido ao cunho acadêmico e a autoria individual, o objetivo é analisar um projeto único e suas implicações, portanto não haverá integração com outros projetos Seis Sigma implementados na empresa nem equipes multifuncionais focadas nesses diversos processos, portanto a metodologia DMAIC é a mais adequada e será posteriormente utilizada como estrutura de análise do trabalho.

2.3.4 Seis Sigma em processos administrativos

Harry e Schroeder (2000) alertam que os processos de serviço constituem uma grande porção dos custos de uma empresa e que, por isso, é errado acreditar que os processos administrativos não possam ser controlados e que é mais importante aprimorar os processos industriais. Segundo os autores, os clientes enxergam muito mais a qualidade do serviço do que dos produtos e cita casos como a GE e a AlliedSignal, comprovando que a melhora de processos comerciais internos e externos se reflete significativamente nos processos produtivos e na satisfação dos clientes.

No caso de processos de serviço, o Seis Sigma quebra o processo em pequenas etapas para gerar maior eficiência e menor custo. Dessa forma os processos se tornam mais eficientes e acurados, exigindo menor tempo de resposta e diminuindo a porcentagem de falhas (HARRY; SCHROEDER, 2000). Segundo os autores, os processos comerciais permitem uma aplicação ainda mais direta da metodologia que os processos industriais ou de engenharia, mas a dificuldade reside em pensar nesses processos como uma sequência de etapas tendo um produto como saída. A melhoria de processos administrativos exige que as empresas criem categorias

de medida, colem e analisem dados através de ferramentas estatísticas e criem parâmetros de referência.

Para o caso de aplicações em processos de serviço, as adaptações se referem sobretudo a adequações de sistemas de medida, pois parâmetros de serviços e processos não são facilmente medidos como os de uma máquina. Nesses casos, normalmente se dá maior ênfase no mapeamento de processo e usa-se de ferramentas estatísticas pois as distribuições em geral são discretas e não-normais (SNEE; HOERL, 2005 apud MAST; LOKKERBOL, 2012).

2.3.5 *Benchmarking* e Impacto de aplicação do Seis Sigma

O *benchmarking* é uma ferramenta poderosa para a empresa comparar seus processos e o de seus competidores e entender as diferenças da qualidade de seus produtos e serviços. Essa prática deve ser adotada de forma contínua e permite a identificação rápida de características importantes e diferentes dos produtos e processos que são críticas para a opinião do cliente (HARRY; SCHROEDER, 2000). A comparação de performance de diferentes empresas também pode ser objeto de estudo para avaliar a efetividade da aplicação de metodologias como o Seis Sigma (SHAFER; MOELLER, 2012; SWINK; JACOBS, 2012).

Shafer e Moeller (2012) avaliaram o impacto da adoção da metodologia Seis Sigma na performance das empresas. O estudo avaliou 84 empresas de diversos segmentos por um período de dez anos, sendo o quarto ano o da adoção da metodologia. A comparação foi realizada em relação a um grupo de empresas do mesmo setor industrial, com mesmo histórico e nível de desempenho antes do Seis Sigma.

Os autores destacam que as 84 empresas selecionadas anunciaram publicamente a metodologia e estabeleceram recompensas para os resultados alcançados. Como resultado da pesquisa, os que melhor implementam a metodologia continuam a ter maior vantagem em relação às empresas que não utilizam o Seis Sigma, sobretudo devido ao aumento da eficiência dos funcionários. Não foi observado impacto negativo em nenhuma das organizações avaliadas.

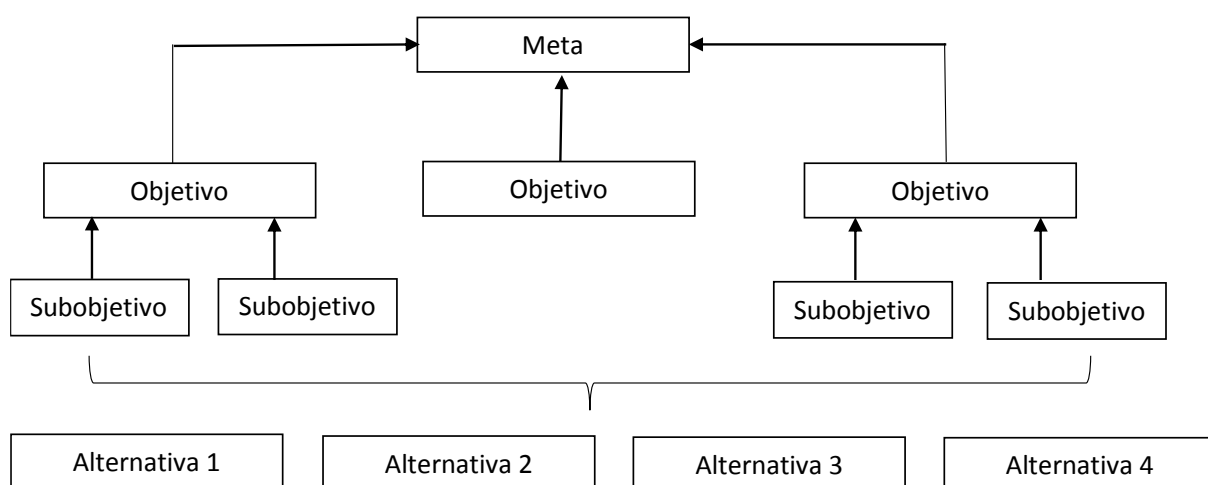
Swink e Jacobs (2012), por sua vez, analisaram 200 empresas também realizando um estudo comparativo para avaliar o impacto do Seis Sigma. A exemplo de Shafer e Moeller (2012), os autores também usaram outras empresas como comparativo, de acordo com seu rendimento e porte. Os autores concluíram que os benefícios da implementação compensam os custos, embora esses impactos só sejam significativos de 2 a 3 anos após a implementação. Eles ressaltam que a redução de custos é mais perceptível em processos indiretos e que as vantagens

de aplicação são maiores em processos repetitivos, o que justifica a melhor empregabilidade da metodologia em processos manufatureiros ou atividades de *back-office*. No entanto, o impacto pode ser menor em empresas com processos estruturados e maduros em controle de qualidade; mas não foi observada diferença no impacto entre empresas manufatureiras e de serviço, o que leva à conclusão de que o sucesso da implementação está mais ligado à saúde financeira da empresa, à estrutura e aos processos escolhidos para aplicação da metodologia (SWINK; JACOBS, 2012).

2.3.6 Ferramenta de priorização - AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

O AHP é uma ferramenta de tomada de decisão que consiste em uma estrutura para seleção da melhor alternativa visando alcançar um determinado objetivo. Essa estrutura auxilia o tomador de decisão quanto ao entendimento de suas preferências, permitindo-o justificar a seleção de determinada alternativa (COSTA NETO, 2007). A estrutura, conforme mostra a Figura 5, consiste em estabelecer critérios ou objetivos, que devem ser usados para analisar as alternativas presentes. Esses critérios e subcritérios devem ser, em seguida, comparados dois a dois, através de uma escala de intensidade, conforme mostra a Tabela 3.

Figura 5 - Estrutura hierárquica de decisão



Fonte: Costa Neto (2007)

Tabela 3 - Escala de Intensidade de Saaty

Escala Numérica	Escala Verbal
1	Mesma importância
3	Importância moderada de um sobre outro
5	Importância essencial ou forte
7	Importância muito forte
9	Importância extrema
2,4,6,8	Valores intermediários

Fonte: Costa Neto (2007)

Essa comparação é feita a partir de uma matriz de paridade $A_{n \times n}$, sendo n a quantidade de critérios, que deve obedecer a três características (FARIA, 2011):

- 1- A matriz deve ser Identidade, ou seja, a diagonal principal deve ser igual a 1.
- 2- A matriz deve ser recíproca, ou seja, todos os elementos abaixo da diagonal principal devem ser o inverso do elemento correspondente de acordo com a eq. (8):

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (8)$$

- 3- A matriz deve ser consistente, ou seja, respeitar a transitividade (se A é melhor que B e B é melhor que C, então A deve ser melhor que C).

O cálculo dos pesos de cada critério e a verificação de transitividade são realizados através da normalização da matriz, que consiste em dividir cada célula pela soma da coluna correspondente. Dessa forma os pesos de cada critério são calculados de acordo com a soma das linhas da matriz normalizada (autovetor) e a transitividade é verificada pela proximidade entre o $\lambda_{máx}$ e a quantidade n de critérios, sendo o $\lambda_{máx}$ calculado através do produto dos pesos de cada critério pela soma das colunas da matriz não normalizada.

Por fim, as alternativas são avaliadas conforme os pesos de cada critério considerando uma escala estabelecida, que permite avaliar o quanto cada alternativa satisfaz cada critério. (COSTA NETO, 2007).

O método AHP permite incluir detalhes capazes de representar o problema como um todo, considerando seu contexto, fatores de influência e *stakeholders*, além de avaliar o impacto de cada fator de influência (SAATY, 1990). Segundo Faria (2011), essa ferramenta apresenta diversas vantagens, como a possibilidade de tratar dados qualitativos e quantitativos e avaliar a coerência dos julgamentos, a facilidade de compreensão e de estruturação do problema, além da grande quantidade de aplicações práticas.

Essa ferramenta pode ser usada tanto em escolhas pessoais simples como em decisões estratégicas corporativas ou governamentais, por exemplo, a escolha de um modelo de carro a ser comprado ou um projeto organizacional a ser realizado (COSTA NETO, 2007), a escolha de uma casa (SAATY, 1990) ou o mapeamento de risco de escorregamento em áreas urbanas (FARIA, 2011). Neste trabalho, o método deve ser utilizado para priorizar melhorias sugeridas a partir da metodologia Seis Sigma.

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido conforme aplicação da metodologia Seis Sigma em projetos de melhoria contínua empregados na empresa em que a autora realizou estágio. O objetivo do projeto é reduzir o tempo médio de processamento de requisições de compras de itens de almoxarifado em 10% sem implicar em aumento de custo de compra ou de nível de estoque nem em redução da qualidade dos produtos adquiridos.

O estudo foi fundamentado na metodologia Seis Sigma, estruturada através do DMAIC, e utilizou dados oriundos do sistema de compras e de planilhas fornecidas pelo almoxarifado.

3.1 Fontes de dados

Este trabalho contou com três fontes principais: uma base de dados de classificação dos itens de almoxarifado, uma base que constitui um relatório retirado do sistema de compras e uma terceira base que constitui a análise de saída de itens de estoque. Segue a descrição de cada base:

Base A: planilha de classificação dos itens. Todos os itens do almoxarifado devem estar presentes nessa planilha, independente da sua movimentação no estoque ou de seu processamento por parte de compras. Campos principais: famílias e subfamílias de itens, código e descrição do item.

Base B: base de dados oriunda do sistema de compras fornecida pelo desenvolvedor do programa utilizado para colocar pedido. Essa base consiste em uma planilha contendo todo o histórico de pedidos emitidos de abril de 2014 a abril de 2015. Campos principais: data da requisição, data da aprovação da requisição, requisitante, aprovador, código do pedido, data de emissão do pedido, categoria do item, código do fornecedor, fornecedor e valor do pedido.

Base C: base de movimentação de itens no estoque. Essa base consiste em uma planilha contendo as saídas de estoque de todo o ano de 2014, em base de gastos. Campos principais: código do item, descrição, segmento, classe, total no estoque, posição e consumo anual.

A Tabela 4 detalha o conteúdo e a origem de cada uma das bases:

Tabela 4 - Descrição das fontes de dados do trabalho

Informação	Base A	Base B	Base C
Abrangência temporal	N/A	Abril/2014 – Abril/2015	2014
Conteúdo	Classificação dos itens	Saída do sistema de compras (pedidos emitidos)	Saída de estoque (giro)
Campos principais	Código, família e descrição do item	Data da requisição, do pedido, fornecedor e categoria do item	Segmento e consumo anual dos itens
Origem	Almoxarifado	Sistema de compras	Almoxarifado

Fonte: elaboração própria

É importante observar a classificação usada no *software* de compras (Base B), que corresponde àquela usada na saída dos pedidos, é diferente da categorização em famílias utilizada na base de descrição dos itens (Base A) e na base do controle de giro (Base C). Essa diferença, mesmo que não gere problemas em relação ao pedido, pois o importante é o código do item e sua descrição, pode confundir em casos de realização de trabalhos em como esse, em que é preciso extrair relatórios de várias fontes diferentes para análise, e a obtenção de históricos com classificações distintas pode gerar imprecisões significativas.

O uso dessas ao longo do trabalho será detalhado na metodologia da fase de Análise.

3.2 Estruturação DMAIC

3.2.1 Etapa D – Definição de problema

A compra de materiais de almoxarifado tem um prazo de até dez dias para ser realizada, desde a aprovação da requisição até a emissão do pedido. No entanto, devido às necessidades de aprovação, problemas operacionais e grande quantidade de retrabalho, há muitos casos em que o prazo não pode ser cumprido, gerando problemas de operação na área cliente e comprometendo outros processos a serem realizados em compras. A definição do processo a ser melhorado deve-se ao sentimento de ineficiência e grande sobrecarga de trabalho nos próprios compradores, confirmados pelos indicadores de processo, pelo diagrama SIPOC e pelo

histórico de emissão de pedidos levantados. O histórico inicial utilizado como base para o projeto foi realizado pelos próprios compradores e pela área cliente. Na fase de análise, foi utilizado um histórico real retirado do sistema de compras – Base B.

3.2.2 Etapa M – Medição

Essa fase constituiu-se de medição e mapeamento de processo. O SIPOC realizado na etapa anterior foi utilizado como base para mapeamento. Essa etapa tem como objetivo avaliar os pontos críticos do processo e para estabelecer metas de melhoria. Estabeleceu-se a meta de diminuir em 10% o tempo médio do processo de compras, sem aumento de custos nem prejuízo ao estoque ou à qualidade dos itens adquiridos.

3.2.3 Etapa A – Análise

A etapa de análise constitui na determinação das causas de ineficiência do processo, nesse caso relacionadas ao atraso na emissão do pedido e no custo. As análises foram realizadas usando o *Microsoft Excel*® e o *Minitab*®. Primeiramente, foi realizada uma análise geral para verificar o percentual de pedidos em atraso. Em seguida, o processo foi discutido em reuniões a fim de identificar as causas desse atraso a partir de diagramas causa-e-efeito e da matriz esforço-impacto.

Identificadas as causas raízes de atraso no processo, as categorias dos itens foram analisadas de forma a identificar as que tem maior peso no processo, ou seja, as categorias críticas.

A primeira análise de categorias realizada teve como objetivo estudar a composição principal dos itens MRO do almoxarifado. Foi então utilizada a Base A, que é a base de classificação em que os itens são descritos e tem seus códigos definidos. Essa avaliação serviu como base para a análise de identificação de categorias críticas para o processo de compras.

A realização dessa análise para definição de categorias críticas, no entanto, exigiu o tratamento da base oriunda do sistema de compras (Base B), para eliminar erros de processamento do sistema (ex.: pedidos ou requisições canceladas, que correspondiam a cerca de 1% dos casos), ou pedidos referentes a outras categorias de compras não pertencentes ao escopo deste trabalho. O total de pedidos referentes ao escopo de trabalho é de 2891 pedidos.

A categorização dos itens foi utilizada para analisar quais itens eram críticos em questão de tempo de processamento ou de emissão e de gasto anual. No entanto, essa classificação é realizada pelo requisitante na ocasião em que os itens são solicitados, o que leva a um grande volume de erro humano. Após o início das análises foi verificado que a categoria Diversos, com 367 pedidos (12,69% do total), exercia grande peso, exigindo uma reclassificação para tornar o estudo efetivo. Os itens da categoria diversos foram então analisados e realocados em outras categorias, conforme o fornecedor e o item. A maior dificuldade encontrada nesse caso foi que a base fornecida apresentava apenas o fornecedor, categoria e código do pedido, mas não os itens correspondentes. Portanto, em várias ocasiões, foi necessário consultar vários códigos no programa de compras para realizar a reclassificação. A Tabela 5 mostra a influência da reclassificação no percentual de representação para algumas categorias:

Tabela 5 - percentual representativo de itens por categoria antes e depois da reclassificação

Categoria	(%) Antes da reclassificação	(%) Depois da reclassificação
Diversos	12,69	3,39
Material Elétrico	14,53	14,80
Peças de manutenção	17,12	17,85
Vedações	10,97	11,10
EPI	6,64	7,33
Ferramentas	2,53	4,46
Tintas	1,69	2,08
Itens de embalagem	0,86	2,77
Material de limpeza	0,21	1,49

Fonte: elaboração própria

Nota-se a grande diminuição da representatividade da categoria diversos, como era necessário. Foram criadas novas categorias para alguns itens que se destacaram em quantidade de pedidos: colas, fita poliéster, desengraxante e toalha. As categorias criadas na reclassificação não apresentaram um percentual representativo considerável isoladamente, mas são itens importantes em gasto e, no total, representavam 12,5% dentro dos 12,69% da categoria diversos, ou seja, 1,6% do total de itens.

Finalizada a reclassificação, o tempo de processamento do pedido foi então calculado subtraindo a data do pedido da data de aprovação da requisição, ou seja, a data em que o pedido entrou em processamento e o dia em que ele finalizou todo o ciclo de aprovações e foi emitido, conforme a eq. (9):

$$\text{tempo de emissão} = \text{data de emissão do pedido} - \text{data de aprovação da requisição} \quad (9)$$

A análise do tempo de emissão e dos gastos anuais com as diferentes categorias identificou as categorias de maior impacto no processo. Definidas as categorias críticas e a causa raiz da ineficiência do processo, foi realizado um estudo dessas categorias, de forma a identificar quais foram os itens representativos. Como a Base B não apresenta nenhuma informação sobre os itens presentes na requisição, a realização da análise dos itens mais representativos das categorias críticas foi realizada usando a base de giro do almoxarifado (Base C).

A saída de estoque, no entanto, não significa que os itens foram comprados na mesma quantidade no período considerado. Isso ocorre porque o almoxarifado lança uma requisição de um determinado item quando atinge o seu ponto de pedido. Caso no início do período o estoque de determinado item esteja, por exemplo, em 4 e seu ponto de pedido seja 3, ao ser consumido o próximo item, uma requisição será emitida para compra de 7 itens, por exemplo, perfazendo os 10 em estoque na entrega da compra. Caso mais 3 itens sejam consumidos até o fim do período, a Base B registraria 7 itens comprados, enquanto o giro registrado na Base C seria de apenas 4 itens no período.

A fase de análise foi finalizada com realização de *benchmarking* em processos de compras de uma outra empresa.

3.2.4 Etapa I – Melhoria ou *Improvement*

Baseada nas análises e no *benchmarking*, foi determinado um plano de ação para melhorar diversos aspectos do processo. Nesse trabalho, apenas a parte do plano de ação destinado à autora será discutida em detalhes, pois as demais ações não contemplam parte do escopo deste trabalho e também exigiriam divulgação de informações consideradas confidenciais e estratégicas pela empresa.

A atividade primordial do plano de ação nesse caso é a realização de contrato para as categorias de itens consideradas críticas na análise anterior, tanto em giro quanto em gasto. A estratégia de implementação do contrato utilizada neste trabalho foi a realização de um leilão combinatório piloto para uma das categorias críticas. O leilão seria fechado de primeiro preço, com possibilidade de iterações, ou seja, renegociação de propostas.

A implementação prática de leilões exigem aplicações computacionais específicas não disponíveis para a autoria desse trabalho. Por isso, para este estudo, foi desenhado um piloto do leilão no *What'sBest!*® e no *Solver do Excel*®, que pode ser em seguida implementado por completo em uma plataforma mais robusta.

A implementação piloto exigia, no entanto, uma priorização inicial para definir qual seria a categoria crítica mais apropriada para esse início. Essa decisão foi suportada pela metodologia AHP, baseada na análise da criticidade de cada categoria para o tempo e o custo de compras, considerando o objetivo de melhoria de processo; além de outras dificuldades relacionadas à validação da qualidade dos itens de possíveis novos fornecedores e do impacto de eventuais erros ou atrasos para o produto e para o negócio da Cosmet.

O projeto piloto realizado consiste em um leilão combinatório de 13 itens com 7 fornecedores e 4 tipos de pacotes, de acordo com o agrupamento dos itens escolhidos. A escolha dos 13 itens para o piloto baseou-se na análise dos gastos e do giro dos itens da categoria escolhida, de acordo com as informações fornecidas pelo almoxarifado. Foram escolhidos os itens com giro superior a mil unidades por ano.

A análise considerou a avaliação de diferentes cenários comparados ao custo atual de compra dos produtos considerados:

Primeiro cenário: análise dos custos comprando itens por leilão reverso individualmente, ou seja, sem considerar a possibilidade de agrupamento de itens em pacotes e possíveis ganhos de escopo.

Segundo cenário: análise dos itens considerando os possíveis ganhos de escopo através de aplicação de leilão combinatório nos pacotes escolhidos.

Terceiro cenário: análise de viabilidade da realização de compras somente de pacotes.

A Tabela 6 mostra a sequência de atividades das etapas de análise e implementação da melhoria, que definem a categoria a ser escolhida para realização do leilão piloto e a implementação do mesmo:

Tabela 6 - Análise, priorização de itens críticos e implementação do leilão piloto

Fase	Atividade	Descrição	Ferramentas	Fonte
Análise	Estudo da classificação	Análise da classificação de itens em famílias e categorias	Gráficos Pareto	Base A
	Identificação Categorias Críticas	Identificação das categorias críticas através da análise de processo	Gráficos Pareto	Base B
	Estudo Categorias Críticas	Determinação dos itens de maior giro e da composição de cada categoria crítica	Gráficos Pareto	Base C
Improvement	Categoria para Leilão	Escolha da categoria crítica mais apropriada para realização do leilão	AHP	N/A
	Escolha de itens para leilão	Análise do gasto e do giro da categoria crítica escolhida	Gráficos Pareto	Base C e derivadas
	Realização do leilão	Análise de três cenários diferentes considerando possibilidade de compra individual e por pacotes (leilão combinatório)	Ferramentas: software de otimização - <i>What'sBest!®</i> e <i>Solver do Excel®</i>	N/A

Fonte: elaboração própria

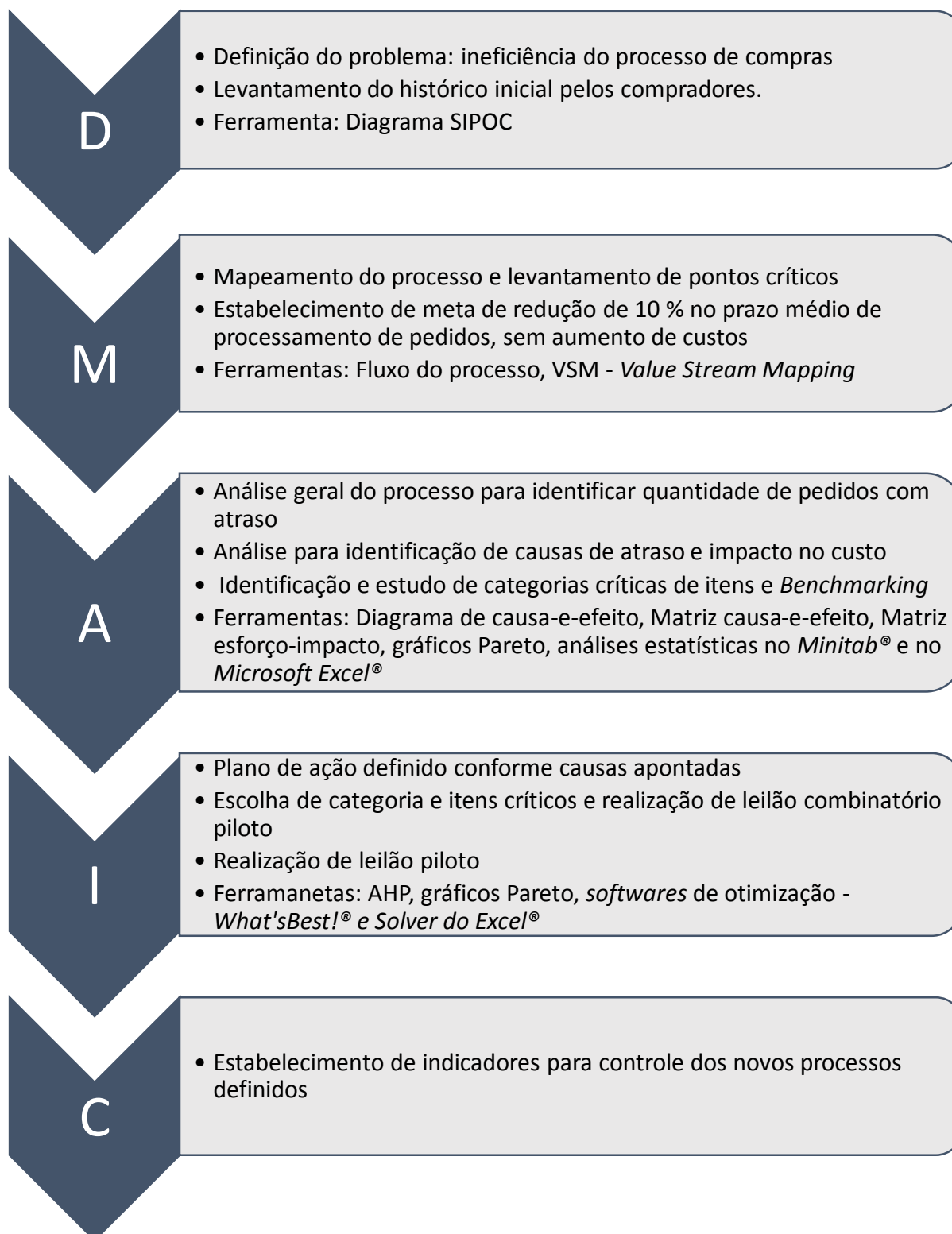
3.2.5 Etapa C – Controle

Etapa de definição de indicadores. Os dados utilizados na etapa de definição continuarão a ser avaliados, como o percentual de pedidos dentro do prazo. Outros indicadores serão definidos conforme as etapas do plano de ação. O controle de processo deve ser fundamentado sobretudo na documentação de todas as ações a serem implementadas, de forma a permitir avaliação em auditorias e facilitar a execução de projetos futuros.

3.3 Resumo - Forma de apresentação dos resultados

Os resultados do trabalho serão apresentados de acordo com as atividades realizadas em cada etapa da metodologia DMAIC, conforme detalhado na Figura 6:

Figura 6 -Resumo de atividades da etapa DMAIC (elaboração própria)



4. ETAPA D – DEFINIÇÃO DE PROBLEMA

O processo foi avaliado segundo o histórico de emissão de pedidos elaborado pelos próprios compradores. De acordo com esses dados o processo de compras completo demorava cerca de 20 dias, considerando a data da aprovação da requisição até a emissão do pedido. O tempo de emissão estava, de acordo com essa estimativa, muito acima do máximo (10 dias), comprometendo os processos da área cliente (o almoxarifado) e outros processos de concorrência em compras, uma vez que o retrabalho e o acúmulo de processos atrasados e comprometiam o tratamento das novas requisições e de processos urgentes.

Esse projeto faz parte de um processo de melhoria contínua da empresa e, portanto, tem também objetivos financeiros, associando a redução de custos à melhoria de eficiência do processo. Por isso os principais fatores do processo escolhidos para avaliação (KPIs - *Key Performance Indicator*) foram o tempo de processamento e o custo. Para o efeito desse trabalho, no entanto, os custos não serão abordados em detalhes devido a questões de sigilo.

O processo de compras foi discutido em reuniões sucessivas da equipe para elaboração do diagrama SIPOC (Tabela 7), traduzindo todas as entradas e saídas do processo, desde a emissão da requisição de compras até o envio do pedido ao fornecedor escolhido.

Tabela 7 - Tabela SIPOC do processo de compras

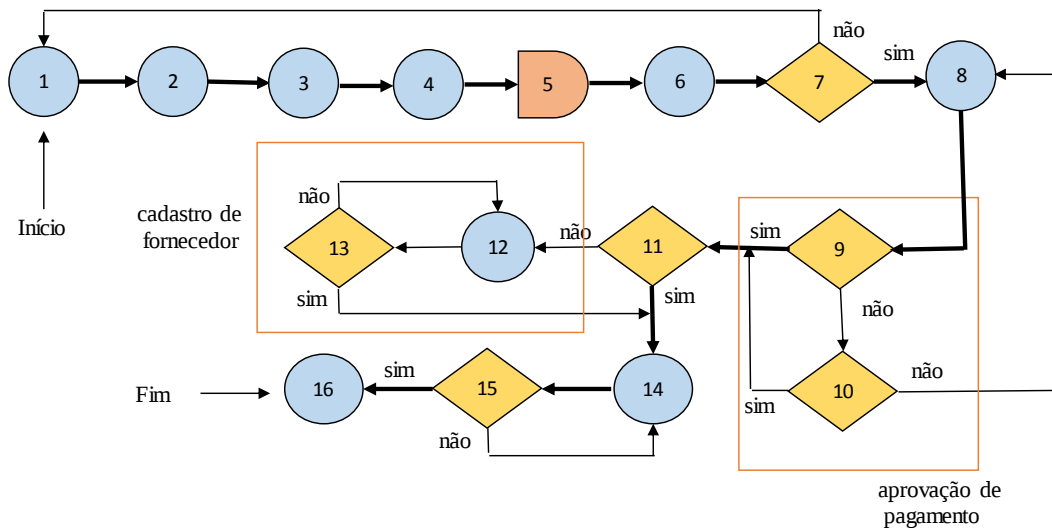
S uppliers	I nputs	P rocess	O utputs	C ustomers
Almoxarifado	Aprovação da necessidade de compra	Emitir a requisição	Requisição emitida	Comprador chefe
Comprador chefe	Conjunto de requisições emitidas	Emitir o relatório de requisições aprovadas no dia anterior	Relatório geral de requisições emitidas	Comprador
Comprador	Relatório geral de requisições aprovadas	Agrupamento de requisições por categorias	Requisições agrupadas	Comprador
Comprador	Requisições agrupadas	Avaliar base de fornecedores	Lista de fornecedores potenciais	Comprador
Comprador	Lista de fornecedores potenciais	Enviar a solicitação de cotação por e-mail e documentos de processo	E-mail de solicitação de cotação	Fornecedor
Fornecedores	E-mail de solicitação de cotação	Analisar demanda e elaborar propostas	Propostas via e-mail	Comprador
Comprador	Propostas via e-mail	Analisar as condições da proposta (preço, frete, entrega,...)	Fornecedor escolhido	Comprador
Comprador	Fornecedor escolhido	Enviar ficha de cadastro, se necessário	Ficha de cadastro enviada	Fornecedor
Fornecedor	Ficha de cadastro enviada	Preencher e retornar a ficha	Ficha de cadastro preenchida enviada	Comprador
Comprador	Ficha de cadastro preenchida enviada	Envio para cadastro	Fornecedor enviado para cadastro	Cadastro
Cadastro	Fornecedor enviado para cadastro	Processo de Cadastro	Fornecedor cadastrado	Comprador
Comprador	Fornecedor escolhido	Solicitar pagamento especial, se necessário	Solicitação de pagamento especial	Gerente
Gerente	Solicitação de pagamento especial	Aprovação da solicitação	Solicitação aprovada	Comprador
Comprador	Fornecedor escolhido e cadastrado	Colocar pedido	Pedido colocado	Gerente
Gerente	Pedido colocado	Aprovar pedido	Pedido aprovado	Comprador
Comprador	Pedido aprovado	Emitir o pedido e enviar para fornecedor	Pedido emitido e enviado	Fornecedor

Fonte: elaboração própria, conforme resultados de reuniões de equipe

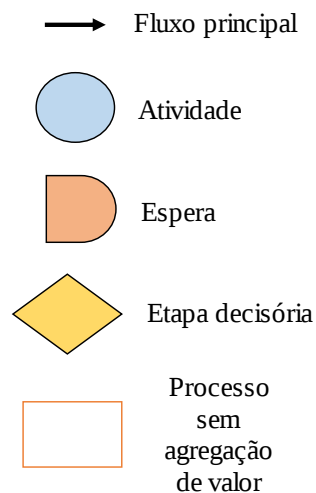
5. ETAPA M – MEDIÇÃO

Após o diagrama SIPOC o processo foi mapeado para identificação das etapas críticas. Segue o fluxograma do processo na Figura 7:

Figura 7- Fluxograma de processo de compras para almoxarifado



Legenda:



- 1 - Emissão da requisição
- 2 - Agrupamento de requisições
- 3 - Escolha de fornecedores potenciais
- 4 - Envio de demanda por e-mail
- 5 - Espera de propostas
- 6 - Análise de propostas recebidas
- 7 - Preço ok?
- 8 - Escolha de fornecedor
- 9 - Condição de pagamento ok?
- 10 - Aprovação especial
- 11- Fornecedor cadastrado?
- 12 - Processo de cadastro
- 13 - Cadastro aprovado?
- 14 - Elaboração do Pedido de compras
- 15 - Aprovação do pedido
- 16 - Emissão do pedido

Fonte: elaboração própria, conforme resultados de reuniões de equipe

Observa-se que em todos os casos necessita-se de aprovação (de maior ou menor grau dependendo do valor da compra) para finalização do pedido, mas as etapas críticas para gerar atraso no tempo de emissão são a espera por propostas e as etapas destacadas no fluxo, que são o cadastro do fornecedor e as aprovações especiais de pagamento, quando são necessários.

Esses processos não agregam valor e interferem no fluxo principal de compra. No entanto, constituem parte da política global da empresa e por isso não podem ser eliminados.

Apenas uma espera foi colocada no fluxo, mas algumas etapas decisórias também envolvem esperas referentes ao processo de aprovação, não representadas por questão de simplificação.

O cadastro só é necessário caso o fornecedor seja novo, mas há casos em que é preciso recadastrar fornecedores inativados (mais de um ano sem nenhum pedido direcionado ao fornecedor). Esses casos representam em média 5% do total, mas não há fonte confiável para realização de análises estatísticas.

Nos casos de autorização especial de pagamento, em geral o fornecedor exige algum adiantamento ou tem uma condição de pagamento diferente da empresa. O adiantamento é mais comum em casos de prestação de serviços (não discutidos no escopo deste trabalho), principalmente para realização de obras em que se necessita de aquisição prévia de materiais de alto custo. A condição de pagamento incompatível é mais comum para fornecedores exclusivos, sejam fabricantes, distribuidores ou desenvolvedores de produtos específicos para a empresa. Nessas ocasiões, muito comum em ativos importados, o fornecedor é o único capaz de suprir a demanda da empresa, portanto é preciso ajustar o processo para negociar seus produtos. Nesses casos, são providenciadas autorizações anuais que devem ser anexadas ao pedido emitido.

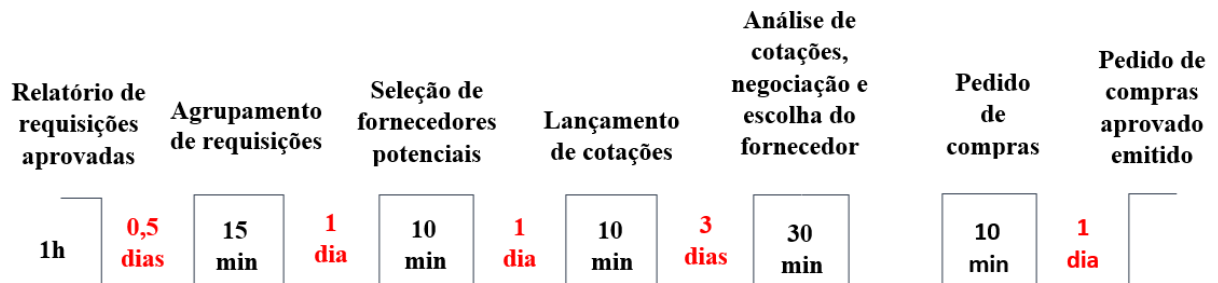
É importante ressaltar a grande quantidade de retrabalho do processo, pois se há um erro no pedido gerado todo o processo de compras é cancelado e a área cliente deve gerar uma nova requisição. Os erros podem estar atrelados a mudança de preço ou problemas na descrição do item. Os problemas na descrição do item ocorrem normalmente quando o fornecedor precisa de uma determinada descrição de produto para conseguir realizar o faturamento. Quanto ao preço do item, a requisição precisa ser refeita quando o preço colocado é incompatível com as condições de mercado.

O fluxo mostra as etapas do processo, mas não o tempo destinado à realização de cada uma delas. O mapeamento de fluxo de valor (VSM) é o diagrama que representa o tempo médio dispendido em cada etapa de processo.

Os tempos inseridos no VSM, como mostra a Figura 8, neste caso, não representam uma medição real do processo, mas simplesmente uma estimativa de acordo com a percepção dos compradores e do almoxarife. As bases de dados fornecidas bem como o sistema não permitem medir as etapas intermediárias do processo. A realização de medições amostrais não

tendenciosas, por sua vez, exigiria períodos de abrangência temporal compatíveis aos das bases fornecidas, o que levaria cerca de 3 meses.

Figura 8 - VSM de processo de compras para almoxarifado (tempos médios)



Fonte: elaboração própria, conforme dados estimados em reuniões de equipe

Nesse VSM, por simplificação, apenas as atividades do fluxo principal foram contempladas, mas é possível perceber que as esperas de processo não correspondem apenas à espera de cotações (embora essa seja, em média, a mais longa). O acúmulo de requisições e o tratamento individual faz com que haja espera entre etapas de processo que deveriam ser executadas de forma simultânea, como a seleção de fornecedores potenciais e o lançamento da cotação. Isso ocorre porque o grande volume de requisições processadas diariamente sobrecarrega o comprador responsável, que executa atividades em diferentes níveis do processo (ex.: analisa uma cotação lançada na semana anterior enquanto verifica contatos dos potenciais fornecedores para outra concorrência). Essas características deixam o processo lento, ineficiente e extremamente sujeito a erros humanos.

O tempo total estimado para a realização de todo o processo considerando a necessidade de cadastro e aprovação especial de pagamento levaria cerca de aproximadamente 23 dias, mas esse número também foi obtido com base em percepções de processo. Os valores mais precisos do tempo de emissão só foram efetivamente calculados na fase de análise, com a base fornecida pelo desenvolvedor do *software* de compras (Base B), mas essa base fornece apenas o tempo total, não havendo nenhuma referência às etapas intermediárias. O fluxo principal, de acordo com o VSM, levaria cerca de 7 dias, sendo cerca de 6,5 referentes a esperas do processo.

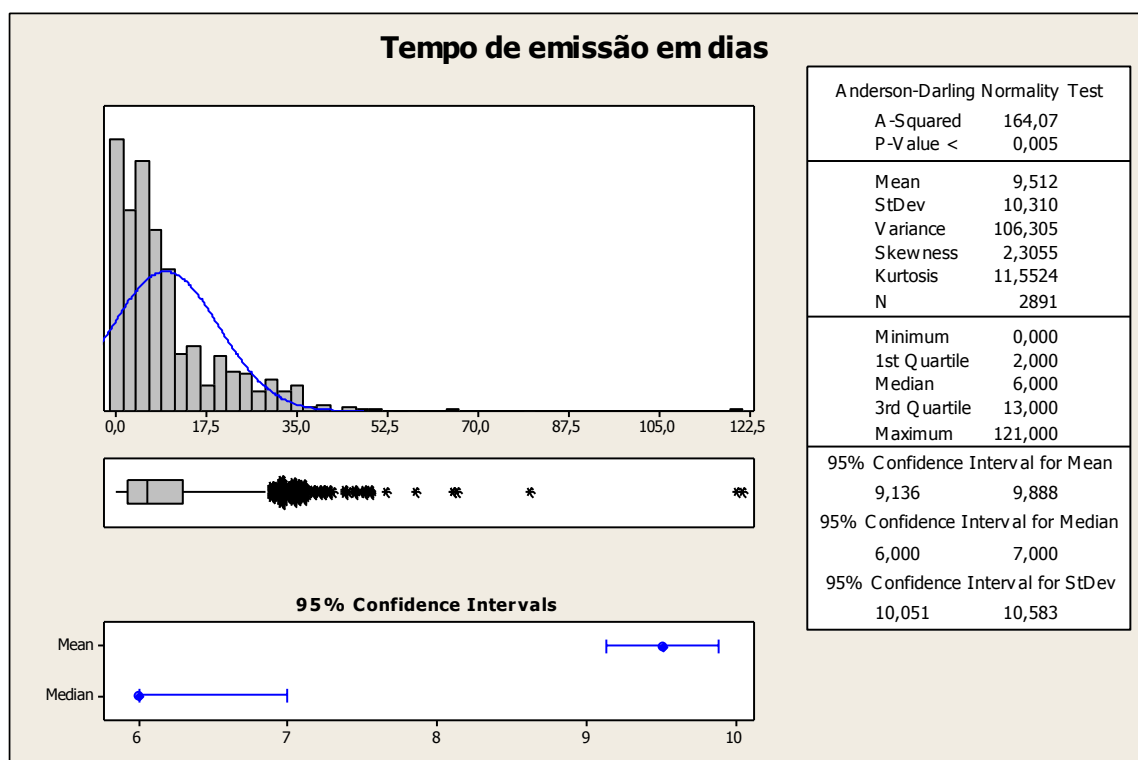
Não obstante essas dificuldades, o objetivo de redução de ineficiência foi mantido, estabelecendo-se a meta de redução de 10% no tempo médio de emissão, sem incremento (ou com redução) de custo e sem aumento de inventário ou prejuízo à qualidade dos itens adquiridos.

6. ETAPA A – ANÁLISE

6.1 Análise geral do processo

O histograma do processo, na Figura 9, mostra que há muitos casos em que o prazo máximo para finalização do processo de compras ainda não é respeitado. A média de 9,512 dias está dentro do prazo máximo (dez dias), mas há um desvio padrão muito elevado 10,31 dias.

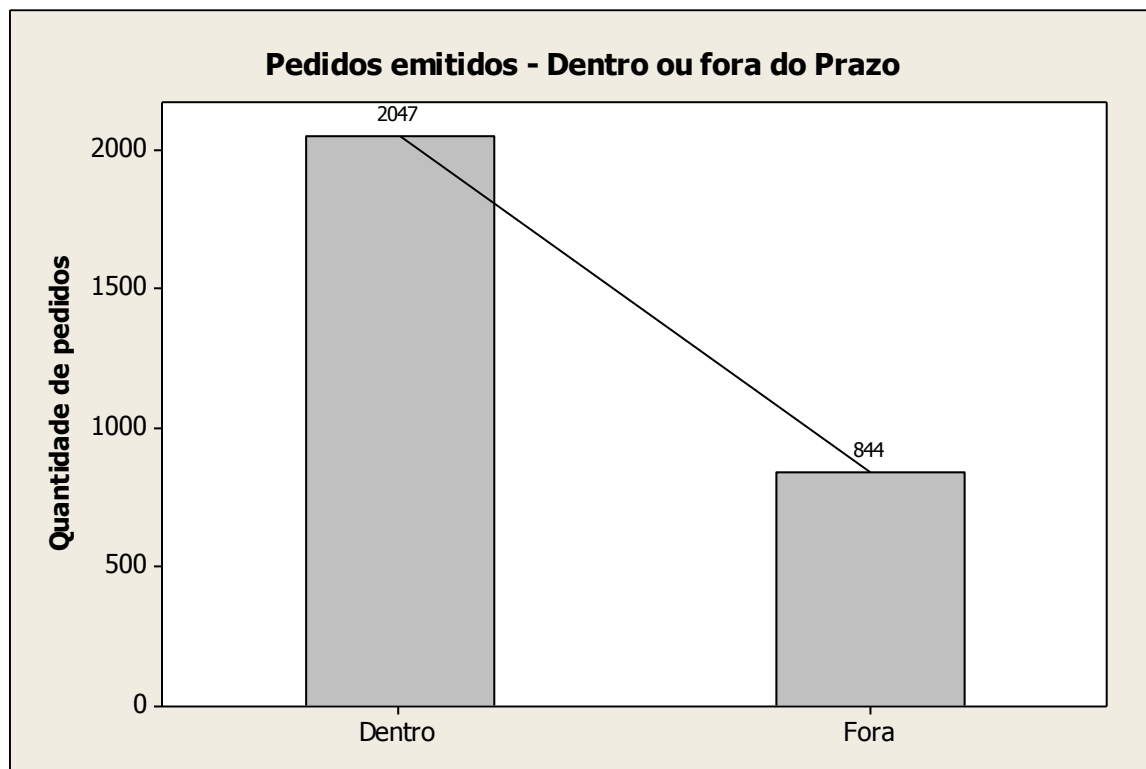
Figura 9 - Histograma do tempo de conclusão do processo de compras (em dias)



Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

A Figura 10 mostra que em torno de 29% dos pedidos são colocados fora do prazo. Em termos de capacidade sigma, tem-se um processo de $2,1\sigma$.

Figura 10 - Pedidos dentro e fora do prazo



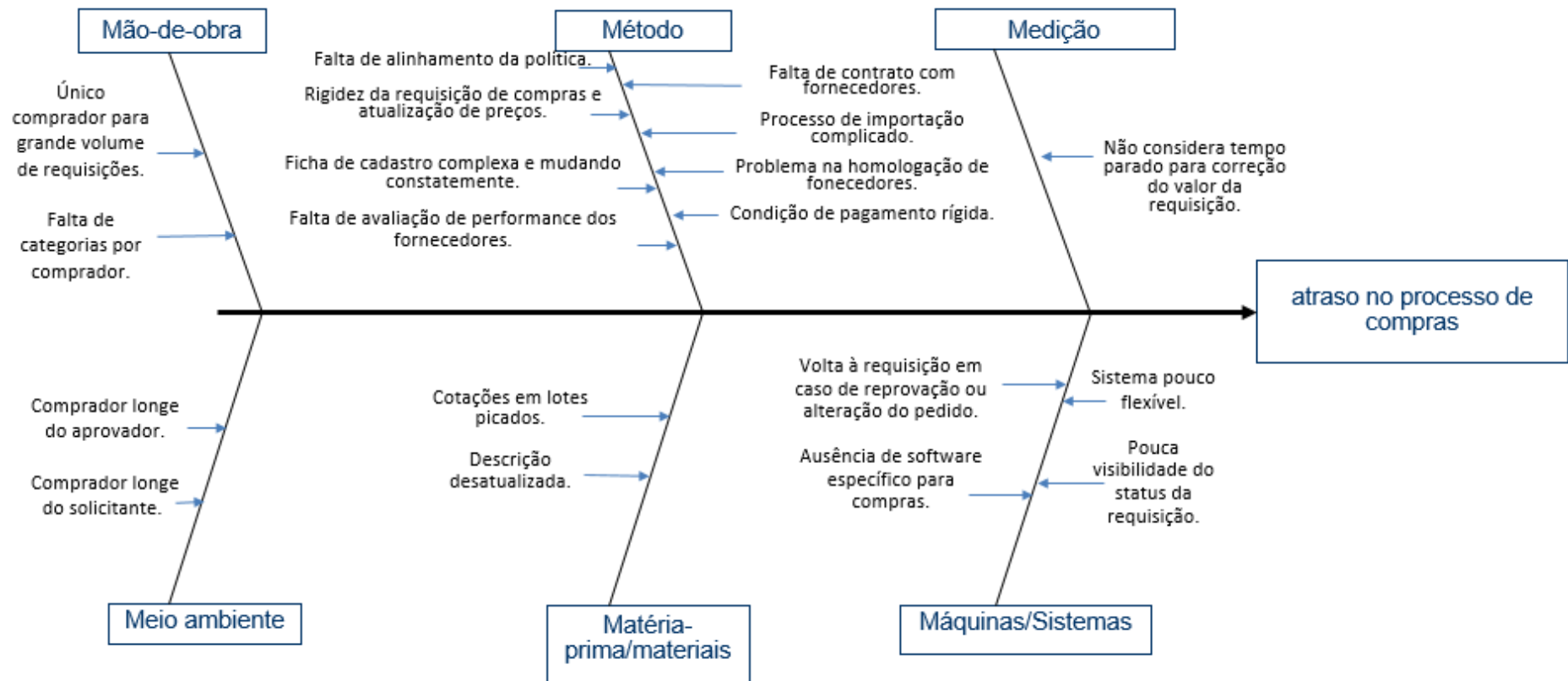
Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

É preciso identificar quais as causas desses atrasos e do desvio padrão elevado. Esse estudo foi realizado a partir de um conjunto de reuniões de *brainstorming* em que as deficiências e problemas do processo foram discutidos. As possíveis causas foram apontadas no diagrama de causa-e-efeito e posteriormente analisadas.

6.2 Análise de causas potenciais

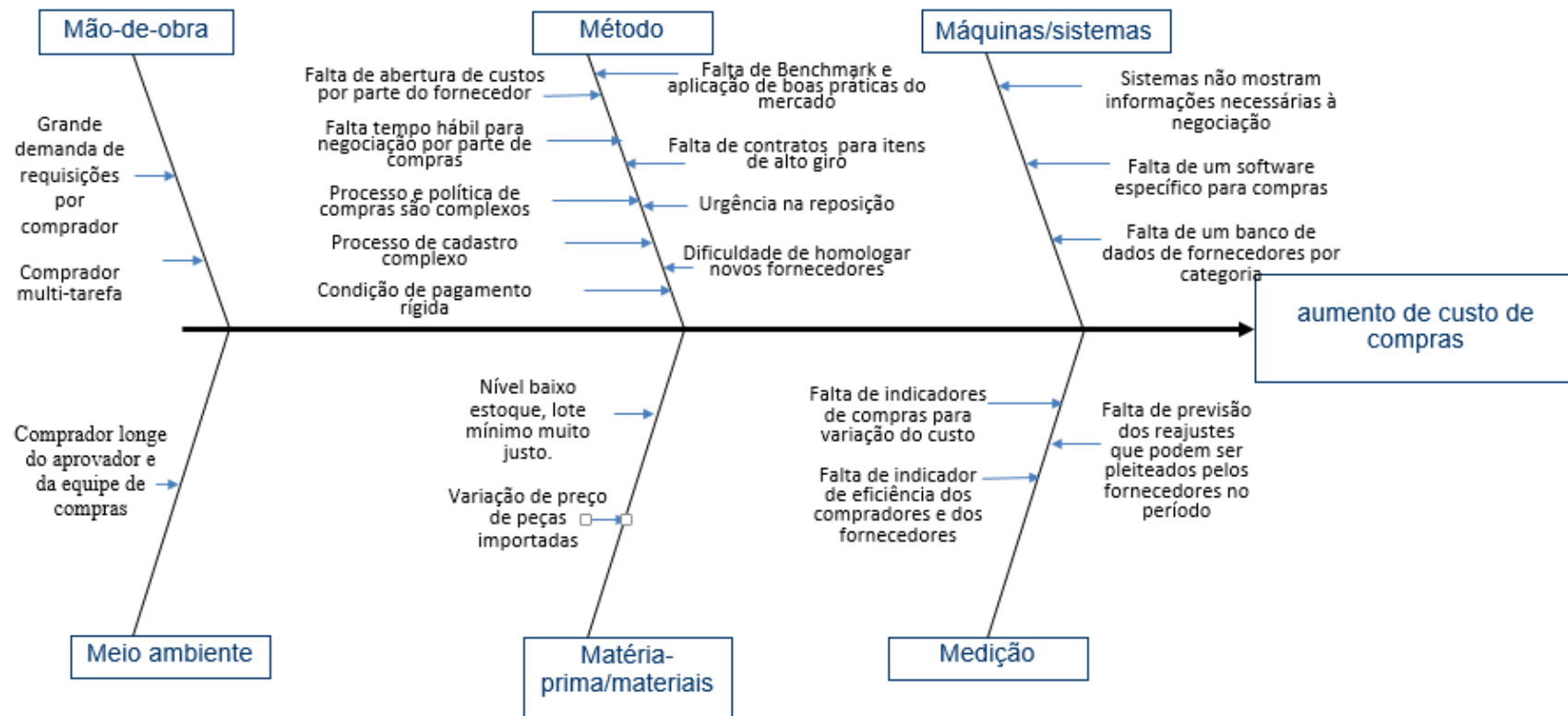
A Figura 11 mostra o diagrama causa-e-efeito para o atraso no processo de compras e a Figura 12 mostra as causas para o aumento de custos nas compras realizadas.

Figura 11 - Diagrama causa-e-efeito para o atraso no processo de compras



Fonte: elaboração própria, conforme resultados de reuniões de equipe e material disponibilizado

Figura 12 - Diagrama causa-e-efeito para o aumento de custo em compras



Fonte: elaboração própria, conforme resultados de reuniões de equipe e material disponibilizado

Os dois diagramas são muito semelhantes, pois tanto o não cumprimento do prazo quanto uma compra realizada a um alto custo são reflexos das causas de ineficiência de processo que devem ser investigadas. Segue o detalhamento de cada uma das causas apontadas:

6.2.1 Mão-de-obra

O comprador responsável pelos produtos de MRO é um terceiro de uma empresa de *outsourcing*. Esse funcionário é constantemente ajudado pelos colegas devido à sobrecarga de trabalho. Além disso, os itens são muito diversos, e em geral o comprador não tem nenhum domínio técnico, fato que, juntamente com o acúmulo de requisições, compromete a sua capacidade de negociação.

Não é possível realizar comparação de performance entre compradores, pois há apenas um responsável. Nos casos em que o comprador é auxiliado pelos seus colegas, não há informação de qual comprador foi responsável pelo processo, ou parte dele. O sistema mostra apenas o comprador que emitiu o pedido, mas essa informação não está disponível na base e além disso não é possível concluir que o fato do comprador responsável não ter emitido o pedido significa que ele não realizou as etapas anteriores do processo de compras, pois em teoria o comprador pode ter realizado todas as etapas do fluxo de compras e contado com a ajuda de um colega apenas para lançar o pedido no sistema.

6.2.2 Meio-ambiente

O comprador da empresa de *outsourcing* era constantemente cobrado pelo almoxarifado para pedidos urgentes, portanto a separação das áreas foi apontada como um obstáculo ao processo. Os aprovadores, tanto das requisições quanto dos pedidos, também não estão instalados de forma a se comunicar de forma rápida com os solicitantes e com o comprador terceiro, criando uma barreira adicional à finalização dos processos. Entretanto, a literatura e as boas práticas de mercado recomendam a distância entre área cliente e compradores para evitar influência direta da área cliente nos processos de concorrência, portanto essa causa foi descartada.

6.2.3 Matérias-primas

Os representantes do almoxarifado, devido à necessidade de manter o estoque em um nível relativamente baixo (valor não passível a divulgação) e preferir compras em pequenos lotes, geram um grande acúmulo de requisições, principalmente nos casos dos itens de alto giro, comprometendo a possibilidade de ganho de escala na negociação. No entanto, o inventário baixo e a compra de lotes pequenos é essencial para o controle de estoque, pois de acordo com a literatura, os estoques altos escondem as ineficiências do processo de produção e representam um alto custo para a empresa. Portanto, a diminuição de fluxo de itens através da compra de grandes lotes não seria viável.

Um outro aspecto referente aos itens é a descrição e o valor da requisição. Os itens com descrição ou valores desatualizados na requisição também comprometem o andamento do processo, pois o pedido de compras não pode ter um valor superior ao da requisição, e por vezes o fornecedor necessita de um determinado padrão de descrição do item para viabilizar o faturamento. Caso haja alguma incoerência em quaisquer desses casos, todo o processo de compras é perdido e a área solicitante é obrigada a gerar outra requisição (o tempo dessa correção não consta no tempo do processo de compras, mas trata-se de um retrabalho).

Não há dados estatísticos para averiguar a quantidade de requisições que tiveram esse problema ou o grau de impacto no processo, mas estima-se que seja em média 1% dos casos, podendo variar conforme o período e o tipo de item. Os importados, por exemplo, sofrem maior variação de preço em períodos de maior oscilação do câmbio, mas os produtos importados não estão devidamente destacados nos dados do processo, portanto não é possível avaliar estatisticamente o impacto desse aspecto.

6.2.4 Máquinas/sistemas

O sistema utilizado no processo de compras de almoxarifado é inflexível (não permite nenhuma correção na requisição ou no pedido colocado, conforme relatado anteriormente), o que gera bastante retrabalho. O sistema também dificulta a retirada de relatórios, o que foi muito comprometedor para a realização deste trabalho, cuja obtenção da base de dados dependeu da interferência do desenvolvedor do programa. Por último, não há visibilidade de *status* da requisição ao longo do seu tratamento (período de negociação) nem sobre o fornecedor ou sobre o item a ser negociado. Para cada compra, o comprador é obrigado a entrar no sistema para

consultar compras anteriores do item e encontrar os contatos dos fornecedores através das propostas enviadas nos processos de concorrência antigos, pois não há um banco de dados de fornecedores em potencial por categoria de itens.

6.2.5 Medição

Os indicadores utilizados no processo avaliam a performance dos compradores em relação à economia obtida no processo de compras (essa economia é calculada em função do valor cobrado atualmente e do valor negociado com o fornecedor), mas esse valor não é divulgado. Indicadores logísticos como OTIF (*On Time, In Full*) não são disponibilizados para a área de compras, mas são essenciais para a avaliação da performance e da confiabilidade do fornecedor na ocasião da negociação. Outros indicadores essenciais no processo de negociação que também não são calculados e divulgados aos compradores são os de variação de custo e as previsões dos reajustes futuros a serem pleiteados pelos fornecedores. Essas circunstâncias dificultam o trabalho dos compradores, uma vez que não há nenhuma base de comparação a não ser as diferentes propostas dos fornecedores e os valores de negociações antigas encontradas no sistema de compras. Esses aspectos são particularmente impactantes no custo dos itens. Quanto ao tempo de emissão, a grande falha diz respeito ao problema das requisições que precisam ser corrigidas, pois esse período de correção não é contabilizado pelo sistema no processo de compras.

6.2.6 Métodos

Esse foi o aspecto mais discutido junto à área cliente, pois foi o maior concentrador de causas de atraso e de aumento de custos e compras. Os itens serão discutidos separadamente, conforme descrição a seguir:

Cadastro: uma das etapas com menor valor agregado de processo, a ficha de cadastro é bastante complexa e exige retrabalho por parte do fornecedor e do comprador responsável, pois há um forte indicador de controle para erros de preenchimento. O sistema não contabiliza a etapas de cadastro de fornecedor no processo, mas o pedido simplesmente não pode ser emitido sem que o fornecedor esteja devidamente cadastrado. Estima-se que apenas 5% dos itens precisem passar por um processo de cadastro, devido a entrada de um fornecedor novo ou

inativo (sem movimentação há mais de um ano). No entanto, não há informações precisas para realização de análises estatísticas.

Homologação de fornecedores: uma das principais fontes de custos são itens de fornecimento exclusivo ou que tem um número muito reduzido de fornecedores homologados, ou seja, capacitados para fornecer o produto com a qualidade exigida. Esse caso é muito comum em itens importados, com distribuidor único ou especialmente desenvolvidos para a empresa, e por isso na maioria dos casos é necessário se ajustar à política do fornecedor, o que representa um desafio de negociação e em geral acarretam problemas com tempo (devido às autorizações especiais de pagamento) e de custo, pois o fornecedor nesses casos geralmente cobra mais devido ao seu monopólio. A base de dados fornecida, entretanto, não destaca os itens importados ou exclusivos, tornando difícil a avaliação estatística do impacto da homologação tanto no tempo quanto no custo.

Pedidos emergenciais: Os pedidos emergenciais podem interferir no processo de forma negativa, pois seu processamento pode gerar atraso no processo de compra de outros itens. Embora seu tempo de emissão estimado esteja abaixo da média devido à urgência, não é possível tirar essa informação da base fornecida pelo sistema, pois não há nenhuma menção à criticidade da compra e não é possível concluir quais itens com tempo de compra abaixo da média são emergenciais ou se todos os pedidos emergenciais tem tempos de emissão abaixo da média. Também não é possível analisar o grau de interferência desses pedidos no processamento das outras requisições em curso.

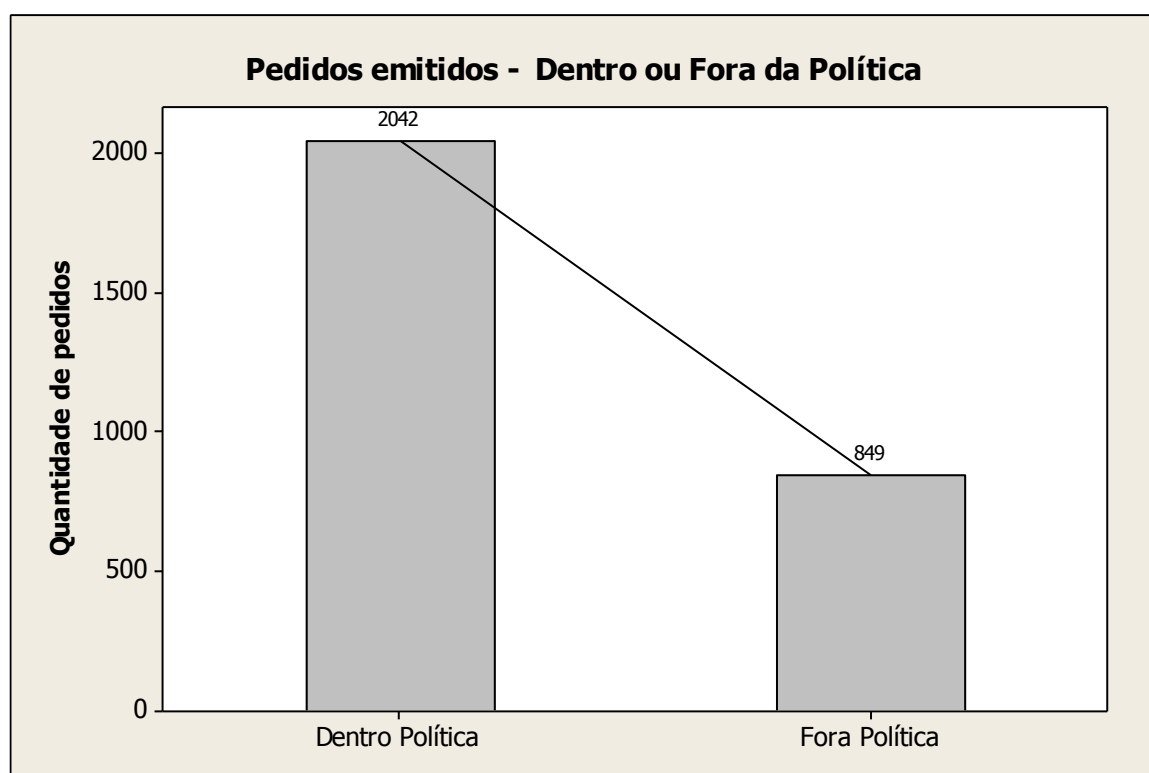
Falta de contrato ou abertura de custos: para os itens de almoxarifado, que são cerca de 14000 (de acordo com a Base A) e apenas um comprador responsável, o tempo de negociação é um limitador claro e, na maioria dos casos, não há contratos que facilitem o processo de compras e, por isso o comprador é obrigado a negociar os itens de forma unitária, ou agrupados em categorias com o mesmo fornecedor. Os fornecedores em geral não abrem os custos, pois as entregas normalmente são pontuais, não permitindo ganhos de escala que possibilitariam diminuição de gastos e do fluxo de trabalho do comprador. Os dados fornecidos, no entanto, não apresentam a informação se o item comprado é objeto de contrato ou não, mas a quantidade de itens de contrato processados em forma de contrato é praticamente nula.

Políticas de compras: a rigidez da política de compras diminui a margem de negociação dos compradores e pode comprometer o tempo do processo caso seja necessária uma autorização especial de pagamento. O custo também sofre acréscimo uma vez que alguns fornecedores aumentam seus preços para atender à condição de pagamento da empresa. Em casos de pedidos urgentes, os compradores podem ser obrigados a negociar com fornecedores

com preço mais elevado porque os que tem preço mais competitivo tem uma condição de pagamento divergente e necessitariam da aprovação especial. Por último, não há um alinhamento em relação a qual diferença de preço o comprador deve considerar nesses casos (aceitar o maior preço devido à condição de pagamento ou comprar o mais barato e pedir a autorização especial).

A base B não apresentava essa informação, no entanto, foi possível acrescentá-la devido a presença do nome do fornecedor. Dessa forma, essa base foi cruzada com uma outra base de compras que fornecia a condição de pagamento de cada fornecedor. A Figura 13 mostra que 29,4% dos pedidos não apresentam uma condição de pagamento compatível com a da Cosmet.

Figura 13 - Pedidos dentro e fora da política



Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

A coincidência entre os percentuais de pedidos fora do prazo (ver 6.1) e fora da política pode levar à conclusão que a política seria uma das principais causas de atraso na emissão dos pedidos. No entanto, de acordo com a Tabela 8, apenas 28% dos pedidos que estão fora do prazo também estão fora da política. Portanto não é possível concluir que a que a condição de pagamento seja uma interferência significativa no processo, pois a base de cruzamento fornece apenas o prazo de pagamento e não verifica o tempo dispendido em aprovações especiais, ou

seja, não se considera o fato que muitas dessas aprovações já são previamente concedidas, seja devido à exclusividade dos itens ou devido a um acordo comercial, e por isso não interferem o fluxo de compras. Os compradores estimam que apenas 10% dos itens fora da política necessitem passar pela aprovação especial.

Tabela 8 - comparação entre tempo de emissão e política

	Dentro Política	Fora Política	Total Geral
Dentro do prazo	1438	609	2047
Fora do prazo	604	240	844
Total Geral			2891

Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

6.3 Identificação da causa-raiz

A partir da análise de cada grupo de causas potenciais (os 6 M's), é possível concluir diferentes grupos de causas:

- 1- Burocracia da Política de compras e cadastro de fornecedores: engloba todos as causas relativas a complexidade de cadastro e da política de pagamento
- 2- Falta de *software* específico para compras: refere-se a todos os problemas relativos ao atual sistema de compras (inflexibilidade, problema na medição de tempos e dificuldade em retirar relatórios)
- 3- Falta de Indicadores de eficiência de processo e de avaliação de performance dos fornecedores: refere-se a todos os indicadores de processo inexistentes ou não divulgados, como o indicador de variação de custo de compras por item, performance dos fornecedores e dos compradores e previsão de reajustes por item ou por categoria.
- 4- Falta de contratos: refere-se a todos os problemas da compra de itens de forma independente, que impede ganhos de escala e distancia a empresa do fornecedor.
- 5- Dificuldade na homologação de novos fornecedores: refere-se aos problemas de homologação e todas as dificuldades enfrentadas principalmente com itens importados ou fornecedores únicos.

A matriz causa-e-efeito (Figura 14) tem como objetivo priorizar cada um dos grupos de causas apontados como conclusão dos diagramas anteriores, de acordo com seu impacto no custo e no tempo do processo de compras, ou seja, avaliar o quanto cada uma dessas causas interferem negativamente no processo, e por último, avaliar qual a dificuldade de eliminá-las ou mitigá-las.

Figura 14 - Matriz causa e efeito

10 - 9 - 8: Forte Correlação		7 - 6 - 5 - 4: Média Correlação		3 - 2 - 1: baixa correlação	
Índice de Importância		10	10		
X's do Processo		KPI 1 (Custo)	KPI 2 (Prazo)	TOTAL	Esforço de Eliminação da Variável de Entrada
1	Burocracia da política e do processo de cadastro de fornecedor	7	10	170	alto
2	Dificuldade de homologar novos fornecedores	7	8	150	alto
3	Falta de um <i>software</i> específico para compras	9	10	190	alto
4	Falta de contratos	8	10	180	baixo
5	Falta de indicador de eficiência dos compradores e previsão de reajustes	8	7	150	baixo

Fonte: elaboração própria, conforme resultados de reuniões de equipe e material disponibilizado

A partir dessa matriz, podemos identificar quais grupos de causas de ineficiência são mais críticos para o processo classificá-los na matriz esforço-impacto, como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Matriz esforço-impacto

ESFORÇO (para atuar sobre os "X's")	ALTO	1- Burocracia da política e do cadastro 2- Software inflexível e não específico 3-Difiuldade na homologação de fornecedores	X's descartados (distância entre atores do processo, estoques baixos, sobrecarga da mão-de-obra)
	BAIXO	4- Falta de contratos	5-falta de indicadores de eficiência e previsão de custos
		ALTO	BAIXO
		IMPACTO (nos requisitos do clientes "Y's")	

Fonte: elaboração própria, conforme resultados de reuniões de equipe e material disponibilizado

De acordo com a duas matrizes anteriores, a ação que permite ganho rápido a um esforço relativamente baixo é a realização de contratos com os fornecedores de itens de almoxarifado. De acordo com a literatura e com as práticas de mercado, a serem discutidas posteriormente no *benchmarking*, as compras com contratos são mais lucrativas para a empresa, pois representam menor custo e melhoria de qualidade porque o fornecedor tende a dar maior prioridade e prestar melhor serviço aos clientes com os quais possui obrigações contratuais.

Os itens referentes a política e a sistemas, que norteiam o processo de compras, apesar de terem grande interferência no processo, não são passíveis a mudanças, pois representam procedimentos de controle globais da empresa e são padronizados em todas as suas filiais. A homologação de fornecedores é um trabalho que já está sendo realizado pelo almoxarifado, mas há uma grande dificuldade, pois as opções de fornecimento são realmente muito específicas e há muita exigência de testes e paralisações, gerando relutância nas áreas produtivas. No que diz respeito a inflexibilidade do *software*, apesar de ser uma das principais fontes de retrabalho, mudanças e readequações de sistemas exigem equipes especializadas e muitas adaptações de interface, e por isso o esforço é considerado alto.

Os indicadores de processo são essenciais para o controle e a manutenção do seu grau de eficiência, e serão discutidos posteriormente na fase de controle. Usar indicadores como critérios de avaliação de fornecedores e funcionários seria uma ação que exigiria aval gerencial e de alto esforço, mas nesse caso os próprios compradores e as áreas clientes fariam amostras de indicadores para alguns processos, avaliando sua efetividade. Nesse caso, o uso dos indicadores seria uma medida de baixo esforço, mas com pouca implicação real no resultado do processo, mesmo sendo essencial para a continuidade das melhorias atingidas.

Portanto, o resultado dessa avaliação preliminar indica que o plano de ação da fase de melhoria deve conter a realização de contratos. No entanto, é necessário avaliar estatisticamente como deve ser feita essa implementação e quais são os itens críticos do processo para os quais a realização do contrato geraria impacto significativos nos dois KPIs estabelecidos (tempo e custo).

6.4 Análise de categorias

As categorias dos itens também podem influenciar de maneira diversa os tempos, pois alguns itens podem ser mais complexos ou ter um mercado mais menos competitivo, conforme mostrou Talluri e Ragatz (2004). Portanto, é necessário classificar os itens do almoxarifado e verificar quais são os que tem maior gasto anual em compra e maior quantidade de pedidos, de forma a influenciar significativamente no resultado atual. Essa análise também tem o objetivo de identificar itens que seriam prioritários para a realização de contratos.

6.4.1 Classificação de itens – formação de categorias – Base A

A Base A é uma lista de descrição e categorização de itens. Cada um desses itens tem um código que é utilizado na requisição e no pedido de compra, como forma de identificação. Essa planilha não representa posições de estoque ou resultados de compra, é simplesmente uma consolidação de códigos e descrição de itens que devem ser usados na ocasião da compra. A análise dessa lista tem como objetivo avaliar quais as categorias predominantes nessa identificação, e posteriormente compará-las com o resultado da análise de pedidos e de gasto em compra de cada categoria.

A Tabela 9 resume toda a categorização do almoxarifado. Observa-se a predominância de componentes de máquinas de embalagem e de vedações. Quanto às outras famílias, destaca-se a quantidade de chaves, botoeiras e EPIs (Equipamentos de Proteção Individual).

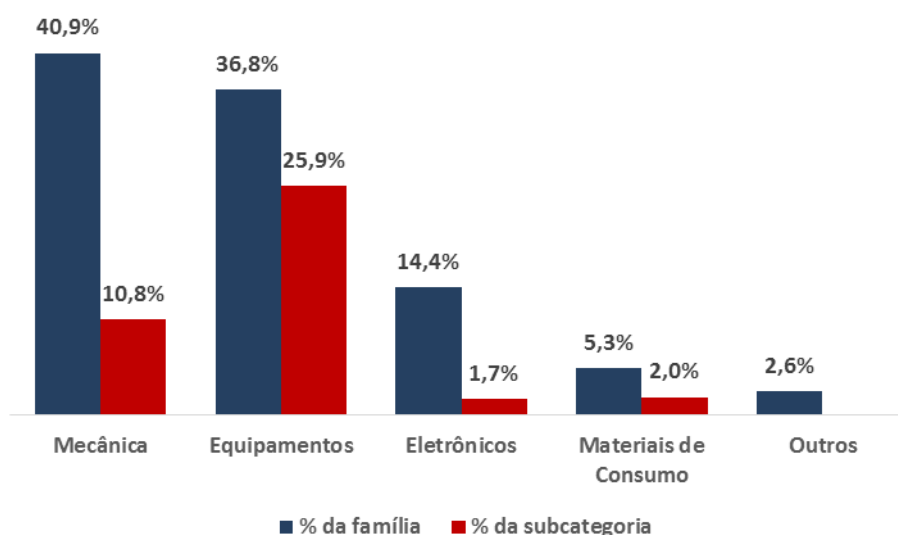
Tabela 9 - Resumo da classificação dos itens

Família	% da família	Subcategoria principal	% da subcategoria
Mecânica	40,93%	Vedações	10,78%
Equipamentos Industriais	36,85%	Componentes de máquinas	25,86%
Eletrônicos	14,37%	Chaves e botoeiras	1,75%
Materiais de Consumo	5,26%	EPIs	1,95%
Outros	2,59%	-	-

Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

De acordo com a lista de descrição dos itens de almoxarifado, cerca de 80% dos itens são itens de mecânica ou componentes dos equipamentos industriais, conforme mostra a Figura 16.

Figura 16 – Gráfico da classificação dos itens de almoxarifado



Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

Essa classificação, embora não seja efetiva, pois representa simplesmente o catálogo dos itens cadastrados, não o seu consumo real, deve nortear os próximos passos da análise, que deve avaliar o gasto anual com a compra e o tempo de emissão por categoria.

6.4.2 Análise de categorias – identificação de categorias críticas –Base B

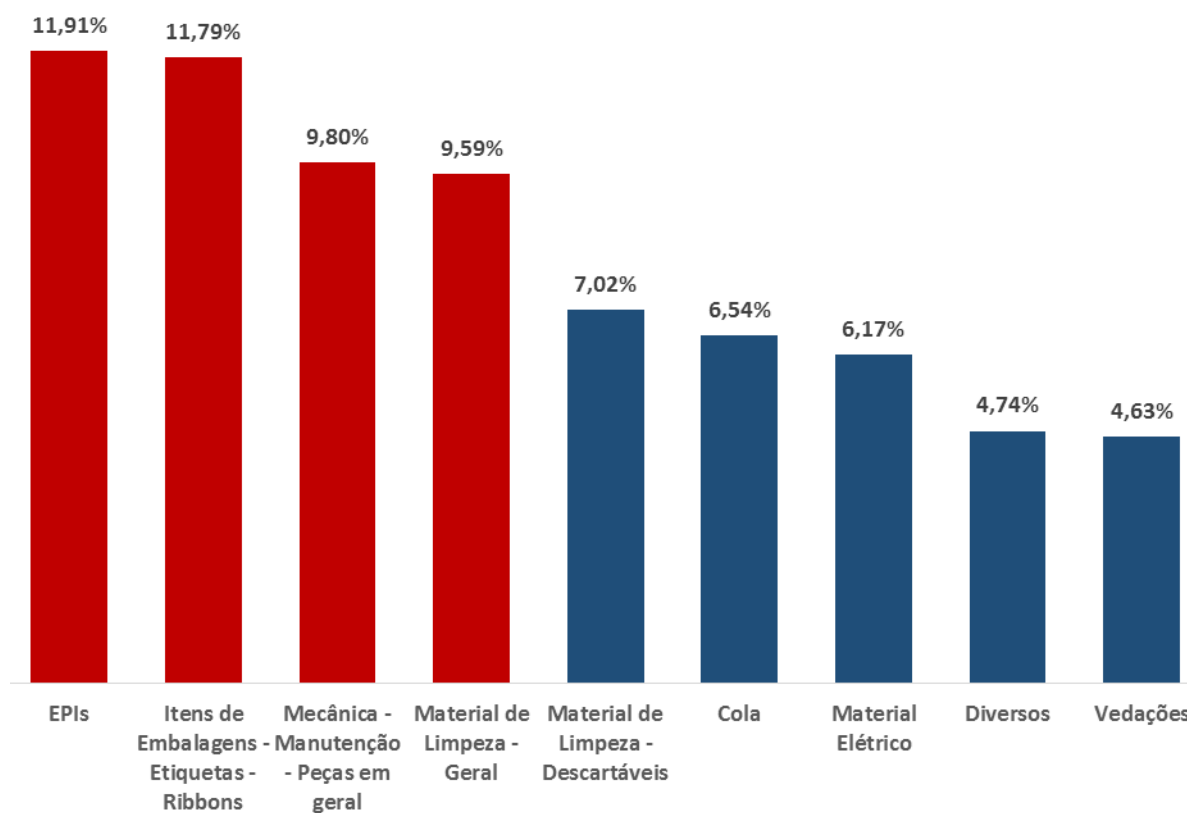
Essa análise avalia quais categorias são mais representativas em termos de custo anual e de quantidade anual de pedidos. A Base B usada nesta análise é oriunda do sistema de compras.

A Figura 17 apresenta o gasto anual por categoria de itens. Observa-se que os itens que tem maior gasto são EPI e itens de embalagem, devido ao grande volume de caixas resultantes da venda direta, pois cada revendedora deve receber uma caixa (essa caixa contém etiquetas e rótulos diferentes segundo sua origem e destino) e da troca constante de equipamentos de proteção individual devido às exigências sanitárias da produção de cosméticos.

Os itens de manutenção, principalmente componentes de equipamentos, e os materiais de limpeza, compostos principalmente por produtos usados na limpeza de máquinas, também representam um percentual significativo no custo, pois são itens de alto valor agregado.

Nesse gráfico também é possível perceber que as categorias criadas na ocasião da reclassificação como cola, apesar de pouco significativa em relação à quantidade (menos de 2% dos itens) representam um percentual significativo dos gastos.

Figura 17 - Gráfico do gasto anual por categoria (em %)

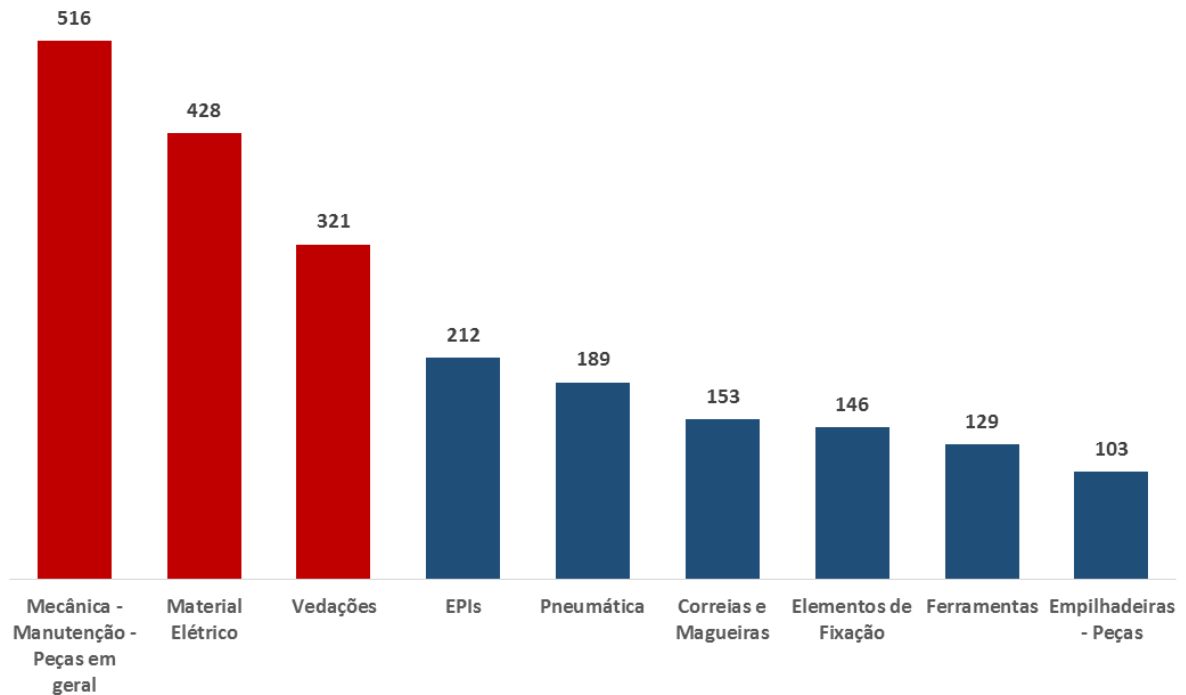


Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

O gráfico da Figura 18 mostra a quantidade de pedidos por categoria no período analisado. Observa-se que, ao contrário do gráfico dos gastos, em que os EPIs e itens de embalagem aparecem em destaque, há um maior fluxo de pedidos para materiais elétricos e itens de manutenção (peças de manutenção também aparecem em destaque no gráfico de gastos).

É importante ressaltar que os itens de manutenção e material elétrico são as categorias dominantes em quantidades de itens, conforme mostrado na análise do catálogo do almoxarifado (ver 6.4.1); e as vedações, a categoria de maior quantidade de itens, que também aparece em destaque na Figura 18.

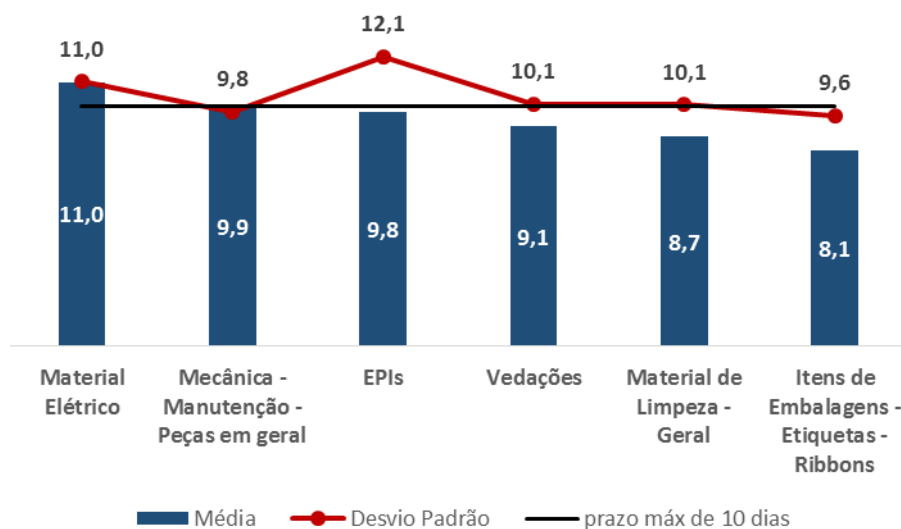
Figura 18 - Gráfico da quantidade anual de pedidos



Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

O gráfico da Figura 19, por sua vez, mostra a média e o desvio padrão do tempo de emissão do pedido para as categorias que mais se destacaram nos gráficos anteriores. O EPI é a categoria com maior desvio padrão, enquanto o material elétrico tem a maior média. Observa-se que esse gráfico é mais significativo para as categorias que se destacaram em termos de quantidade de pedidos, pois nos casos como os dos materiais de limpeza, por exemplo, que se destacaram em termos de gasto mas tem pouquíssimos pedidos emitidos, não há impacto significativo em termos de tempo de processamento, mesmo que a média e o desvio padrão do tempo de emissão sejam significativos.

Figura 19 - Gráfico da média e desvio padrão do tempo de emissão por categoria – base anual (em dias)



Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

Como resultado final da análise, conclui-se que as categorias críticas são: Peças de Manutenção, Materiais Elétricos, Vedações, EPIs e Itens de embalagem. Observa-se que esses itens, com exceção dos de embalagem, também foram destacados na planilha de classificação, ou seja, os itens críticos são os mais representativos em número de itens, quantidade de pedidos e gastos anuais, além de terem tempo de emissão relevantes, o que significa um alto impacto na eficiência do processo de compras.

No entanto, cada uma dessas categorias tem características diferentes que precisam ser analisadas, pois cada uma exige diferentes estratégias de abordagens:

Itens de manutenção, Materiais Elétricos e Vedações: categorias críticas em termos de gastos e quantidade de pedidos. Grande volume e diversidade de itens (com exceção das vedações, que apresentam basicamente anéis de diferentes diâmetros), envolvendo desde *commodities* até materiais específicos que necessitam de homologação, componentes de máquinas e peças importadas.

EPIs e itens de embalagem: materiais de alto giro, portanto críticos em relação a gasto e quantidade de pedidos (principalmente os EPIs). Menor variedade de itens, sendo a maioria *commodities*, com grande variedade de fornecedores. Os EPIs tem alguns itens (principalmente calçados) com marcas restritas devido a necessidades ergonômicas, enquanto os itens de

embalagens, apesar do alto giro, não apresentam grandes quantidade de pedidos por ano porque em geral são comprados em grande quantidade.

Outros materiais podem ser incluídos nessas duas classificações principais. Os pneumáticos e ferramentas apresentam características semelhantes aos itens e manutenção e materiais elétricos, pois muitos representam componentes de máquinas e peças específicas e alguns itens são *commodities*.

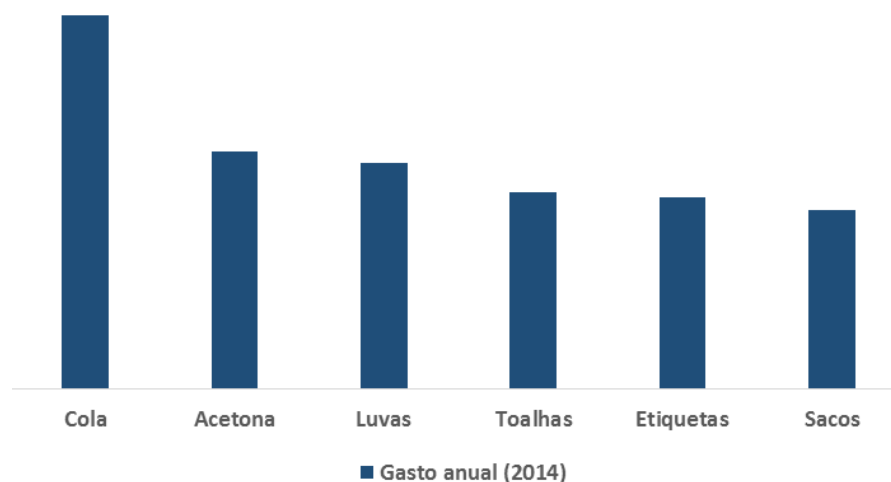
Itens como cola e elementos de fixação tem características semelhantes aos EPIs e itens de embalagem, pois são categorias com pouca diversidade de itens e grande maioria de *commodities*, mas com um giro menor (com exceção da cola que tem um giro tão alto como os EPIs, mas tem menor representatividade no gráfico devido a menor quantidade de itens).

6.4.3 Análise da composição das categorias críticas – Base C

As categorias críticas destacadas seriam prioritárias na realização de contratos, pois tem alto impacto no tempo de emissão e alta influência no custo e na quantidade de pedidos, por isso faz-se necessário avaliar o impacto dos itens mais significativos dentre cada uma dessas categorias.

Essa análise foi realizada considerando a saída de estoque dos itens críticos em 2014, com base nos gastos anuais, mas não a quantidade de itens. A Figura 20 mostra um Pareto dos itens mais importantes quanto aos gastos de acordo com a base do almoxarifado (Base C), que são basicamente materiais de consumo utilizados diariamente na fábrica. Observa-se uma certa coerência do resultado com a base do sistema de compras, principalmente considerando que a acetona é um dos produtos usados na limpeza de máquina e que a cola também se mostrou influente no custo na análise anterior.

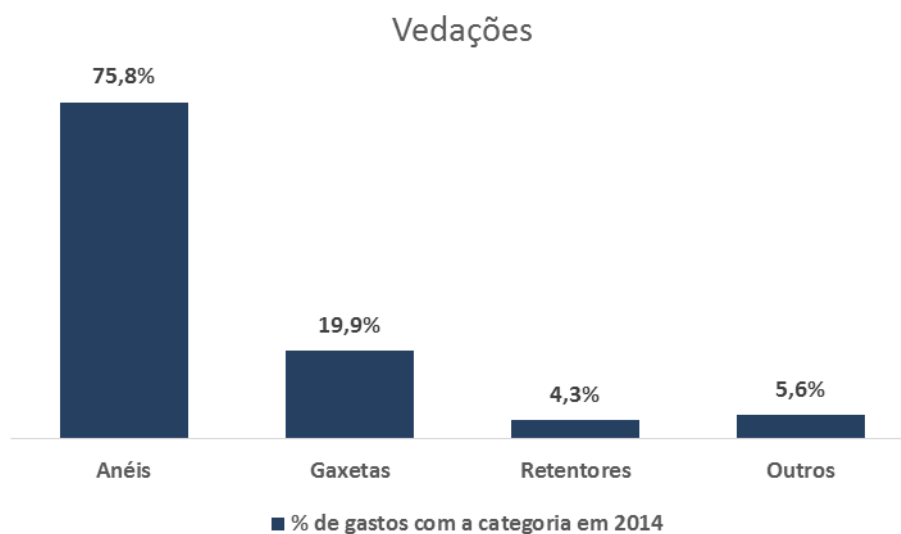
Figura 20 – itens de maior giro - em base de gastos/valores propositalmente omitidos



Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

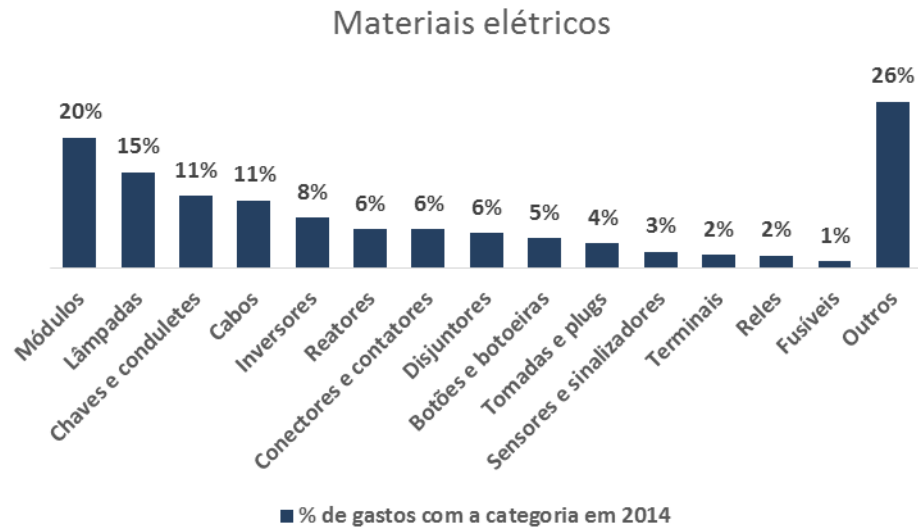
Os gráficos seguintes consideram o giro anual dos itens de acordo com seu gasto anual, para cada uma das categorias críticas, ou seja, o valor de compra do item consumido (os valores estão em porcentagem para evitar a divulgação). A Figura 21 até a Figura 24 consideram os gráficos de giro para as categorias críticas analisadas, exceto itens de manutenção, que na Base C apresentam uma classificação diversa e por isso não puderam ser contemplados.

Figura 21 - Giro anual vedações (em % de gastos)



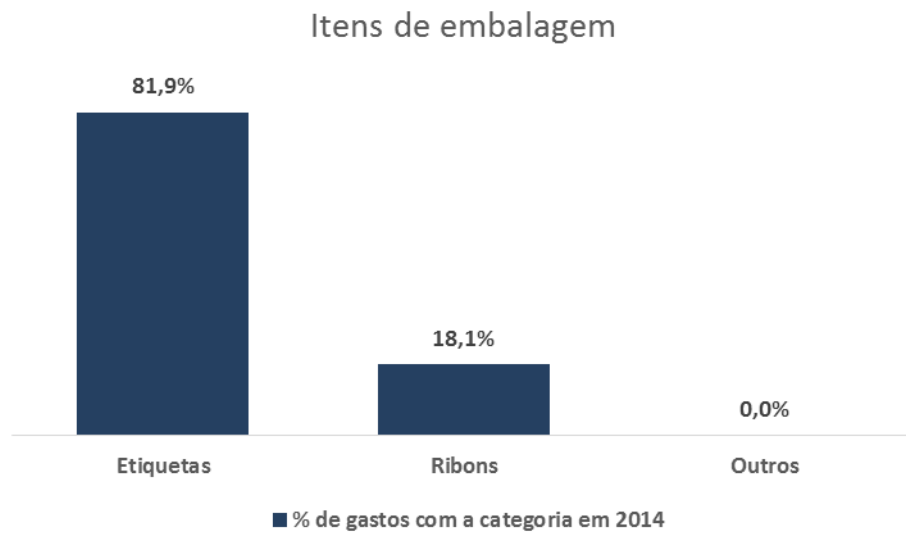
Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

Figura 22 - Giro anual materiais elétricos (em % de gastos)



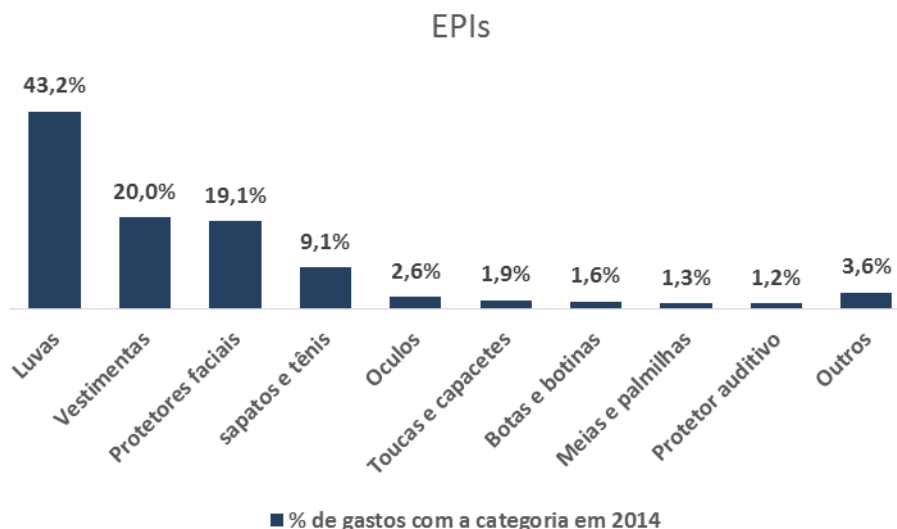
Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

Figura 23 - Giro anual itens de embalagem (em % de gastos)



Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

Figura 24 - Giro anual EPIs (em % de gastos)



Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

Os gráficos permitem concluir que, com exceção dos materiais elétricos e de manutenção, as demais categorias críticas apresentam uma pequena quantidade de itens com um percentual muito significativo de gastos (anéis para vedações, etiquetas para embalagens e luvas para EPIs). Os anéis de vedação devem ser constantemente trocados pois, devido ao objetivo de conexão de tubos, podem contaminar o produto com os resíduos do seu desgaste. As etiquetas apresentam um grande volume de saída pois elas servem de rótulos para caixas de todos os produtos acabados. Quanto às luvas, a fábrica conta com milhares de funcionários na produção e as luvas descartáveis devem ser trocadas diariamente.

Quanto aos materiais elétricos e de manutenção, são categorias que apresentam grande variedade de itens e boa parte do seu giro vem de atividades de manutenção corretiva ou preventiva, não de desgaste ou uso rotineiro, como ocorre nas outras categorias analisadas. No caso dos materiais elétricos, por exemplo, cerca de 90% do custo dos módulos (item com maior gasto de acordo com o gráfico de giro), deve-se à compra de um único item de alto valor. Portanto, a análise de giro em termos de gasto é pouco efetiva para essas duas categorias.

6.5 Conclusão da análise estatística

As análises estatísticas são pouco conclusivas a respeito das características do processo, pois não há informações precisas das etapas intermediárias. De acordo com o VSM (ver 5.), é possível notar que o grande vetor de atrasos do processo é o fato dos itens serem cotados

individualmente ou em pequenos grupos, não permitindo economia de escala e de escopo. Essa característica não só acarreta em um custo de compra mais elevado como também gera grande ineficiência no processo.

Uma das alternativas para diminuir o tratamento individual seria viabilizar contratos para as categorias críticas analisadas anteriormente, que representam maior giro e maior volume de gastos, diminuindo assim significativamente o tempo de emissão e o custo de compra.

Ao chegar a essa conclusão, a Cosmet, visando avaliar as possíveis alternativas para diminuir essa ineficiência, decidiu realizar um *benchmarking*.

6.6 Benchmarking

O *benchmarking* foi realizado com uma visita a uma grande empresa do setor químico especializada na produção de fertilizantes, aqui chamada pelo nome fantasia de Fert. A equipe de compras da Fert apresentou os processos e as diferentes estratégias de compras utilizadas para projetos de engenharia e itens de almoxarifado.

A empresa enfatizou o ganho de eficiência e economia de escala referente ao uso de contratos. Em dois anos, a Fert aumentou de 44 para 56% o percentual de itens de almoxarifado fornecidos através de contratos, o que atestou uma economia de cerca de 25% no custo das compras desses itens. A empresa também conta com sistemas bem estruturados e uma categorização precisa e uniforme em todos os seus sistemas, que permite que os itens já negociados por contrato sejam pedidos diretamente da área cliente para o fornecedor, de acordo com as quantidades e os níveis de serviço acertados em negociação prévia realizada pela equipe de compras. A área de compras conta com uma equipe especializada em contratos, que gerencia os contratos atuais e verifica novas oportunidades. O objetivo da equipe no próximo ano é viabilizar o fornecimento de até 80% dos itens de almoxarifado através de contratos.

A Tabela 10 resume o comparativo entre as duas empresas:

Tabela 10 - Comparação entre Cosmet e Fert

Aspectos considerados	Cosmet	Fert
Percentual de itens MRO comprados por contratos	0	56
Classificação uniforme de itens	Não	Sim
Equipe especializada na gerência de contratos	Não	Sim
Objetivo de melhoria nos próximos anos	Reduzir em até 10% o tempo de compras de itens MRO sem aumento de custo	Ter 80% dos itens fornecidos através de contratos

Fonte: elaboração própria, conforme dados da visita

7. ETAPA I – IMPLEMENTAÇÃO DA MELHORIA

Após o *benchmarking* e as análises estatísticas, a Cosmet concluiu que a estratégia para obter ganhos mais rápidos de eficiência é fazer contratos com entregas programadas para os principais itens de almoxarifado. A efetuação de contratos pode ser feita através de melhoria de relacionamento com os atuais fornecedores ou através de grandes processos de concorrência, em que novos fornecedores são convidados a oferecer melhores soluções a menor custo. A busca de melhoria de relacionamento é uma estratégia mais comum para materiais de alto valor agregado e estratégicos, com pouca competitividade. No caso desse trabalho, serão abordados os contratos de itens *commodities* em que podem ser realizados grandes processos de concorrência baseados em preços, como leilões reversos.

O plano de ação a ser implementado apresenta também interfaces com estruturas de suporte de TI para melhoria do sistema de compras e de outras áreas internas da empresa, que também realizam outros projetos Seis Sigma em paralelo, como por exemplo mudanças em processos produtivos que permitam o uso de um item reciclado ou de maior competitividade no mercado, impactando o poder de negociação da área de compras.

A área de compras também estudou outras hipóteses de melhoria de processo, como o uso de cartões corporativos para pedidos urgentes ou um contrato com um grande fornecedor de itens de MRO que pudesse ficar alocado na fábrica da Cosmet ou fazer entregas diárias. Essas hipóteses não serão detalhadas nesse trabalho pois não representam o escopo de trabalho realizado pela autora e, além disso, o estudo de implementação envolve informações estratégicas de TI ou questões internas da Cosmet não passíveis a divulgação.

Neste trabalho, busca-se estabelecer um leilão combinatório como estratégia de concorrência para o estabelecimento dos contratos com entregas programadas. Algumas suposições e preços serão usadas para simplificação e realização do leilão piloto. O formato de contratação, ocorrido em âmbito real na empresa, foi conduzido de forma diferente, mas com o mesmo objetivo de diminuir o tempo de emissão de pedidos e reduzir os custos.

A implementação do leilão combinatório se deu através de três passos principais: (1) Determinação da categoria prioritária, (2) Análise dos itens prioritários da categoria escolhida, (3) Implementação do leilão

7.1 Determinação da categoria prioritária

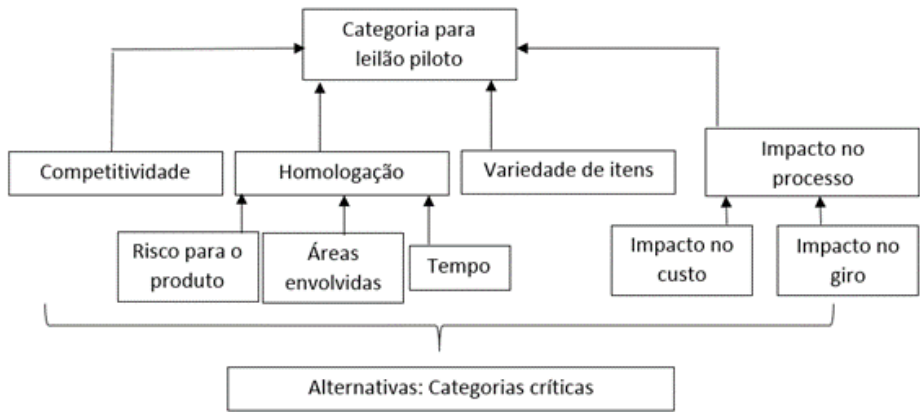
A análise de categorias realizada tem como objetivo avaliar o impacto de cada uma das categorias no tempo de emissão de pedidos. Uma vez determinada a estratégia de estabelecimento de contratos, entretanto, é necessário avaliar qual dessas categorias apresenta maior criticidade e maior facilidade para implementação do contrato, de forma a priorizar uma categoria para o leilão piloto.

Foram estabelecidos alguns critérios para a priorização da categoria para contratação:

- 1- Facilidade de homologação: a homologação pode ser definida como a validação dos novos materiais fornecidos. Essa validação deve ocorrer por meio de testes dos novos itens oferecidos sob as mesmas condições de uso dos materiais atuais. A categoria escolhida deve envolver o mínimo de tempo e complexidade possível em termos de paradas programadas para teste, quantidade de áreas envolvidas, assim como o menor risco ao maquinário e ao produto. Portanto, esse critério pode ser subdividido em 3 subcritérios principais: (1) Tempo, devido à necessidade de parada de máquina ou teste dos novos materiais; (2) Áreas envolvidas, de acordo com o grau de impacto do item na produção; (3) Risco para o produto, caso o item entre em contato direto ou indireto com o produto, oferecendo algum risco de contaminação
- 2- Alta competitividade no mercado: a realização de um leilão exige a participação de muitos fornecedores
- 3- Alto impacto no custo e no giro: a categoria deve ter alta representatividade nos gastos e no giro para impactar ao máximo no ganho de eficiência
- 4- Baixa variedade entre os itens da mesma categoria: quanto maior a semelhança entre as famílias de itens da categoria, maior a possibilidade de ganho de escala e de escopo com a realização de um leilão combinatório.

A estrutura do AHP, de acordo com Costa Neto (2007), pode ser vista na Figura 25. O objetivo dessa priorização é escolher uma categoria para realizar o leilão piloto. As categorias candidatas são aquelas consideradas críticas na análise anterior (EPIs, Itens de Embalagem, Itens de Manutenção, Materiais Elétricos e Vedações).

Figura 25 - Estrutura AHP de priorização



Fonte: elaboração própria, baseado em COSTA NETO (2007)

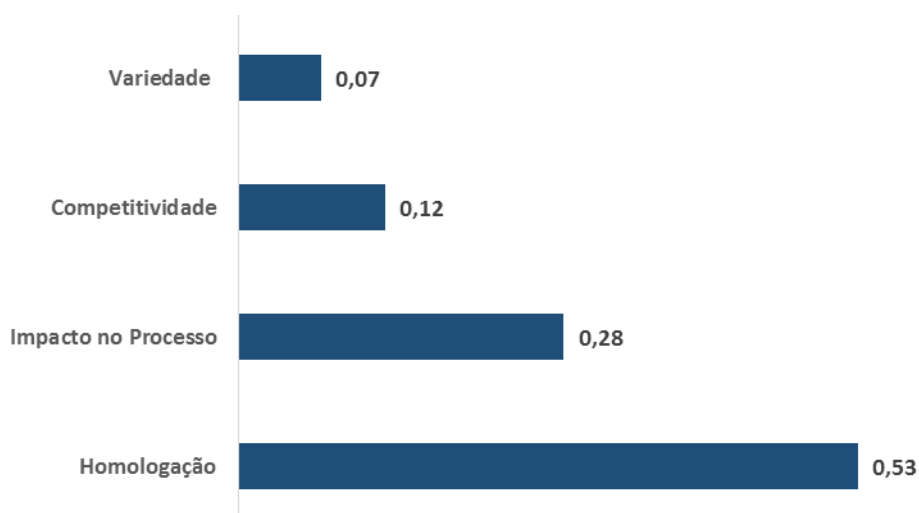
A Tabela 11 mostra a ponderação entre os critérios citados e o gráfico da Figura 26 mostra a importância relativa entre eles, ou seja, o peso de cada critério.

Tabela 11 - Importância relativa entre os critérios

	Homologação	Impacto no processo	Competitividade	Variedade entre itens
Homologação	1:1	3:1	5:1	5:1
Impacto no processo	1:3	1:1	4:1	4:1
Competitividade	1:5	1:4	1:1	3:1
Variedade entre itens	1:5	1:4	1:3	1:1

Fonte: elaboração própria, baseado em COSTA NETO (2007)

Figura 26 - Peso de cada critério



Fonte: elaboração própria, baseado em FARIA (2011)

O critério mais importante é a facilidade de homologação, pois o objetivo desse leilão é a obtenção de lucros rápidos, e o processo de homologação não deve ser longo ou dispendioso. Além disso, é imprescindível evitar ao máximo a parada de máquinas ou possíveis riscos à integridade dos equipamentos e dos produtos. O alto impacto no custo e no giro seria o segundo critério mais importante, pois essa é uma garantia de ganho rápido de eficiência. A competitividade no mercado e a baixa variedade entre as famílias de itens seriam menos importantes pois estão associados às características dos leilões reversos combinatórios estabelecidas na literatura (JAP, 2002; TALLURI; RAGATZ, 2004), mas não representariam um risco aos produtos e máquinas e nem afetam diretamente o objetivo do projeto (melhorar a eficiência do processo de compras). No entanto, a competitividade do mercado está diretamente associada à quantidade de potenciais fornecedores, enquanto a variedade entre itens é uma condição que pode ser corrigida através da seleção de alguns itens de maior giro e menos específicos, o que justifica a maior importância dada à competitividade.

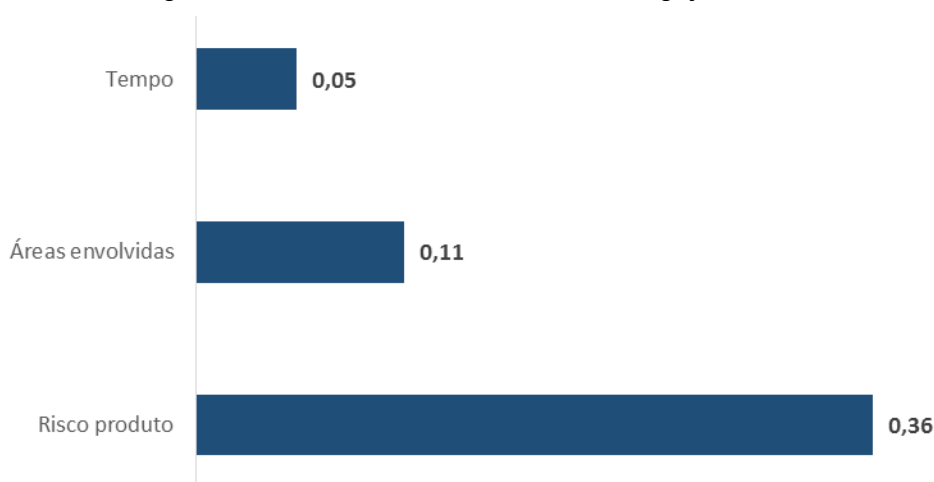
Realizando o mesmo procedimento para os subcritérios da Homologação (critério mais importante), a Tabela 12 mostra a ponderação entre os subcritérios enquanto a Figura 27 mostra a importância relativa entre eles. O risco para o produto representa o subcritério mais importante, pois reflete diretamente na qualidade no produto e pode prejudicar a imagem da empresa frente aos seus clientes. Os subcritérios de impacto no processo (custo e giro), são considerados igualmente importantes para o impacto no processo.

Tabela 12 - Importância relativa entre os subcritérios de homologação

	Risco produto	Áreas envolvidas	Tempo
Risco produto	1:1	5:1	5:1
Áreas envolvidas	1:5	1:1	3:1
Tempo	1:5	1:3	1:1

Fonte: elaboração própria, baseado em COSTA NETO (2007)

Figura 27 - Pesos de cada subcritério de homologação



Fonte: elaboração própria, baseado em FARIA (2011)

A Tabela 13 estabelece notas para os diferentes critérios considerados. Portanto para cada categoria, o critério será de 1 para o aspecto mais negativo e de 6 para o aspecto mais positivo, de forma que ao final seja escolhida a categoria com nota mais alta. Por exemplo, quanto maior o risco para a homologação dos itens, maior a dificuldade de realização do leilão, portanto o risco da homologação vai de alto a baixo. A competitividade no mercado por sua vez, quanto maior, mais alavanca possibilidades de mercado, portanto varia de baixa a alta. O impacto no processo, avaliado através do custo e do giro, é alto para todas as categorias analisadas, pois todas são consideradas críticas, mas o impacto pode ser menor ou maior para cada categoria, como mostraram as análises estatísticas realizadas.

Tabela 13 - Estabelecimento de margem de notas

Nota	Risco para o produto	Áreas envolvidas	Tempo	Competitividade no mercado	Impacto no processo	Variedade entre itens
1	Alto risco	4 ou mais	5 meses	Baixa	Menor	Alta
2			ou mais	competitividade	impacto	variedade
3	Médio risco	3	3 a 5	Médio	Médio	Média
4			meses	competitividade	impacto	variedade
5	Baixo risco	1 ou 2	Até 3	Alta	Maior	Baixa
6			meses	competitividade	impacto	variedade

Fonte: elaboração própria

A Tabela 14 estabelece as notas de para cada categoria crítica de acordo com os aspectos analisados e os pesos estabelecidos nas tabelas anteriores.

Tabela 14 - notas por categoria

Critérios	Peso	EPIs	Vedações	Embalagem	Mat elétrico	Mat Manut
		Nota	Nota	Nota	Nota	Nota
Risco produto	0,362	6	2	5	4	3
Áreas envolvidas	0,112	6	2	4	3	2
Tempo	0,054	5	2	4	3	3
Competitividade	0,125	5	3	3	4	4
Impacto no custo	0,140	6	2	5	3	4
Impacto no giro	0,140	3	4	2	5	6
Variedade entre itens	0,070	3	6	6	1	1
Média ponderada		0,868	0,448	0,708	0,606	0,573

Fonte: elaboração própria

Os EPIs são, portanto, a categoria escolhida para realização de um projeto piloto de leilão, pois os itens além de serem altamente impactantes nos gastos e na quantidade de pedido, tem pouca variação na categoria em relação aos materiais elétricos e de manutenção, e maior

competitividade de mercado e facilidade de homologação se comparados às vedações e etiquetas.

A homologação dos EPIs é extremamente simples comparada às de vedações, etiquetas e partes de equipamentos. O teste dos EPIs consiste em pedir amostras para o fornecedor e coloca-los em uso na linha de produção por cerca de uma semana ou um mês. Ao final do período os usuários e chefes de produção opinam sobre a qualidade dos materiais testados.

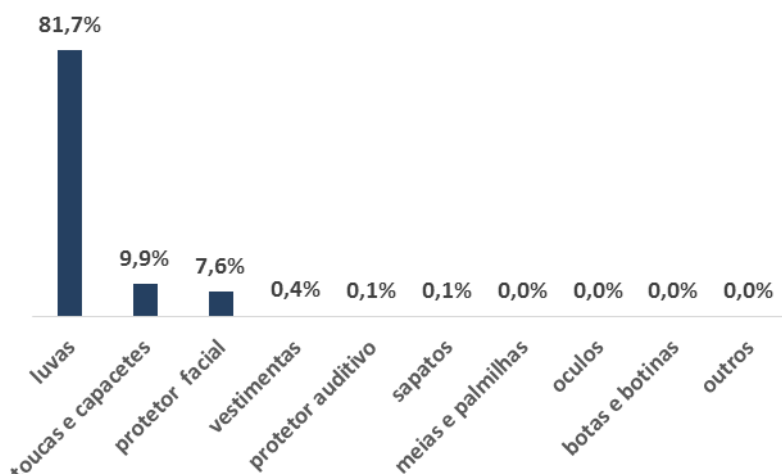
A homologação das vedações, por sua vez, é muito mais complexa, pois este material entra em contato direto com os produtos que passam pelas tubulações. Portanto, o teste de vedações de má qualidade poderia contaminar os produtos e, mesmo sendo aprovados, demandaria muito esforço do departamento de qualidade e custo de parada de máquinas. Quanto às etiquetas, o grande problema é o escopo de atuação do atual fornecedor, que fornece não só as etiquetas e tintas como as máquinas de impressão e sua manutenção. Por isso, a substituição do fornecimento desses produtos exigiria uma homologação muito mais complexa que o simples teste de uma etiqueta ou de uma tinta. Essas duas categorias, portanto, caracterizam-se como de baixa competitividade pois seu escopo de trabalho exige fornecedores com alta qualificação e os seus testes envolvem muitas áreas da produção, exigindo tempo e envolvendo muitos riscos.

Os materiais elétricos e sobretudo os de manutenção, conforme discutido nas análises, apresentam alta variedade dentro da categoria, variando desde itens importados de alto valor agregado até *commodities*. Portanto, dificilmente seria viável estabelecer um contrato para toda a categoria através de um leilão ou um processo de concorrência comum. No caso dos materiais elétricos, que tem maior quantidade de *commodities*, é possível selecionar alguns itens para um processo de concorrência, mas como a sua compra está associada a manutenções corretivas, é difícil estabelecer um cronograma de entregas programadas ou uma previsão de demanda adequada, como é possível fazer nos EPIs e itens de embalagem. Quanto à homologação, haveria uma grande demanda de tempo devido à grande variedade de itens, e a consequente quantidade de equipes internas envolvidas.

7.2 Análise dos principais itens da categoria escolhida

A Figura 24 (ver 6.4.3) e a Figura 28 mostram o giro dos EPIs por gastos e por quantidade, respectivamente. Nos dois gráficos, as luvas se sobressaem como o material mais consumido e com maior percentual de gasto por ano. As vestimentas, apesar de serem mais significativas em gastos, pois são mais caras, tem menor consumo em volume se comparado a toucas e protetores faciais (máscaras e protetores de barba), que são itens descartáveis. Portanto esses constituem os principais itens da categoria e devem ser utilizados para o leilão piloto. A informação do giro por quantidade de itens teve origem em uma base derivada da Base C, que é composta pelo giro com base nos gastos.

Figura 28 - Giro anual de EPIs por quantidade (em %)



Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

O total itens da categoria é de 200. No processo de concorrência realizado na empresa todos foram incluídos, com raras exceções, mas para o âmbito desse trabalho e devido a limitações computacionais, foram escolhidos treze itens principais dentre os mais representativos por quantidade (com consumo superior a mil por ano).

A Tabela 15 mostra quais são os itens escolhidos para a realização do leilão piloto.

Tabela 15 - EPIs selecionados para leilão

Item	Descrição	Pacotes
1	Luva descartável P	Pacote 1
2	Luva descartável M	
3	Luva descartável G	
4	Macacão M	Pacote 2
5	Macacão G	
6	Macacão GG	
7	Macacão XGG	
8	Respirador	Pacote 3
9	Protetor de barba	
10	Máscara	
11	Máscara com válvula	
12	Touca descartável azul	Pacote 4
13	Touca descartável branca	

Fonte: elaboração própria, conforme dados da empresa

No âmbito do leilão combinatório é importante pensar em agregar escopo aos itens cotados. Por isso, a Tabela 15 já separa os itens de acordo com os pacotes a serem montados para a cotação. No caso do leilão piloto, para facilitar o entendimento, cada família de item representa um pacote. Na ocasião da implementação real, outros itens podem ser agregados a esses pacotes ou formar outros, como por exemplo o de sapatos, protetores auriculares e óculos. Itens de famílias diferentes também poderiam formar pacotes de acordo com o tipo de entrega a ser programada e a produção de cada item. Essa formação, no entanto, deve ser validada com os próprios fornecedores fabricantes, que podem enxergar ganhos logísticos ou processuais diferentes na fabricação ou na entrega desses materiais.

7.3 Implementação do leilão

7.3.1 Seleção de fornecedores para participação

A concorrência do processo foi conduzida pela mesma empresa de *outsourcing* que trata os atuais processos de compra para a Cosmet, portanto, a maioria dos fornecedores convidados já são cadastrados na Cosmet, mas não tem nenhuma obrigação contratual nas suas entregas à empresa, pois participam apenas de compras individuais, de acordo com o atual processamento de requisições discutido ao longo do trabalho.

No caso desse projeto, entretanto, o objetivo é fechar um contrato anual para fornecimento dos materiais cotados através de entregas programadas pelo almoxarifado de acordo com a demanda. Dessa forma, a Cosmet garante a entrega dos produtos e evita o aumento de estoque que ocorreria se fossem comprados grandes lotes. O fornecedor vitorioso deve ter, portanto, disponibilidade logística para entrega e faturamento de pequenos lotes de materiais e ao mesmo tempo capacidade produtiva para atender a demanda anual. Todos os fornecedores convidados devem estar devidamente cientes que o objetivo é um contrato e não uma entrega anual de um grande lote, pois isso impacta não só na logística do processo, como no preço ofertado.

7.3.2 Aspectos da implementação

A realização de um leilão exige determinados procedimentos diferentes dos utilizados em um processo de concorrência comum. No caso deste trabalho, o processo piloto seria como um leilão fechado de primeiro preço, em que a única diferença em relação a um processo de concorrência comum seria que os fornecedores enviariam propostas diferentes para os itens combinados.

A condução real de um processo de leilão online, no entanto, exige regras para o fechamento do processo e o nível de visibilidade dado ao fornecedor participante. Nesses aspectos, o fornecedor precisaria ser treinado na plataforma para que a submissão das suas propostas fosse realizada com sucesso, saber exatamente até quando as propostas devem ser submetidas e se eles teriam algum grau de conhecimento das propostas dos concorrentes (JAP, 2002; GIACON, 2012). A Cosmet, nesse caso, também preferiria o uso de um leilão fechado e com uma regra de fechamento pouco rígida de forma a evitar que algum participante pudesse invalidar o processo retirando a margem e pressionando os concorrentes ou submetendo nos últimos instantes uma proposta com uma diferença irrisória em relação ao primeiro colocado, garantindo assim sua vitória no processo.

7.3.3 Modelagem do leilão

O objetivo da modelagem é, através das propostas enviadas, verificar diversos cenários e determinar a condição ótima em relação a custo com a menor quantidade possível de

fornecedores, para facilitar a gestão de contratos e deixá-los mais robustos em termos de valor e SLA (*Service Level Agreement*).

Da Tabela 16 a Tabela 22, é mostrada a alocação de itens por cada fornecedor. As propostas contemplam itens individuais e pacotes:

Tabela 16 - Alocação de propostas do fornecedor 1

F1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
I1	1													1			
I2		1												1			
I3			1											1			
I4				1											1		
I5					1										1		
I6						1									1		
I7							1								1		
I8								1								1	
I9									1							1	
I10										1						1	
I11											1					1	
I12												1					1
I13													1				1

Fonte: elaboração própria

Tabela 17 - Alocação de propostas do fornecedor 2

F2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
I1																	
I2																	
I3																	
I4				1											1		
I5					1										1		
I6						1									1		
I7							1								1		
I8																	
I9									1							1	
I10										1						1	
I11																	
I12												1					1
I13													1				1

Fonte: elaboração própria

Tabela 18 - Alocação de propostas do fornecedor 3

F3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
I1	1													1			
I2		1												1			
I3			1											1			
I4				1											1		
I5					1										1		
I6						1									1		
I7							1								1		
I8								1								1	
I9									1							1	
I10										1						1	
I11											1					1	
I12												1					1
I13													1				1

Fonte: elaboração própria

Tabela 19 - Alocação de propostas do fornecedor 4

F4	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
I1																	
I2																	
I3																	
I4				1											1		
I5					1										1		
I6						1									1		
I7							1								1		
I8								1								1	
I9									1							1	
I10										1						1	
I11											1					1	
I12												1					1
I13													1				1

Fonte: elaboração própria

Tabela 20 - Alocação de propostas do fornecedor 5

F5	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
I1	1													1			
I2		1												1			
I3			1											1			
I4				1											1		
I5					1										1		
I6						1									1		
I7							1								1		
I8								1								1	
I9																	
I10																	
I11											1					1	
I12																	
I13																	

Fonte: elaboração própria

Tabela 21 - Alocação de propostas do fornecedor 6

F6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
I1	1													1			
I2		1												1			
I3			1											1			
I4				1											1		
I5					1										1		
I6						1									1		
I7							1								1		
I8																	
I9									1							1	
I10										1						1	
I11											1					1	
I12												1					1
I13													1				1

Fonte: elaboração própria

Tabela 22 - Alocação de propostas do fornecedor 7

F7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
I1	1													1			
I2		1												1			
I3			1											1			
I4				1											1		
I5					1										1		
I6						1									1		
I7							1								1		
I8								1								1	
I9									1							1	
I10										1						1	
I11											1					1	
I12												1					1
I13													1				1

Fonte: elaboração própria

A Tabela 23 mostra os preços individuais dos itens cotados. Apenas os fornecedores 1, 3 e 7 são capazes de fornecer todos os itens.

Tabela 23 - Valores de propostas individuais por unidade de item (R\$)

Valores de propostas individuais por unidade de item (R\$)							
Itens (i)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
I1	0,20		0,22		0,23	0,26	0,24
I2	0,20		0,22		0,23	0,26	0,24
I3	0,20		0,22		0,23	0,26	0,24
I4	18,87	11,00	22,66	34,00	15,50	13,20	14,71
I5	18,87	11,00	22,66	34,00	15,50	13,20	23,65
I6	18,87	11,00	22,66	34,00	15,50	13,20	23,65
I7	18,87	11,00	22,66	34,00	15,50	13,20	23,65
I8	8,48		7,63	10,76	8,60		7,85
I9	0,21	0,18	0,17	0,49		0,32	18,27
I10	0,13	0,11	0,12	12,68		10,09	6,20
I11	17,30		17,17	23,82	17,70	8,42	17,61
I12	0,09	0,08	0,07	0,50		0,06	0,15
I13	0,06	0,07	0,07	0,15		0,06	0,08

Fonte: elaboração própria, baseada em valores reais corrigidos

A Tabela 24 mostra os custos considerando o volume anual consumido de cada item.

Tabela 24 - Valores de propostas individuais considerando giro anual (R\$)

Valores de propostas individuais considerando giro anual (R\$)							
Itens (i)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
I1	92.900		103.222		107.445	123.446	111.949
I2	65.573		72.859		75.839	87.133	79.018
I3	235.800		262.000		272.718	313.332	284.151
I4	33.695	19.639	40.456	60.701	27.673	23.562	26.262
I5	67.963	39.611	81.599	122.434	55.816	47.525	85.164
I6	19.915	11.607	23.910	35.876	16.355	13.926	24.955
I7	28.522	16.624	34.245	51.383	23.424	19.945	35.741
I8	114.254		102.827	145.009	115.899		105.792
I9	2.831	2.412	2.237	6.607		4.353	244.833
I10	23.838	19.439	21.639	2.286.468		1.819.286	1.117.989
I11	51.340		50.966	70.706	52.540	25.004	52.272
I12	1.456	1.200	1.003	7.692		868	2.324
I13	15.946	18.091	18.091	38.250		14.587	19.590

Fonte: elaboração própria, baseado em valores reais corrigidos

De posse desses dados, os diferentes cenários foram modelados nos *softwares* de otimização.

Cenário 1 – Apenas propostas individuais – leilão reverso

O primeiro cenário considera apenas a compra de itens individualmente através de um leilão reverso, sem as propostas combinadas.

A otimização, de acordo com Hohner et al. (2003), considera simplesmente a minimização de custos e a restrição de que cada item deve ser obrigatoriamente fornecido.

Função objetivo:

$$\text{Min } \sum_{i \in N} \sum_{j \in M} p_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in M} a_{ij}^k x_{ij} = 1 \quad \forall k \in K, \quad (2')$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in M \quad (3)$$

Na eq. (2'), o fornecimento é restrito a apenas um fornecedor por item, pois como o objetivo é fechar um contrato, não seria viável adotar dois fornecedores diferentes para um mesmo item. No entanto, ter mais de um fornecedor por item pode ser uma estratégia interessante em caso de itens críticos e de baixa competitividade no mercado, pois suprimento de dois fornecedores diferentes minimiza o risco de falta do produto por algum problema logístico ou produtivo do fornecedor principal. Os EPIs, no entanto, são itens *commodities* e de alta competitividade, portanto não haveria problemas em contatar um outro fornecedor em caso de necessidade.

A Tabela 25 mostra o resultado da otimização. A realização do leilão reverso daria um ganho de 3,5 % em relação ao custo atual de compra. Observa-se a grande concentração de fornecimento na estrutura dos pacotes com os quatro fornecedores selecionados. Esse resultado indica a grade possibilidade de agregar escopo através do leilão combinatório, pois os itens da mesma família fornecidos individualmente já estão agrupados com os mesmos fornecedores.

A otimização combinatória deve ser analisada no próximo cenário.

Tabela 25 - Resultado da otimização para compra individual (Cenário 1)

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
I1	1	0	0	0	0	0	0
I2	1	0	0	0	0	0	0
I3	1	0	0	0	0	0	0
I4	0	1	0	0	0	0	0
I5	0	1	0	0	0	0	0
I6	0	1	0	0	0	0	0
I7	0	1	0	0	0	0	0
I8	0	0	1	0	0	0	0
I9	0	0	1	0	0	0	0
I10	0	1	0	0	0	0	0
I11	0	0	0	0	0	1	0
I12	0	0	0	0	0	1	0
I13	0	0	0	0	0	1	0

Fonte: elaboração própria, resultado da modelagem

Cenário 2 – Leilão reverso combinatório

A diferença do leilão combinatório para um leilão comum é que, além das propostas por itens individuais, considera-se a possibilidade da compra de itens em pacotes de um mesmo fornecedor, e a economia de escopo gera um desconto na compra. Neste trabalho, por simplificação, os descontos variam de 3 a 5% e são constantes para cada fornecedor, conforme mostrado na Tabela 26. Durante a condução do processo, no entanto, o fornecedor pode sugerir pacotes e descontos diferentes, pois determinados pacotes podem ser mais ou menos vantajosos. Os cenários devem ser comparados entre si em relação ao custo de compra atual desses itens, calculado através do produto entre o giro anual e o preço médio anual de compra.

Tabela 26 - Valores das propostas em pacotes (R\$)

Valores das propostas em pacotes (R\$)							
Valor reduzido	0,96	0,95	0,97	0,97	0,95	0,96	0,97
Fornecedor	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Pacote 1	378.502	189.171.125	424.938	193.153.675	433.202	497.715	456.113
Pacote 2	144.092	83.106	174.803	262.282	117.104	99.709	165.237
Pacote 3	184.572	1.583.033	172.338	2.433.526	18.563.575	3.036.494	1.460.051
Pacote 4	16.706	18.327	18.522	44.564	26.014.143	14.682	21.038

Fonte: elaboração própria, baseado em valores reais corrigidos

A alocação de itens por fornecedor é exatamente igual à do cenário anterior (Tabela 25), mas com um custo 3,3% menor devido a otimização combinatória, que permite a compra dos pacotes com 3 a 5% de desconto. Por isso, o ganho em relação a custo atual passa a ser de 6,6%. Neste cenário, o único pacote que não foi utilizado foi o 3, das máscaras e protetores de barba,

pois os itens, embora sejam da mesma família, não apresentam a mesma similaridade dos demais, que diferem basicamente nos tamanhos.

Cenário 3 – compra apenas por pacotes

Essa análise verifica qual seria o custo de aproveitar todas as ofertas de pacotes, ou seja, comprar apenas propostas combinadas, mesmo o pacote 3, que não foi escolhido na otimização do cenário anterior. Essa estratégia seria uma forma de reduzir o número de fornecedores agrupando-os por famílias de itens, de acordo com os pacotes estabelecidos e a especialidade de cada fornecedor. No entanto, o custo deste cenário seria 0,3% maior em relação à alocação individual e 3,5 % maior em relação à otimização combinatória do cenário 2, totalizando uma redução de apenas 3,1% em relação ao cenário atual. Portanto, essa alternativa não seria atraente do ponto de vista de custo, mas poderia ser viável caso a formulação de pacotes fosse revista considerando outros itens e trabalhando com os fornecedores em conjunto para tornar os pacotes mais vantajosos.

A Tabela 27 mostra o resultado da alocação para o cenário 3.

Tabela 27 - Resultado da otimização para compra de pacotes (Cenário 3)

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
I1	1	0	0	0	0	0	0
I2	1	0	0	0	0	0	0
I3	1	0	0	0	0	0	0
I4	0	1	0	0	0	0	0
I5	0	1	0	0	0	0	0
I6	0	1	0	0	0	0	0
I7	0	1	0	0	0	0	0
I8	0	0	1	0	0	0	0
I9	0	0	1	0	0	0	0
I10	0	0	1	0	0	0	0
I11	0	0	1	0	0	0	0
I12	0	0	0	0	0	1	0
I13	0	0	0	0	0	1	0

Fonte: elaboração própria, resultado da modelagem

Observa-se que nos 3 cenários foram selecionados quatro fornecedores. No entanto, como o objetivo é a contratação, é interessante verificar o valor do contrato para cada um dos fornecedores participantes. Em alguns casos, o gasto anual com os itens a serem oferecidos pelo fornecedor não justificaria assinar um contrato. Caso isso ocorra, é interessante discutir uma outra estratégia de parceria com o fornecedor selecionado ou negociar com outro fornecedor

ganhador para assumir os itens em questão. Nota-se que esse valor pode ser diferente para cada fornecedor, dependendo da sua capacidade produtiva e do seu grau de atendimento aos clientes

No modelo, essa restrição pode ser inserida na seguinte equação (sugestão da autora):

$$\sum_{j \in M} p_{ij} x_{ij} \geq v y_i, \forall i \in N \quad (10)$$

Sendo v o menor valor a ser assumido no contrato anual pelo fornecedor.

No entanto, essa restrição tornaria o problema não linear, inviabilizando assim a utilização da programação inteira, e por isso ela não foi inserida nesse modelo, mas é possível realizar os cálculos para a restrição acima e verificar se os cenários apresentados respeitam essa condição.

É importante ressaltar que a negociação no caso de um leilão *online* em geral não é bem vista pelos fornecedores participantes (JAP, 2002). No entanto, para este trabalho, o objetivo é o estudo dos cenários e a identificação de uma estratégia ótima de redução de custo e melhoria de processo e não simplesmente a implantação de um leilão *online*.

A Tabela 28 sintetiza os ganhos dos diferentes cenários em relação a situação atual.

Tabela 28 - Resultados da otimização para os diferentes cenários

Cenário	Descrição	Redução em relação ao custo atual	Qtde ótima de fornecedores
1	Leilão reverso	3,5%	4
2	Leilão reverso combinatório	6,6%	4
3	Apenas pacotes	3,1%	4

Fonte: elaboração própria

7.3.4 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade busca testar o modelo proposto considerando a variação do número de fornecedores, pois como o objetivo é a contratação, o ideal seria reduzir ao máximo a quantidade de fornecedores, desde que não haja impacto significativo no custo.

Na modelagem matemática, é preciso inserir duas restrições no modelo anterior, conforme a modelagem de Hohner et al. (2003):

$$\sum_{j \in M} x_{ij} \leq M y_i \quad \forall i \in N, \quad (5')$$

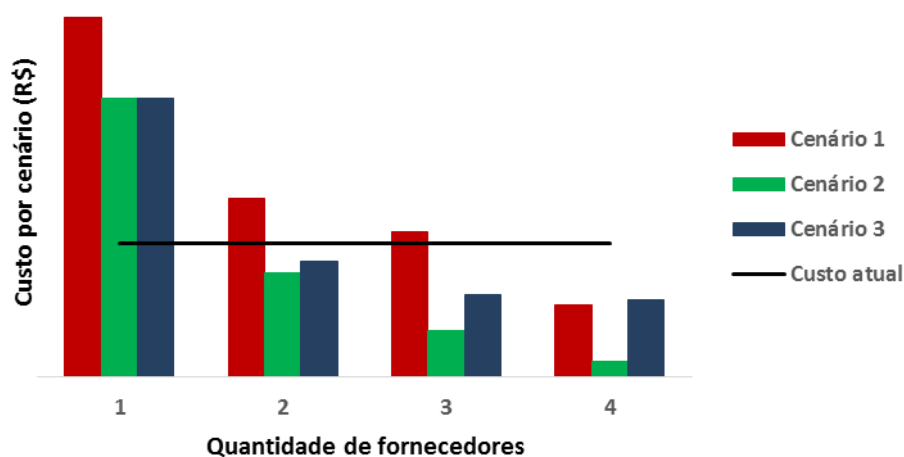
$$S_{min} \leq \sum_{i \in N} y_i \leq S_{max} \quad (6)$$

A Figura 29 mostra o custo para cada um dos cenários considerando a variação da quantidade de fornecedores, e a Figura 30 mostra a redução de cada cenário de acordo com a variação de quantidade de fornecedores.

Observa-se que o melhor caso seria o cenário 2, em que a otimização combinatória é aplicada. Na contratação de 2 a 3 fornecedores, apenas os cenários 2 e 3 ofereceriam ganho em relação ao cenário atual. Todos os cenários representam aumento de custo em caso de contratação de apenas um fornecedor.

No gráfico da Figura 29, o custo atual é representado por uma linha horizontal pois atualmente não há um controle sobre a quantidade de fornecedores que ganham os processos de concorrência, pois cada compra representa um processo diferente e, portanto, a quantidade de fornecedores pode variar para cada item.

Figura 29 - Resultado da análise de sensibilidade - valores propositalmente omitidos

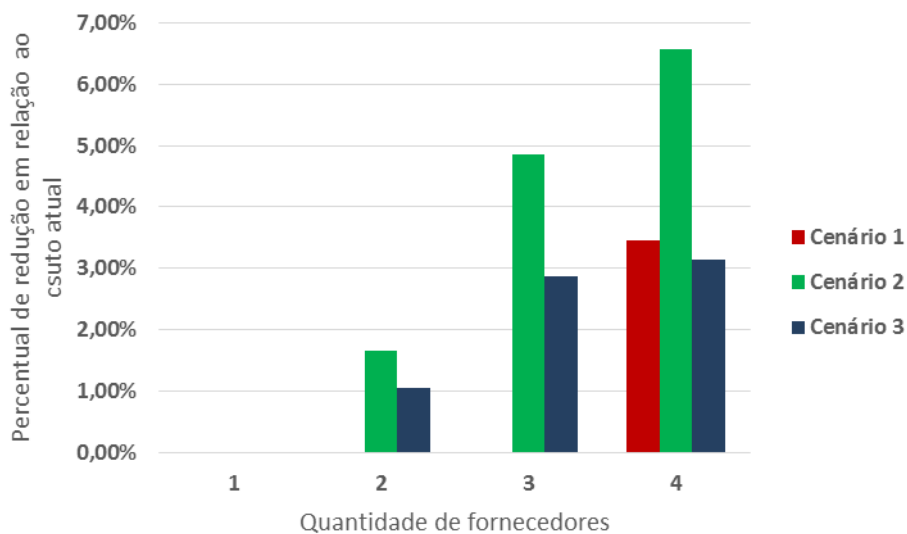


Fonte: elaboração própria

A Figura 30 mostra a redução de custo em relação a situação atual que cada um dos cenários representa, em relação ao número de fornecedores.

O valor ótimo em relação a custo ocorreria com a contratação de 4 fornecedores, mas é possível reduzir esse número caso a empresa pretenda facilitar a gestão dos contratos e ganhar escala com menos fornecedores, preferindo contratos mais robustos para menos fornecedores.

Figura 30 - Gráfico da redução de custo por quantidade de fornecedores



Fonte: elaboração própria

8. ETAPA C – CONTROLE

A etapa de controle visa estabelecer indicadores e métodos para controlar e verificar se as medidas implantadas estão sendo seguidas.

No escopo deste trabalho, é preciso avaliar os dois tipos de indicadores:

Indicadores de contrato: referentes à solução proposta, visam verificar se os contratos estabelecidos estão sendo cumpridos.

Indicadores de processo: visam avaliar o impacto dos novos contratos no tempo e no custo de compras ao longo de um determinado período.

8.1 Indicadores de contrato

Um dos possíveis indicadores seria a Fuga de Contrato, que representaria a quantidade de vezes em que o contrato estabelecido não foi suficiente para a realização da compra. Caso um item seja deixado de fora do contrato, por exemplo, a cada vez que for necessário adquiri-lo, a compra representaria uma fuga de contrato.

Outros indicadores a serem controlados seriam os indicadores logísticos de entrega, que devem ser controlados independente de contrato, mas no caso de um contrato normalmente é estabelecida uma determinada punição para o não cumprimento desses indicadores, tornando esse controle obrigatório, pois do contrário não seria possível avaliar se os contratos estão sendo efetivos ou não.

O indicador OTIF pode ser calculado de acordo com a eq. (11) (ZAMBUZI, 2014):

$$OTIF = \frac{\text{quantidade de pedidos entregues no prazo e na quantidade e especificações adequadas}}{\text{quantidade de pedidos entregues}} \quad (11)$$

Os prazos e as quantidades do produto devem ser estabelecidos como SLA do contrato.

8.2 Indicadores de processo

Um exemplo de indicador desse tipo seria o percentual de pedidos fora do prazo (com mais de 10 dias de processamento). Apesar dessa informação ter sido medida para a execução desse trabalho, não há atualmente um controle sistemático do tempo de emissão de pedidos por categoria de itens, o que seria fundamental para avaliar o efeito do impacto no processo.

O tempo médio de emissão também deve ter um indicador de controle, e até mesmo acompanhado de uma meta específica de redução. No caso deste trabalho, foi estabelecida uma meta de redução de 10% do tempo médio com as melhorias de processo. No entanto, é necessário avaliar para cada contrato implantado qual foi o ganho em termos de prazo, para que o impacto real do contrato no tempo de emissão seja medido.

Além do tempo, o outro fator-chave do processo é o custo de compra. A variação do custo ao longo do período deve ser medida e comparada com o cenário anterior. Apesar da análise anterior mostrar que o estabelecimento de contratos proporcionaria redução de custos, possíveis fugas de contrato e problemas de entrega podem comprometer esse indicador, tornando o processo mais dispendioso. Nesse caso, seria preciso avaliar a necessidade de alterar alguma cláusula de SLA do contrato ou eventualmente refazer o leilão (ou qualquer outro processo de concorrência) e trocar o fornecedor.

8.3 Documentação

Uma das medidas mais importantes para garantir que os resultados de um projeto ou melhoria sejam duradouros é documentá-los de forma sistemática, fazendo com que as contribuições sejam independentes de seus implementadores. Caso contrário, os processos estabelecidos se perdem ao longo do tempo, principalmente se os principais membros da equipe Seis Sigma se dispersarem, mudando de área ou de empresa.

As formas de documentar uma medida podem ser diversas. Caso seja uma nova função ou sistema (ex.: uma plataforma de compras), é necessário garantir a documentação dos testes de interfaces, ou seja, garantir que alguém na empresa saiba conectar aquela nova plataforma aos sistemas existentes. Nesses casos, manuais de uso podem ser bastante úteis, permitindo que o sistema se torne acessível a uma gama maior de usuários sem a necessidade da intervenção direta do implementador do sistema.

A homologação de itens também deve ser documentada, nesse caso através de documentos e assinaturas das pessoas que testaram efetivamente os itens, impedindo que futuras opiniões divergentes possam invalidar os esforços realizados.

9. DISCUSSÃO

9.1 Deficiências do trabalho

O desenvolvimento do estudo necessitou de muitas avaliações qualitativas, sobretudo na análise de processo de compras, pois as medições atuais do processo referem-se apenas ao início e ao fim do tempo de emissão. Não havendo dados suficientes para avaliar as etapas intermediárias, não foi possível inferir com precisão a interferência dos diversos elementos do processo (inflexibilidade dos sistemas, necessidade de aprovações e processo de cadastro). Apenas a política de compras e as categorias foram avaliadas estatisticamente.

Uma possível fonte de divergência entre os dados é a diferença entre a abrangência temporal e entre as classificações das diversas bases utilizadas. O processo de compras foi analisado a partir da saída do sistema usado na emissão dos pedidos. No entanto, a análise final da categoria usa o giro do almoxarifado, que também não apresenta fielmente a mesma classificação da planilha de catálogo de itens. As divergências nessas classificações e períodos podem gerar possíveis inconsistências nas análises, agravadas pelas diferenças de abrangência temporal da base extraída do sistema de compras e do giro anual fornecido pelo almoxarifado.

Quanto à aplicação do leilão, a implementação refere-se apenas a um projeto piloto, com alguns itens selecionados. Não representa, portanto, o resultado de uma aplicação real. Essa deficiência deve-se sobretudo à limitação computacional para a execução do trabalho, pois a implementação real de um leilão exige muitas variáveis e os programas de otimização disponíveis não suportam o processamento de todos esses dados. A empresa também não possui, por enquanto, uma plataforma para implementação desse procedimento.

O impacto desse contrato no tempo de emissão também não pôde também estatisticamente ser avaliado. Estima-se que o tempo médio de emissão diminua para dois dias com a compra através de contrato, pois seria necessário apenas colocar o pedido, evitando todo o processo de compras (concorrência, análise de proposta e cadastramento do fornecedor). No entanto, por enquanto não há dados reais para validação dessa estimativa e, portanto, não é possível avaliar se os contratos acarretariam uma redução real no tempo ou se a realização de contratos apenas para EPIs já teria um impacto estatisticamente significativo no processo.

9.2 Aspectos da contratação

O projeto piloto de leilão combinatório discutido reforça a necessidade de avaliar a capacidade dos fornecedores e seu interesse em determinados montantes de contrato ou em entregas programadas de pequenos lotes. No entanto, existem outros critérios logísticos e técnicos, como a necessidade de contingência para casos em que a produção deve ser acima do normal, entregas de emergência, e eventualmente assistência técnica ou serviços agregados ao produto.

Por último, é imprescindível que a interface entre a programação de estoque da Cosmet e do fornecedor selecionado sejam compatíveis, do contrário não será possível a realização de entregas programadas e o contrato não atingirá seu objetivo.

10. CONCLUSÕES

Considerando o objetivo do projeto, que é reduzir o tempo médio de emissão de compra dos itens de almoxarifado em 10%, sem aumento de custo ou de inventário, o contrato é um caminho viável, pois permitiria um ganho de tempo no processamento das requisições de compra, além de uma redução de custos de 3 a 6%, no caso dos EPIs, com base na modelagem realizada. A diminuição do tempo de emissão seria esperada porque o contrato permitiria que o pedido fosse criado assim que a requisição fosse emitida, evitando todo o processo de concorrência e o eventual cadastramento de um novo fornecedor. Portanto, estima-se que o tempo médio de emissão cairia para 2 dias na categoria EPIs. Porém, seria necessário assinar o contrato e fazer medições reais após a entrada do contrato em vigor para ter um número preciso nas análises estatísticas, validando então o projeto.

Para trabalhos e pesquisas futuras, portanto, seria interessante realizar os testes para verificar estatisticamente o impacto dos contratos firmados. É preciso avaliar se o contrato dos EPIs seria suficiente para atingir a meta de redução de 10 % no tempo de emissão. Em caso negativo, seria necessário, portanto, efetuar contratos com outras categorias e reanalisar o impacto. Seria importante também ter os dados intermediários do processo de compras, para a realização de análises estatísticas mais precisas durante a identificação da causa-raiz de ineficiência.

Os contratos para outras categorias de itens não envolveriam necessariamente um leilão combinatório, pois dependendo das características dos itens seria necessário desenvolver relacionamento com o fornecedor (caso ele seja exclusivo), ou realizar um leilão multicritério, em que além do custo aspectos de qualidade e até ambientais do produto podem ser levados em conta (GIACON, 2012). No entanto, como o leilão ou mesmo o contrato não seriam necessariamente recomendados para todos os tipos de itens, para a Cosmet o mais interessante seria desenvolver uma plataforma em que fosse possível realizar diversos processos de concorrência, como a Motorola no estudo de Metty et al. (2005). Dessa forma a empresa teria uma estrutura robusta e solidificada para a área de compras, reduzindo a ineficiência do processo de compras, não só de itens de almoxarifado, mas de outros tipos de produtos, como rotas logísticas, campanhas de *marketing* e insumos industriais (matérias-primas).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE VENDAS DIRETAS - ABEVD. Apresenta informações sobre o mercado de vendas diretas. Disponível em < <http://www.abevd.org.br/> >. Acesso em 29 ago. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS - ABIHPEC. **Panorama do setor de HPPC**. 2015. Disponível em: <<https://www.abihpec.org.br/category/publicacoes/panorama-do-setor/>>. Acesso em 30 jun. 2015.

AMELINCKX, I; MUYLLE, S.; LIEVENS, A. Extending electronic sourcing theory: An exploratory study of electronic reverse auction outcomes. **Electronic Commerce Research and Applications**, v. 7, n. 1, p. 119–133, 2008.

BOWERSOX, J.B; CLOSS, D.J; COOPER, M.B. Compras e Manufatura. In:____. **Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística**. Tradução de Cláudia Mello Belhassof. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. cap. 4, p. 88-97.

CAPLICE, C; SHEFFI, Y. Optimization-based Procurement for Transportation Services. **Journal of Business Logistics**, v. 24, n.2, p. 109-128, 2003.

CASTRO, F. W. **Implementação de estratégias de realização de leilão reverso: estudo de caso em empresa do segmento industrial**. 2006. 81p. Dissertação (Mestrado) –Faculdades Ibmecc, Rio de Janeiro, 2006.

CHAKRAVORTY S.S. Six Sigma programs: An implementation model. **International Journal of Production Economics**, v. 119, n. 1, p. 1-16, 2009.

COHN, L. B2B: The hottest net bet yet? **Business Week**, January 17, p. 36-37, 2000.

COSTA NETO, P.L.O. Decisões Multicritério. In:____. **Qualidade e Competência nas Decisões**. São Paulo: Editora Blücher, 2007. cap. 10, p. 165-174.

CRAMTON, P; SHOHAM, Y; STEINBERG, R. Introduction to Combinatorial Auctions. In:____. **Combinatorial Auctions**. 2ª ed. Cambridge: MIT Press, 2006. p. 1-13.

DAHEL N. Vendor selection and order quantity allocation in volume discount environments. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 8, n. 4, p. 335-342, 2003.

ELLRAM, L; BILLINGTON, C. Purchasing leverage considerations in the outsourcing decision. **European Journal of Purchasing & Supply Management** v. 7, n. 1, p. 15 – 27, 2001.

FARIA, G.M.F. **Mapeamento de perigo de escorregamento em áreas urbanas precárias brasileiras com a incorporação do Processo de Análise Hierárquica (AHP)**. 2011. 224p. Dissertação (Doutorado) –Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011

GEORGE, M. L. Ser mais rápido para ser melhor: Por que Você Precisa de Lean e de Seis Sigma. In: _____. **Lean Seis Sigma para serviços**: como utilizar velocidade lean e qualidade Seis Sigma para melhorar serviços e transações. Tradução de Lean Six Sigma for Service. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004. cap. 2, p. 57-66.

GIACON, J.C.R. **Seleção de fornecedores por análise de decisão multicritério e otimização combinatória considerando aspectos de logística e sustentabilidade**. 2012. 140p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GIUNIPERO, L. C.; O'NEAL, C. Obstacles to JIT Procurement. **Industrial Marketing Management**, New York, v. 17, n. 1, p. 35-41, 1988.

HARRY, M; SCHROEDER, R. **Six Sigma**: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations. 1ªed. New York: Doubleday, 2000, 300 p.

HOHNER, G. et al. Combinatorial and Quantity-Discount Procurement Auctions Benefit Mars, Incorporated and Its Suppliers. **Interfaces**, v. 33, n. 1, p. 23–35, 2003.

KRALJIC, P. Purchasing must become supply management. **Harvard Business Review**, p.109-117, Sep.-Oct., 1983.

KRIEGER, R. H.; MEREDITH, J.R. Emergency and Routine MRO Part Buying. **Industrial Marketing Management**, v. 14, p. 277-282, 1985.

KROS, J. F.; NADLER, S. S.; CHEN, H. The adoption and utilization of online auctions by supply chain managers. **Transportation Research Part E**, v. 47, n.2, p. 105–114, 2011.

JAP, S. D. Online Reverse Auctions: Issues, Themes and Prospects for the Future. **Academy of Marketing Science Journal**. v.30, n.4, p.506-525, 2002.

MAST, J.; LOKKERBOL J. An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. **International Journal of Production Economics**, v. 139, 604-614, 2012.

METTY, T. et al. Reinventing the Supplier Negotiation Process at Motorola. **Interfaces**, v. 35, n.1, p.7-23, 2005.

PARKES D.C. Iterative Combinatorial Auctions. In: CRAMTON, P; SHOHAM, Y; STEINBERG,R. **Combinatorial Auctions**. 2ª ed. Cambridge: MIT Press, 2006, cap. 2, p. 41-42.

SAATY, T.L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**. v. 48, p. 9-26, 1990.

SANDHOLM T. Optimal Winner Determination Algorithms. In: CRAMTON, P; SHOHAM, Y; STEINBERG, R. **Combinatorial Auctions**. 2ª ed. Cambridge: MIT Press, 2006, cap. 14, p. 337-338.

SARKAR, A.; MOHAPATRA, P.K.J. Evaluation of supplier capability and performance: A method for supply base reduction. **Journal of Purchasing & Supply Chain Management**. v. 12, p. 148-163, 2006.

SHAFER, S. M.; MOELLER, S. B. The effects of Six Sigma on corporate performance: An empirical investigation. **Journal of Operations Management**, v. 30, n. 7-8, p. 521-532, 2012.

SNEE, R. D., HOERL, R. W. **Six Sigma Beyond the Factory Floor**. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005.

SWINK, M.; JACOBS B. W. Six Sigma adoption: Operating performance impacts and contextual drivers of success. **Journal of Operations Management**, v. 30, n. 6 p. 437-453, 2012.

TALLURI, S., RAGATZ, G. L. Multi-attribute reverse auctions in B2B exchanges: a framework for design and implementation. **Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply**, v. 40, n. 1, p. 52-60, 2004.

TULLY, S. Going, going, gone: the B2B tool that really is changing the world. **Fortune**, v.141, n. 6, p. 132-145, march, 2000.

UHLMANN, E; BILZ, M.; BAUMGARTEN, J. MRO – Challenge and Chance for Sustainable Enterprises. **Procedia CIRP**, v.11, p. 239-244, 2013. Apresentado a 2nd International Through-life Engineering Services Conference, Cranfield, UK, 2013.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Divisão de Biblioteca. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses**. 4ª ed. São Paulo, 2013.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualimark, 2004. v.1. 253 p.

WOMACK, J. P.; JONES D. T. Pensamento enxuto versus Muda. In:____. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 4ª. ed. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. Rio de Janeiro: Campus, 1998. Introdução, p. 3.

ZAMBUZI, N.C. **Nível de Serviço e Indicadores (Conceito de Logística e Supply Chain)**. São Paulo: Fundação Vanzolini, Universidade de São Paulo, 2014. Notas de Aula (Curso de Capacitação em Gestão de Operações Logísticas).

ZHENG, J. et al. An analysis of research into the future of purchasing and supply management. **Journal of Purchasing & Supply Chain Management**, v. 13, n. 1, p. 69-83, 2007.

APÊNDICE A – Cálculos de pesos para AHP

Determinação dos pesos dos critérios e subcritérios para determinação da categoria crítica a ser usada no leilão piloto. A transitividade da matriz de paridade é também verificada através do cálculo do $\lambda_{máx}$.

Critérios de priorização para categoria crítica escolhida para leilão piloto

	hom	imp	comp	var
homologação	1	3	5	5
impacto	0,3	1	4	4
competitividade	0,2	0,25	1	3
variação	0,2	0,25	0,3	1
	1,7	4,5	10,3	13

Matriz normalizada

	hom	imp	comp	var	Autovetor	Peso
homologação	0,577	0,667	0,484	0,385	2,112	0,528
impacto	0,192	0,222	0,387	0,308	1,109	0,277
competitividade	0,115	0,056	0,097	0,231	0,498	0,125
variação	0,115	0,056	0,032	0,077	0,280	0,070
	1	1	1	1	4	

$$\lambda_{máx} = 4,36136$$

Subcritérios de homologação

	risco	areas	tempo
risco	1	5	5
areas	0,2	1	3
tempo	0,2	0,3	1
	1,4	6,3	9

Matriz normalizada

	risco	areas	tempo	Autovetor	Peso
risco	0,714	0,789	0,556	2,059	0,686
areas	0,143	0,158	0,333	0,634	0,211
tempo	0,143	0,053	0,111	0,307	0,102
	1	1	1	3	

$$\lambda_{máx} = 3,219437$$

Cenário 1 – 3 fornecedores

Custo contratação total

674.170,5

Alocação dos itens por fornecedor

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7		Exclusividade de fornecimento
I1	1	0	0	0	0	0	0	1	= 1
I2	1	0	0	0	0	0	0	1	= 1
I3	1	0	0	0	0	0	0	1	= 1
I4	0	1	0	0	0	0	0	1	= 1
I5	0	1	0	0	0	0	0	1	= 1
I6	0	1	0	0	0	0	0	1	= 1
I7	0	1	0	0	0	0	0	1	= 1
I8	0	0	1	0	0	0	0	1	= 1
I9	0	0	1	0	0	0	0	1	= 1
I10	0	1	0	0	0	0	0	1	= 1
I11	0	0	1	0	0	0	0	1	= 1
I12	0	0	1	0	0	0	0	1	= 1
I13	1	0	0	0	0	0	0	1	= 1
Itens fornecidos	4	5	4	0	0	0	0		

Variável de decisão - número de fornecedores

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7		nº fornecedores	
yj	1	1	1	0	0	0	0	>=	3,0	<= 3
	3	4	3	0	0	0	0		0	
Contagem de fornecedores										
soma Xij em i	4	5	4	0	0	0	0			
M*Yj	13	13	13	0	0	0	0			

Cenário 1 – 2 fornecedores

Custo contratação total

686.343,9

Alocação dos itens por fornecedor

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7		Exclusividade de fornecimento
I1	1	0	0	0	0	0	0	1	= 1
I2	1	0	0	0	0	0	0	1	= 1
I3	1	0	0	0	0	0	0	1	= 1
I4	0	1	0	0	0	0	0	1	= 1
I5	0	1	0	0	0	0	0	1	= 1
I6	0	1	0	0	0	0	0	1	= 1
I7	0	1	0	0	0	0	0	1	= 1
I8	1	0	0	0	0	0	0	1	= 1
I9	0	1	0	0	0	0	0	1	= 1
I10	0	1	0	0	0	0	0	1	= 1
I11	1	0	0	0	0	0	0	1	= 1
I12	0	1	0	0	0	0	0	1	= 1
I13	1	0	0	0	0	0	0	1	= 1
Itens fornecidos	6	7	0	0	0	0	0		

Variável de decisão - número de fornecedores

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7		nº fornecedores	
yj	1	1	0	0	0	0	0	>=	2,0	<= 2
	5	6	0	0	0	0	0		0	
Contagem de fornecedores										
soma Xij em i	6	7	0	0	0	0	0			
M*Yj	13	13	0	0	0	0	0			

Cenário 1 – 1 fornecedor

								Custo contratação total		
								754.032,3		
Alocação dos itens por fornecedor										
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	Exclusividade de fornecimento		
I1	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
I2	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
I3	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
I4	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
I5	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
I6	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
I7	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
I8	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
I9	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
I10	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
I11	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
I12	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
I13	1	0	0	0	0	0	0	1	=	1
Itens fornecidos	13	0	0	0	0	0	0			
Variável de decisão - número de fornecedores										
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	nº fornecedores		
yj	1	0	0	0	0	0	0	1,0		
	12	0	0	0	0	0	0	0		
								>=		
								1		
Contagem de fornecedores										
soma Xij em i	13	0	0	0	0	0	0			
	<=									
M*Yj	13	0	0	0	0	0	0			

Cenário 2 - Otimização de custo – 4 fornecedores

What'sBest!® 12.0.1.4 (Feb 13, 2014) - Lib. 8.0.1694.498 - 64-bit - Status Report -

DATE GENERATED: set 10, 2015 04:55 PM

MODEL INFORMATION:

CLASSIFICATION DATA	Current	Capacity Limits
-----	-----	-----
Total Cells	6617	
Numerics	6484	
Adjustables	238	Unlimited
Continuous	0	
Free	0	
Integers/Binaries	0/238	Unlimited
Constants	4439	
Formulas	1807	
Strings	0	
Constraints	133	Unlimited
Nonlinear	0	Unlimited
Coefficients	4467	

Minimum coefficient value: 1 on teste_comb_rat é! DN27
 Minimum coefficient formula: teste_comb_rat é! DR9
 Maximum coefficient value: 193153675 on teste_comb_rat é! BQ27
 Maximum coefficient formula: teste_comb_rat é! C35

MODEL TYPE: Mixed Integer / Linear (Mixed Integer Linear Program)

SOLUTION STATUS: **GLOBALLY OPTIMAL**

OBJECTIVE VALUE: 625796.1845052

DIRECTION: Minimize

SOLVER TYPE: Branch-and-Bound

TRIES: 17

INFEASIBILITY: 2.3646862246096e-011

BEST OBJECTIVE BOUND: 625796.1845052

STEPS: 0

ACTIVE: 0

SOLUTION TIME: 0 Hours 0 Minutes 0 Seconds

ERROR / WARNING MESSAGES:

WARNING

Unsupported external value or range in the Name list (Help Reference: NAME):
 Check name, value, or the validity of the link.
 Name will be taken as a 0 number.
 Name: SOLVER_LHS5
 Name: SOLVER_RHS3
 Name: SOLVER_RHS4

End of Report

Dados de entrada

Formação dos pacotes (item pertence ou não ao pacote)

0,96

	F1P1	F1P2	F1P3	F1P4	F1P5	F1P6	F1P7	F1P8	F1P9	F1P10	F1P11	F1P12	F1P13	F1P14	F1P15	F1P16	F1P17
I1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
I2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
I3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
I4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
I9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
I10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
I11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
I12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
I13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Custos de contratação dos itens e pacotes, em mR\$/ano

Cp	92.900,0	65.572,7	235.799,9	33.695,3	67.963,1	19.914,6	28.522,4	114.254,4	2.830,8	23.837,5	51.339,8	1.455,6	15.946,3	378.501,6	144.091,6	184.572,0	16.705,9
----	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	-----------	---------	----------	----------	---------	----------	-----------	-----------	-----------	----------

Variável de decisão - escolha dos pacotes

Pij	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Variável de decisão - número de fornecedores

[illegible]

Número de fornecedores escolhidos

4 = <= **4**

Otimização - minimização custo contratação total

Cp tot 625.796

Pacotes/itens escolhidos por fornecedor

[illegible]

Cenário 2 – 3 fornecedores

What'sBest!® 12.0.1.4 (Feb 13, 2014) - Lib. 8.0.1694.498 - 64-bit - Status Report -

DATE GENERATED: set 10, 2015 04:56 PM

MODEL INFORMATION:

CLASSIFICATION DATA	Current	Capacity Limits
Total Cells	6617	
Numerics	6484	
Adjustables	238	Unlimited
Continuous	0	
Free	0	
Integers/Binaries	0/238	Unlimited
Constants	4439	
Formulas	1807	
Strings	0	
Constraints	133	Unlimited
Nonlinears	0	Unlimited
Coefficients	4467	
Minimum coefficient value:	1 on teste_comb_raté! DN27	
Minimum coefficient in formula:	teste_comb_raté! DR9	
Maximum coefficient value:	193153675 on teste_comb_raté! BC27	
Maximum coefficient in formula:	teste_comb_raté! C35	

MODEL TYPE: Mixed Integer / Linear (Mixed Integer Linear Program)

SOLUTION STATUS: **GLOBALLY OPTIMAL**

OBJECTIVE VALUE: 637399.1368682

DIRECTION: Minimize

SOLVER TYPE: Branch-and-Bound

TRIES: 68

INFEASIBILITY: 9.0949470177293e-012

BEST OBJECTIVE BOUND: 637399.1368682

STEPS: 0

ACTIVE: 0

SOLUTION TIME: 0 Hours 0 Minutes 0 Seconds

ERROR / WARNING MESSAGES:

WARNING

Unsupported external value or range in the Name list (Help Reference: NAME):
Check name, value, or the validity of the link.

Name will be taken as a 0 number.

Name: SOLVER_LHS5

Name: SOLVER_RHS3

Name: SOLVER_RHS4

End of Report

Dados de entrada

Formação dos pacotes (item pertence ou não ao pacote)

0,96

	F1P1	F1P2	F1P3	F1P4	F1P5	F1P6	F1P7	F1P8	F1P9	F1P10	F1P11	F1P12	F1P13	F1P14	F1P15	F1P16	F1P17
I1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
I2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
I3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
I4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
I9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
I10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
I11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
I12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
I13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Custos de contratação dos itens e pacotes, em mR\$/ano

Cp	92.900,0	65.572,7	235.799,9	33.695,3	67.963,1	19.914,6	28.522,4	114.254,4	2.830,8	23.837,5	51.339,8	1.455,6	15.946,3	378.501,6	144.091,6	184.572,0	16.705,9
----	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	-----------	---------	----------	----------	---------	----------	-----------	-----------	-----------	----------

Variável de decisão - escolha dos pacotes

P1j	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Variável de decisão - número de fornecedores

[illegible]

Número de fornecedores escolhidos

3 $\leq$ **3**

Otimização - minimização custo contratação total

Cp tot 637.399

Paquetes/itens escolhidos por fornecedor

[illegible]

Cenário 2 – 2 fornecedores

What'sBest!® 12.0.1.4 (Feb 13, 2014) - Lib. 8.0.1694.498 - 64-bit - Status Report -

DATE GENERATED: set 10, 2015 04:56 PM

MODEL INFORMATION:

CLASSIFICATION DATA	Current	Capacity Limits
-----	-----	-----
Total Cells	6617	
Numerics	6484	
Adjustables	238	Unlimited
Continuous	0	
Free	0	
Integers/Binaries	0/238	Unlimited
Constants	4439	
Formulas	1807	
Strings	0	
Constraints	133	Unlimited
Nonlinears	0	Unlimited
Coefficients	4467	
Minimum coefficient value:	1	on teste_comb_rat é! DN27
Minimum coefficient in formula:	teste_comb_rat é! DR9	
Maximum coefficient value:	193153675	on teste_comb_rat é! BQ27
Maximum coefficient in formula:	teste_comb_rat é! C35	

MODEL TYPE: Mixed Integer / Linear (Mixed Integer Linear Program)

SOLUTION STATUS: **GLOBALLY OPTIMAL**

OBJECTIVE VALUE: 658819.78321414

DIRECTION: Minimize

SOLVER TYPE: Branch-and-Bound

TRIES: 86

INFEASIBILITY: 3.8198777474463e-011

BEST OBJECTIVE BOUND: 658819.78321414

STEPS: 0

ACTIVE: 0

SOLUTION TIME: 0 Hours 0 Minutes 0 Seconds

ERROR / WARNING MESSAGES:

WARNING

Unsupported external value or range in the Name list (Help Reference: NAME):
Check name, value, or the validity of the link.

Name will be taken as a 0 number.

Name: SOLVER_LHS5

Name: SOLVER_RHS3

Name: SOLVER_RHS4

End of Report

Dados de entrada

Formação dos pacotes (item pertence ou não ao pacote)

0,96

	F1P1	F1P2	F1P3	F1P4	F1P5	F1P6	F1P7	F1P8	F1P9	F1P10	F1P11	F1P12	F1P13	F1P14	F1P15	F1P16	F1P17
I1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
I2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
I3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
I4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
I9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
I10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
I11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
I12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
I13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Custos de contratação dos itens e pacotes, em mR\$/ano

Cp	92.900,0	65.572,7	235.799,9	33.695,3	67.963,1	19.914,6	28.522,4	114.254,4	2.830,8	23.837,5	51.339,8	1.455,6	15.946,3	378.501,6	144.091,6	184.572,0	16.705,9
----	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	-----------	---------	----------	----------	---------	----------	-----------	-----------	-----------	----------

Variável de decisão - escolha dos pacotes

P1j	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Variável de decisão - número de fornecedores

[illegible]

Número de fornecedores escolhidos

$$\boxed{2} \leq 2$$

Otimização - minimização custo contratação total

Cp tot 658.820

Pacotes/itens escolhidos por fornecedor

[illegible]

Cenário 2 – 1 fornecedor

What'sBest!® 12.0.1.4 (Feb 13, 2014) - Lib. 8.0.1694.498 - 64-bit - Status Report -

DATE GENERATED: set 10, 2015 04:56 PM

MODEL INFORMATION:

CLASSIFICATION DATA	Current	Capacity Limits

Total Cells	6617	
Numerics	6484	
Adjustables	238	Unlimited
Continuous	0	
Free	0	
Integers/Binaries	0/238	Unlimited
Constants	4439	
Formulas	1807	
Strings	0	
Constraints	133	Unlimited
Nonlinear	0	Unlimited
Coefficients	4467	
Minimum coefficient value:	1 on teste_comb_raté! DN27	
Minimum coefficient formula:	teste_comb_raté! DR9	
Maximum coefficient value:	193153675 on teste_comb_raté! BQ27	
Maximum coefficient formula:	teste_comb_raté! C35	

MODEL TYPE: Mixed Integer / Linear (Mixed Integer Linear Program)

SOLUTION STATUS: **GLOBALLY OPTIMAL**

OBJECTIVE VALUE: 723870.97720156

DIRECTION: Minimize

SOLVER TYPE: Branch-and-Bound

TRIES: 109

INFEASIBILITY: 1.0913936421275e-011

BEST OBJECTIVE BOUND: 723870.97720156

STEPS: 0

ACTIVE: 0

SOLUTION TIME: 0 Hours 0 Minutes 0 Seconds

ERROR / WARNING MESSAGES:

WARNING

Unsupported external value or range in the Name list (Help Reference: NAME):
Check name, value, or the validity of the link.
Name will be taken as a 0 number.

Name: SOLVER_LHS5

Name: SOLVER_RHS3

Name: SOLVER_RHS4

End of Report

Dados de entrada

Formação dos pacotes (item pertence ou não ao pacote)

0,96

	F1P1	F1P2	F1P3	F1P4	F1P5	F1P6	F1P7	F1P8	F1P9	F1P10	F1P11	F1P12	F1P13	F1P14	F1P15	F1P16	F1P17
I1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
I2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
I3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
I4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
I8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
I9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
I10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
I11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
I12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
I13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Custos de contratação dos itens e pacotes, em mR\$/ano

Cp	92.900,0	65.572,7	235.799,9	33.695,3	67.963,1	19.914,6	28.522,4	114.254,4	2.830,8	23.837,5	51.339,8	1.455,6	15.946,3	378.501,6	144.091,6	184.572,0	16.705,9
----	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------	-----------	---------	----------	----------	---------	----------	-----------	-----------	-----------	----------

Variável de decisão - escolha dos pacotes

Pij	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Variável de decisão - número de fornecedores

[illegible]

Número de fornecedores escolhidos

1 = <= **1**

Otimização - minimização custo contratação total

Cp tot 723.871

Pacotes/itens escolhidos por fornecedor

[illegible]

Cenário 3 - Otimização de custo – 4 fornecedores

Dados de entrada

Formação dos pacotes (item pertence ou não ao pacote)

[illegible]

Custos de contratação dos itens e pacotes, em mR\$/ano

TÍTULOS DE CONTRATAÇÃO DE SERVIDORES E PRECATORIOS, em R\$ (mil)																											
378.501,6	144.091,9	184.572,0	16.705,9	189.171.125,0	83.106,2	1.583.033,2	18.326,8	424.938,1	#####	172.338,3	18.521,6	193.153.675,0	262.281,7	#####	44.564,0	433.201,9	117.104,2	#####	#####	#####	#####	#####	14.836,9	460.864,7	#####	#####	21.257,5

Variável de decisão - escolha dos pacotes

Pij	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Variável de decisão - número de fornecedores

[illegible]

Número de fornecedores escolhidos

4	<=	4
---	----	---

Otimização - minimização custo contratação total

Cp tol 648.783

Pacotes/itens escolhidos por fornecedor

	F1P14	F1P15	F1P16	F1P17	F2P14	F2P15	F2P16	F2P17	F3P14	F3P15	F3P16	F3P17	F4P14	F4P15	F4P16	F4P17	F5P14	F5P15	F5P16	F5P17	F6P14	F6P15	F6P16	F6P17	F7P14	F7P15	F7P16	F7P17
11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Items	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
some Xij emi	3	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0
M**Yi	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=
	20	0	0	0	20	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0

Cenário 3 – 2 fornecedores

Dados de entrada

Formação dos pacotes (item pertence ou não ao pacote)

[illegible]

Custos de contratação dos itens e pacotes, em mR\$/ano

378.501,6	144.091,6	184.572,0	16.705,9	189.171.125,0	83.106,2	1.583.033,2	18.326,8	424.938,1	#####	172.338,3	18.521,6	193.153.675,0	262.281,7	#####	44.564,0	433.201,9	117.104,2	#####	#####	#####	#####	#####	14.836,9	460.864,7	#####	#####	21.257,5
-----------	-----------	-----------	----------	---------------	----------	-------------	----------	-----------	-------	-----------	----------	---------------	-----------	-------	----------	-----------	-----------	-------	-------	-------	-------	-------	----------	-----------	-------	-------	----------

Variável de decisão - escolha dos pacotes

[illegible]

Variável de decisão - número de fornecedores

[illegible]

Número de fornecedores escolhidos

2

Otimização - minimização custo contratação total
Cp tol 662.886

Pacotes/itens escolhidos por fornecedor

[illegible]

Cenário 3 – 1 fornecedor

Dados de entrada

Formação dos pacotes (item pertence ou não ao pacote)

	0.96				0.95				0.97				0.97				0.95				0.96				0.97										
	F1P14	F1P15	F1P16	F1P17	F2P14	F2P15	F2P16	F2P17	F3P14	F3P15	F3P16	F3P17	F4P14	F4P15	F4P16	F4P17	F5P14	F5P15	F5P16	F5P17	F6P14	F6P15	F6P16	F6P17	F7P14	F7P15	F7P16	F7P17							
11	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	=	1				
12	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	=	1			
13	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	=	1			
14	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	=	1			
15	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	=	1			
16	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	=	1			
17	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	=	1			
18	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	=	1		
19	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	=	1		
110	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	=	1		
111	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	=	1		
112	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	=	1	
113	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	=	1		

Custos de contratação dos itens e pacotes, em mR\$/ano

[illegible]

Variável de decisão - escolha dos pacotes

[illegible]

Variável de decisão - número de fornecedores

[illegible]

Número de fornecedores escolhidos

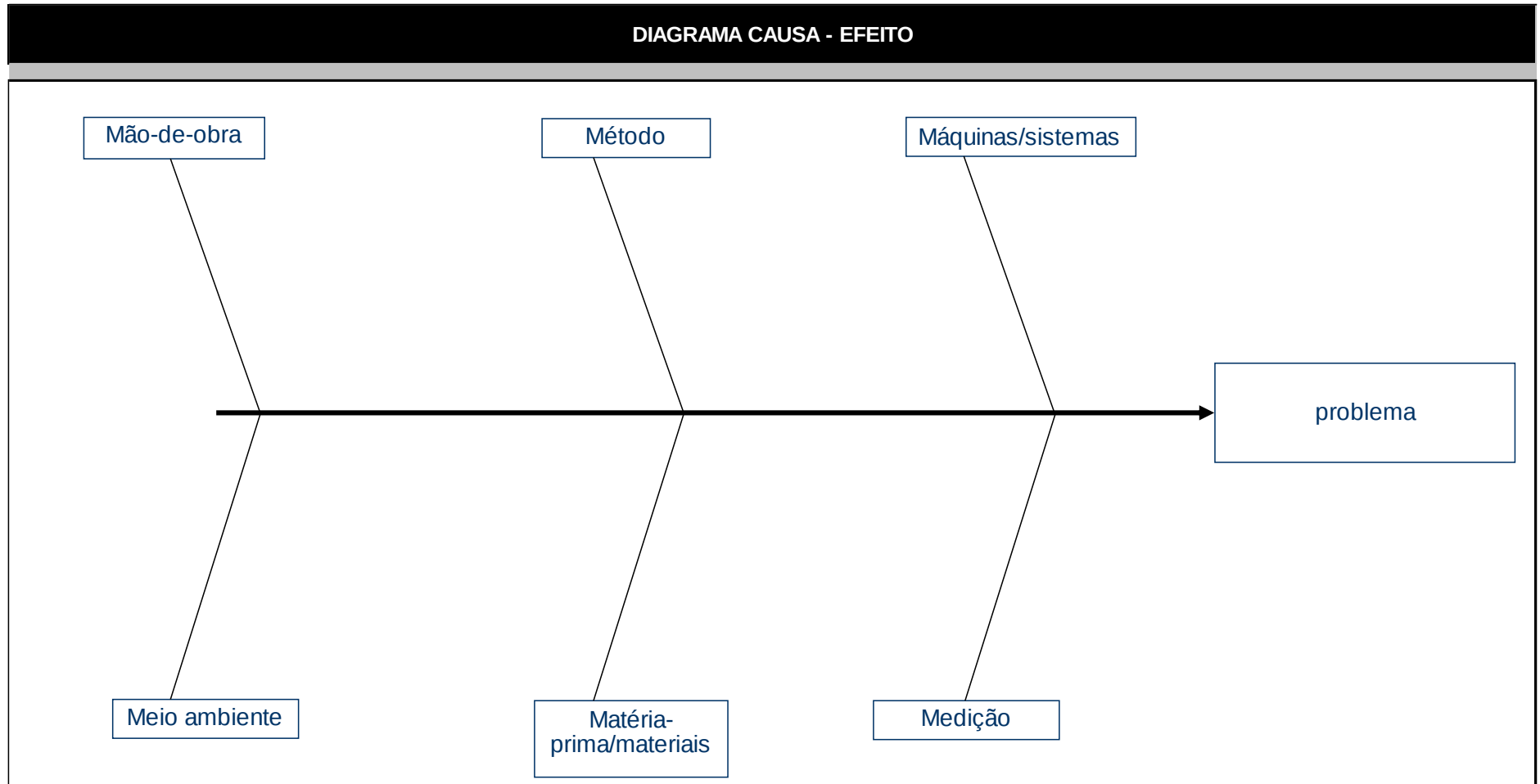
1

Otimização - minimização custo contratação total

Cp tol 723.871

Pacotes/itens escolhidos por fornecedor

[illegible]

ANEXO A – Ferramentas da Metodologia Seis Sigma

[illegible]

