

Método de solução de problemas na gestão de suprimentos: utilização de regressão logística para análise das causas de atrasos no recebimento de materiais

Problem-solving method in supply management: logistic regression applied to analysis of the causes of delay in materials reception

Danilo Garbazza Vieira

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense – UFF, Graduado em Estatística pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Professor do curso de Administração nas Faculdades São José e AVM Faculdade Integrada.
Rio de Janeiro, RJ [Brasil]
danilogvieira@gmail.com

Gilson Brito Alves Lima

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense – UFF, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal Fluminense – UFF, Graduado em Engenharia Civil pelas Faculdades Integradas Augusto Motta, Professor Associado da Universidade Federal Fluminense – UFF.
Rio de Janeiro, RJ [Brasil]

Annibal Parracho Sant’Anna

Doutor em Estatística pela University of California, Mestre em Matemática pelo Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada – IMPA, Graduado em Matemática e Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Ex-Diretor do Instituto de Matemática e do Laboratório de Estatística da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.
Rio de Janeiro, RJ [Brasil]

Resumo

Neste trabalho, objetivou-se apresentar um método de solução de problemas na gestão de suprimentos, tendo como base uma análise quantitativa para auxiliar a tomada de decisão. O modelo proposto constitui um desenvolvimento do método QC Story, a partir da aplicação da técnica estatística de regressão logística. Um estudo de caso é desenvolvido para demonstrar como o QC Story pode ser conduzido e aplicado com efetividade na gestão do suprimento. O problema estudado é o alto índice de materiais comprados que são entregues fora do prazo requerido pelos clientes internos, considerando uma empresa brasileira da indústria de energia. A utilização da análise de regressão logística em conjunto com o método QC Story gerou resultados satisfatórios, permitindo que fosse constatada qual a causa que mais impactava nos atrasos. Por fim, o modelo permitiu ainda quantificar a relação de influência que cada causa tem sobre a probabilidade de ocorrência de atrasos.

Palavras-chave: Gerenciamento da melhoria. Gestão da cadeia de suprimentos. Melhoria de processos. Regressão e correlação.

Abstract

The purpose of this study is to present a problem-solving method in supply management based on quantitative analysis in order to assist in decision-making. The proposed model consists of an extension of the QC Story method, using the statistical technique of logistic regression. A case study is used to demonstrate how QC Story can be effectively applied in procurement management. The problem studied is the high rate of delivery of purchased materials after the deadline required by internal customers in a Brazilian energy company. The use of logistic regression analysis in conjunction with the QC Story method generated satisfactory results, allowing us to establish which causes had greater impact on delays. Finally, the proposed model also allowed us to quantify the influence that each cause has on the likelihood of delays.

Key words: Supply chain management. Improvement management. Process improvement. Regression and correlation.

será considerada a unidade administrativa (departamento, gerência, diretoria, etc.) que agrega as funções de compras de materiais, equipamentos, insumos e serviços em determinada organização.

Na seção a seguir, é apresentado o referencial teórico, dividido em três partes. A primeira parte apresenta uma revisão bibliográfica sobre gestão e avaliação de desempenho do suprimento, a segunda detalha como é o processo de suprimento das organizações e a terceira apresenta o modelo proposto. Logo após, realiza-se um estudo de caso, no qual é feita uma análise do desempenho das áreas de suprimento de uma empresa brasileira da indústria de energia. Para esta aplicação, escolheu-se como foco a dimensão “prazo”, ou seja, a partir de um indicador estratégico que mede o percentual de materiais comprados que foram entregues fora do prazo requerido, buscar-se-á detectar, utilizando o modelo proposto, quais são as causas básicas que impactam negativamente os resultados.

2 Referencial teórico

2.1 Revisão bibliográfica sobre gestão e avaliação de desempenho do suprimento

A gestão e a avaliação do desempenho do suprimento das empresas têm recebido diferentes abordagens por pesquisadores e especialistas no assunto.

Foerstl et al. (2013) realizaram uma pesquisa com 148 empresas e identificaram um conjunto de práticas que impactam positivamente na *performance* da atividade de suprimentos, constatando também que o desempenho da atividade de suprimentos tem influência sobre a *performance* geral da empresa. Com o objetivo de avaliar o desempenho de cadeias de suprimentos, Vaidya e Hudnurkar (2013) desenvolveram uma abordagem utilizando análise hierárquica de processos

(AHP), Agami, Saleh e Rasmy (2014) introduziram um modelo de avaliação que utiliza lógica *fuzzy* e Stefanovic (2014) apresentou um modelo preditivo combinando técnicas de modelagem de processos, medidas de desempenho, mineração de dados e tecnologia da informação.

Já Easton, Murphy e Pearson (2002) e Saranga e Moser (2010) usaram a Análise Envolvória de Dados (DEA) – em inglês, Data Envelopment Analysis – desenvolvida a partir de Charnes, Cooper e Rhodes (1978), para avaliação da eficiência do suprimento. Neste trabalho, os próprios autores reconheceram que os gerentes devem utilizar DEA apenas como um indicativo inicial de que há qualquer problema ou ineficiência no processo de suprimento e, dessa forma, análises adicionais sobre o problema e suas causas devem ser realizadas antes de qualquer ação corretiva em busca da melhoria contínua (EPSTEIN; HENDERSON, 1989 apud EASTON; MURPHY; PEARSON, 2002).

Saranga e Moser (2010) utilizam um modelo Value Chain DEA clássico, e em dois estágios para gerar uma medida de eficiência única do suprimento. Foram empregados quatro modelos DEA diferentes para avaliação da eficiência do suprimento de 120 empresas, representando sete setores industriais diferentes.

Andrade e Marçola (2009) desenvolveram um estudo de caso em que apresentam uma proposta de um conjunto de indicadores de desempenho para serem utilizados na gestão do suprimento de uma empresa manufatureira de grande porte, desenvolvendo, em seguida, um diagnóstico baseado no resultado apurado nos indicadores.

Ao pesquisarem sobre nível de utilização de medidas de desempenho na área de suprimentos, Pontes et al. (2008) e Libonati e Miranda (2004) identificaram que a maioria das organizações brasileiras tem poucas ou, até mesmo, nenhuma medida de desempenho formal da área de suprimentos.

2.2 O processo de suprimento

O setor de suprimento das organizações interfere direta ou indiretamente em diversas outras áreas. Desde a produção, que, como cliente interno, exige cumprimento de prazos e alto nível de qualidade, até a área financeira e contabilidade, que será responsável pelo pagamento aos fornecedores e controle do fluxo de caixa da empresa.

Diante disso, Heinritz e Farrel (1983) definiram os seguintes cinco objetivos principais do suprimento: comprar com a qualidade certa, comprar na quantidade certa, comprar no tempo certo, comprar ao preço certo e comprar na fonte certa.

O trabalho do setor de suprimento inicia com o recebimento da demanda que vem da produção, manutenção ou das diversas áreas administrativas da empresa. Tal demanda é formalizada por meio da requisição de compra, na qual são definidas as especificações do que deve ser comprado, a quantidade e o prazo em que o material deve ser entregue ou o serviço prestado. Conforme Viana (2002), o processo de compras, geralmente, é composto de seis etapas principais, sendo elas: recebimento e análise das requisições de compra, pesquisa e seleção de fornecedores, negociação com o fornecedor vencedor, emissão do pedido de compra, acompanhamento do pedido (*follow-up*) e controle do recebimento do material comprado.

A Figura 1 representa resumidamente o fluxo descrito acima.

2.3 Método QC Story e o modelo de regressão logística

Seja qual for o setor organizacional, existirão dificuldades que impedem o alcance de melhores resultados. Daí o motivo de, muitas vezes, afirmar-se que gerenciar é resolver problemas. Para efeitos deste trabalho, “[...] um problema é o resultado indesejável de um trabalho [...]” (KUME, 1993, p. 202).

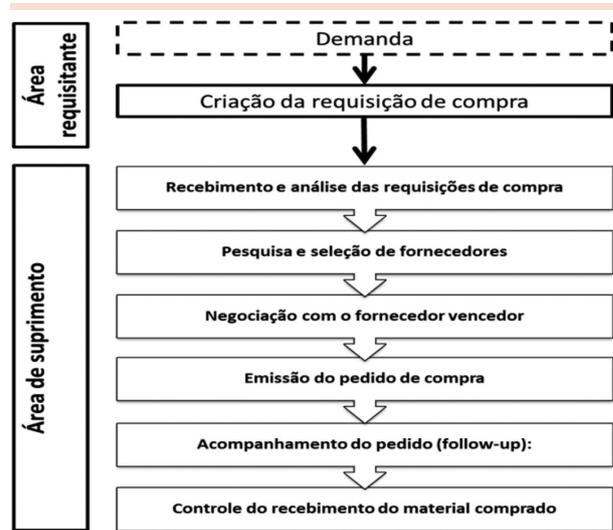


Figura 1: Fluxo do processo de compras

Fonte: Os autores.

Para a solução de problemas, neste trabalho, utilizou-se o método japonês da Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE), chamado Quality Control Story (QC Story) (ANDO 1984; KANO, 1993), conhecido, no Brasil, como Método de Análise e Solução de Problemas (MASP). Na Figura 2, apresentam-se os sete processos que o constituem.

PDCA	Fluxo	Processo	Objetivo
P	1	Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer sua importância
	2	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista
	3	Análise	Descobrir as causas fundamentais
D	4	Ação	Conceber um plano de ação e bloquear as causas fundamentais
C	5	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo
	?	(Bloqueio foi efetivo?)	
A	6	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema
	7	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para o trabalho futuro

Figura 2: Resumo do método de solução de problemas QC Story

Fonte: Adaptado de Campos (2004).

Na literatura, são encontradas aplicações do QC Story na identificação das causas de problemas na fabricação de automóveis (PATHAK; AHER, 2013) e de problemas na distribuição de suprimentos hospitalares (HUNG; LIN, 2015), na implantação de sistema de gestão da qualidade (ANHOLON, 2006; CORTADA, 2004) e no desenvolvimento do processo de aprendizagem organizacional (VERSIANI; ORIBE; REZENDE, 2013).

Dentre as ferramentas da qualidade que são comumente aplicadas no processo de Análise (Etapa 3) estão o diagrama de Pareto – gráfico que permite identificar os principais motivos que geram um determinado problema e é utilizado em situações em que é possível apontar uma única causa para cada ocorrência do problema –, e o diagrama de dispersão – gráfico que permite avaliar como é o relacionamento entre uma determinada causa e o problema analisado, sendo aplicado para situações em que existem apenas duas variáveis que podem ser medidas de forma quantitativa.

Entretanto, tais instrumentos apresentam algumas limitações que os impedem de ser aplicados em todas as ocasiões. O diagrama de Pareto, por exemplo, não se aplica a situações em que o problema sob análise é influenciado simultaneamente por várias variáveis (deve ser apontada uma única causa para cada ocorrência do problema). Já o diagrama de dispersão não se emprega quando as variáveis são qualitativas, do tipo certo-errado, atrasado-dentro do prazo e defeituoso-sem defeito, nem quando a análise envolve mais de duas variáveis.

Com isso, os modelos de regressão surgem como uma boa técnica para contornar tais limitações, uma vez que eles possibilitam que seja verificada e quantificada a relação existente entre o problema, variável resposta, e diversas causas, variáveis explicativas, e essas variáveis podem ser quantitativas ou qualitativas.

Segundo Johnson e Wichern (2002), a análise de regressão é utilizada para prever valores de uma variável resposta a partir de uma coleção de variáveis explicativas e, além disso, seus resultados permitem avaliar os efeitos que cada variável explicativa tem sobre a variável resposta.

Um dos objetivos almejados no processo de solução de problemas organizacionais é obter um modelo matemático do problema estudado, estabelecendo uma relação entre a variável de resposta y e as variáveis independentes x_i . Este tipo de modelo permite a otimização e maior domínio do problema a ser tratado, e pode ser conseguido mediante análise de regressão (CAMPOS, 2009).

Como extensão do modelo de regressão linear, Nelder e Wedderburn (1972) propuseram os Modelos Lineares Generalizados (MLG). A ideia básica consiste em ampliar as opções para a distribuição da variável de resposta, pois o modelo permite aplicar a técnica de análise de regressão mesmo nas ocasiões em que a variável de resposta tenha distribuição de Poisson, binomial, entre outras.

No caso da variável resposta dicotômica, aplica-se a regressão logística. Nestas situações a variável de resposta é qualitativa, como, por exemplo: sim-não, sucesso-fracasso, defeituoso-perfeito.

A regressão logística se tornou, em áreas como as de Epidemiologia e Economia, um modelo amplamente utilizado nas situações de análise de regressão em que a variável de resposta é binária. Alguns exemplos de aplicação na área econômica são os trabalhos de Selau e Ribeiro (2009), que usaram esse método para construir um modelo de previsão de risco de crédito; de Gartner e Garcia (2005), que utilizaram este tipo de regressão para avaliar a criação de valor em empresas e de Yap, Munuswamy e Mohamed (2012), que a usaram para predição de falência de empresas. Já na área epidemiológica, este método foi aplicado para aná-

lise de crianças com transtorno do déficit de atenção com hiperatividade (MAX; SUNG; SHI, 2013), previsão da gravidade da lesão torácica em situações de impacto frontal (ZHANG et al., 2013) e previsão de leucemia (MANNINEN et al., 2013).

No caso da regressão logística, atribuem-se os valores 0 e 1 para denominar cada um dos possíveis valores da variável resposta. Por exemplo: confere-se 0, se um produto estiver perfeito; e 1, se defeituoso; 0, se um serviço foi feito no prazo; e 1, se feito com atraso. Nesse caso, a média condicional deve ser maior ou igual a 0, e menor ou igual a 1, ou seja, $0 \leq E(Y | x) \leq 1$.

A forma específica do modelo de regressão logística é a seguinte (HOSMER; LEMESHOW, 1989):

$$\pi(\mathbf{x}) = P(Y = 1 | \mathbf{x}) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p}} \quad (1)$$

Para ajuste de um modelo de regressão logística, considera-se uma amostra de n observações independentes do par (x_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, n$, no qual y_i é uma variável binária codificada, como 1 e 0, representando a presença e a ausência de determinada característica, e x_i é o vetor de variáveis independentes para a i -ésima observação. Assim, o ajuste desse modelo requer uma estimativa para vetor de parâmetros $\beta' = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)$.

O método aqui utilizado para estimação dos parâmetros da regressão logística é o da máxima verossimilhança, que resulta em estimativas para os parâmetros desconhecidos de forma a maximizar a probabilidade de obter o grupo de dados observado (HOSMER; LEMESHOW, 1989).

3 Estudo de caso

O estudo de caso aqui apresentado foi realizado em empresa brasileira que atua na indús-

tria de energia nos seguintes setores: exploração e produção, refino, comercialização e transporte de óleo e gás natural, petroquímica, distribuição de derivados, energia elétrica, biocombustíveis e outras fontes renováveis de energia. Para fins de denominação neste trabalho, essa empresa será chamada de Energika.

Um dos indicadores de desempenho utilizado pela organização, e que será o foco deste estudo de caso, é relacionado à compra e entrega de materiais fora do prazo de suprimento solicitado pelo cliente interno. Tal indicador será chamado aqui de Índice de Descumprimento da Data Requerida (IDDR). A identidade desse indicador de desempenho se encontra no Apêndice A.

A Figura 3 ilustra o critério do indicador numa linha do tempo:

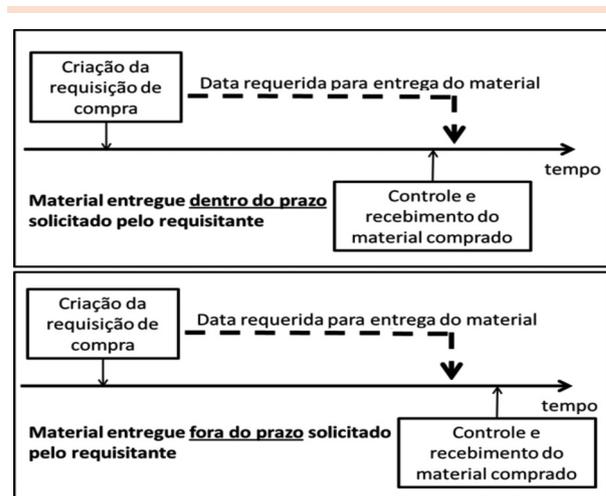


Figura 3: Esquema ilustrando i) material entregue dentro do prazo; ii) material entregue fora do prazo

Fonte: Os autores.

Dessa forma, o objetivo neste estudo de caso consiste na busca das causas fundamentais dos atrasos. Para isso, aplica-se o método de solução de problemas QC Story, recorrendo à regressão logística para responder ao seguinte questionamento: “Quais os principais fatores que afetam o processo de suprimento e fazem com que mate-

riais não sejam disponibilizados dentro do prazo requerido?” – e ainda – “Quais as possíveis ações que podem ser tomadas pela gestão do suprimento para eliminar ou mitigar essas causas e, conseqüentemente, diminuir o IDDR?”.

Nas subseções a seguir, será apresentada a aplicação das três primeiras etapas do método QC Story (1- Identificação do problema, 2- Observação e 3-Análise). As demais etapas do método, que envolvem a implementação das ações, verificação da eficácia e a padronização, não serão abordadas neste trabalho. O estudo de caso é finalizado com uma proposta de ação baseada nos resultados da análise. Maiores detalhes sobre o método QC Story podem ser encontrados em Ando (1984), Kano (1993) e Kume (1993).

3.1 Identificação do problema

Como mencionado anteriormente, um dos objetivos-chave do suprimento é comprar no tempo certo (HEINRITZ; FARRELL, 1983). O indicador de desempenho IDDR é a principal medida para monitorar o atingimento desse objetivo, e é de fundamental importância para que sejam acompanhados os impactos do suprimento na produção e nos projetos da empresa Energika.

O indicador IDDR é medido para o setor de suprimento de cada unidade. Neste estudo, serão

considerados os setores de compra de 11 unidades de refino, e de 8 unidades de exploração e produção.

Como o foco do atual trabalho é a melhoria contínua do desempenho individual de cada um dos setores de suprimento da Energika, promovendo ao longo do tempo a melhoria do desempenho no processo de suprimento da companhia como um todo, não será feita nenhuma ponderação ou diferenciação entre o volume de compra ou a localidade geográfica dos setores de compra, sendo todas as unidades tratadas de maneira uniforme.

Para fins de consolidação e apresentação do indicador geral da companhia, considerou-se a média aritmética simples do IDDR dos setores de suprimento em análise. A Figura 4 apresenta a evolução do indicador IDDR médio da Energika ao longo do ano de 2014. O gráfico também mostra o resultado máximo e mínimo do IDDR entre as unidades em cada mês.

Como pode ser observado, não há indicativo de que o resultado esteja melhorando ao longo do tempo, e, além disso, há unidades que apresentam IDDR em um patamar altíssimo em determinados meses, alcançando aproximadamente 90%.

Essa breve análise do indicador leva a questionar a eficácia do suprimento em atingir um de seus objetivos principais, que é comprar no tempo

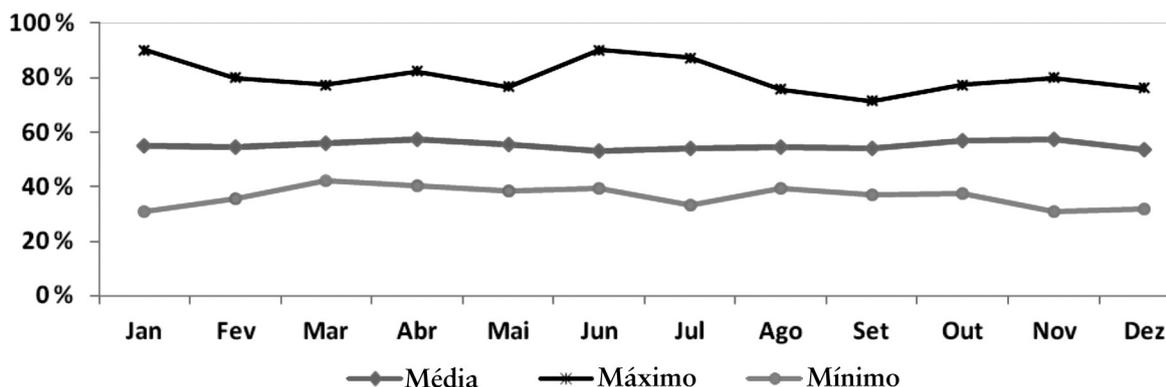


Figura 4: Histórico do indicador IDDR na Energika no ano 2014

Fonte: Os autores.

certo. Por isso, a importância de se analisar mais criteriosamente os fatores que estão impactando nesse mau resultado.

3.2 Observação

Tendo em vista a quantidade de setores de compra que a empresa possui, a principal estratificação que se faz necessária nessa fase do QC Story é quanto à localização do problema. Ou seja, precisa-se identificar onde este é mais grave, para que se possam concentrar esforços primeiramente nesse setor. A Figura 5 apresenta a média mensal do IDDR de 2014 para cada um dos 19 setores de compra analisados. Tais setores de compra serão denominados de “Setor A” até “Setor S”.

Como pode ser observado, a área de compras denominada “Setor A” apresenta o pior IDDR médio no ano de 2014 e, portanto, deve ser o foco inicial de atenção, buscando-se as causas principais que provocam o alto índice de atraso. Por isso, deste ponto em diante, todas as análises serão realizadas baseando-se em dados do referido setor.

Para realizar o processo de análise, foi selecionada uma amostra de 804 materiais comprados

por esse setor de compras e que foram entregues ao longo do ano de 2014.

3.3 Análise

Esse processo é de fundamental importância no método QC Story, uma vez que é o responsável por levantar as causas hipotéticas do problema e, adicionalmente, testar tais hipóteses de modo a detectar quais delas são as mais relevantes e precisam ser sanadas de forma prioritária.

Para construção do diagrama de causa e efeito que apresente a maior variedade de possíveis causas, foi realizada uma *survey* com colaboradores da área de compra de materiais de toda a empresa. Foram considerados compradores, supervisores e gerentes, com o objetivo de captar pontos de vista diferentes. Para tanto, encaminharam-se 401 *e-mails* para o público-alvo citado, cada um contendo o formulário de pesquisa mostrado no Apêndice B, que foi construído a partir do sistema *SurveyMonkey* e ficou disponível no endereço <<http://www.surveymonkey.com/s/LXG797Q>>. Foi alcançado um índice de participação de 24%, uma vez que 98 colaboradores responderam. O resultado da *survey* é apresentado no Apêndice C, detalhando as respostas recebidas em cada item.

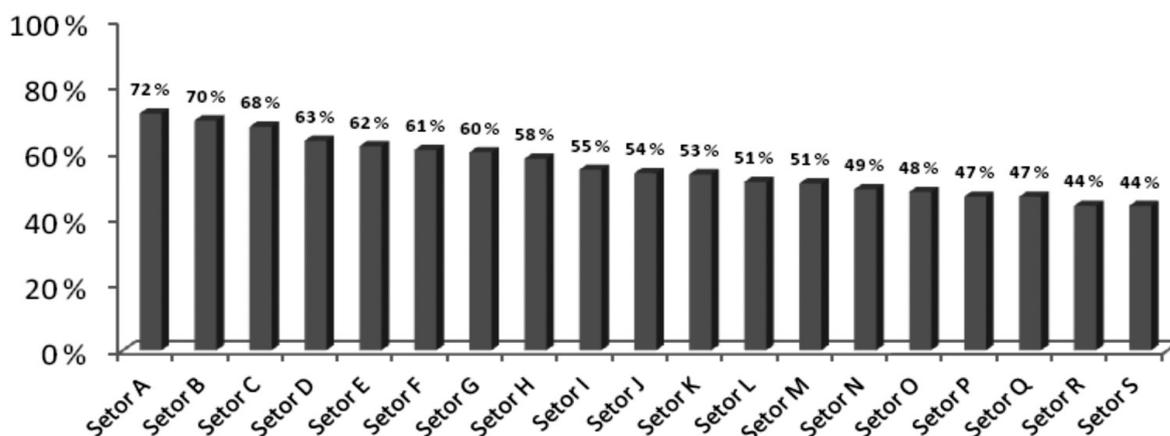


Figura 5: Média mensal do IDDR de 2014 para cada setor de compra analisado

Fonte: Os autores.

Como principal resultado da *survey*, a Figura 6 apresenta o diagrama de causa e efeito, que contém diversos fatores que podem impactar na chegada de materiais com atraso.

Observa-se que o problema em questão pode ser gerado por múltiplas causas e, além disso, tais variáveis são dicotômicas. Estes fatores inviabilizam a aplicação de ferramentas tradicionais, como os diagramas de Pareto e de dispersão. Como já foi ressaltado, a análise de regressão logística permite lidar com essas limitações.

No diagrama de causa e efeito apresentado acima, foram identificadas as seguintes cinco causas primárias: requisitante, setor de suprimento, fornecedor, transportador e recebimento. Partindo desse ponto, o objetivo do modelo de regressão logística é descobrir qual dessas causas primárias impacta mais fortemente o problema analisado. O

fator transportador não será considerado na análise devido à impossibilidade de conseguir informações dessa parte do processo pelo sistema de informação da empresa.

Para aplicação da regressão logística, será considerada uma variável-resposta, que recebe o código 1, se determinado material foi entregue com atraso; e o código 0, caso este tenha chegado dentro do prazo. Já as variáveis independentes, que, neste caso, são as causas hipotéticas já citadas, serão codificadas conforme apresentado na Tabela 1.

Em resumo, cada variável independente receberá o valor 1, se houver um sinal de falha em seu processo; e 0 caso contrário.

A Tabela 2 apresenta a estimativa de máxima verossimilhança dos parâmetros do modelo de regressão logística. Adicionalmente, são mostrados

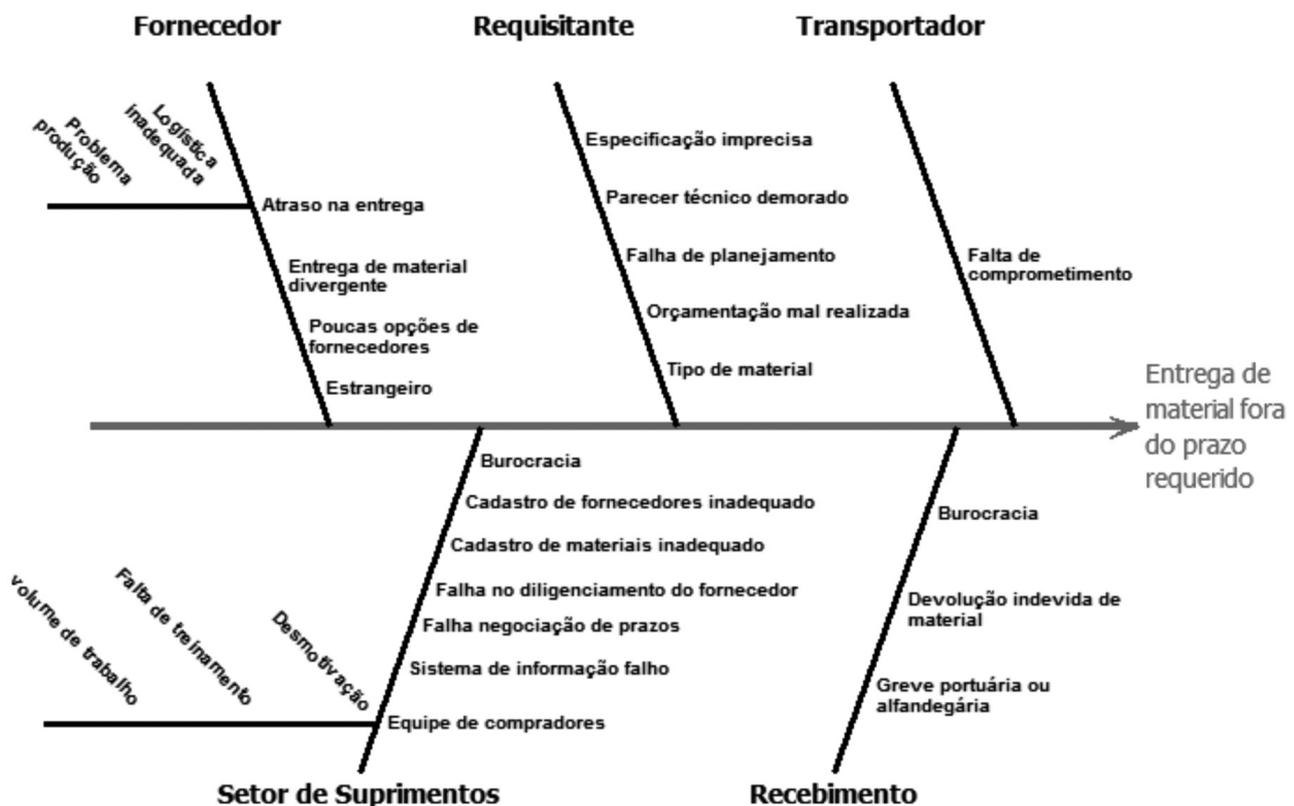


Figura 6: Diagrama de causa e efeito para o problema "Entrega de material fora do prazo requerido"

Fonte: Os autores.

Tabela 1: Codificação das variáveis independentes utilizadas no modelo de regressão logística

Variável (Causa)	Codificação
Requisitante x_{req}	1 - para os casos em que o material foi solicitado com um prazo para entrega inferior a sua média histórica (falha de planejamento)
	0 - para os casos em que o material foi solicitado com um prazo para entrega adequado, ou seja, superior à sua média histórica
Setor de Suprimento x_{sup}	1 - para os casos em que o material levou um tempo superior a sua média histórica para ser comprado
	0 - para os casos em que o material foi comprado com um tempo adequado, ou seja, inferior à sua média histórica
Fornecedor x_{forn}	1 - para os casos em que houve atraso do fornecedor, ou seja, entregou em uma data posterior a que foi estipulada no contrato
	0 - para os casos em que o fornecedor entregou o material dentro do prazo acordado
Recebimento x_{rec}	1 - para os casos em que o tempo para recebimento e disponibilização do material foi superior à média histórica
	0 - para os casos em que o tempo para recebimento e disponibilização do material foi adequado, ou seja, inferior à média

os resultados do teste de Wald e do teste da razão de verossimilhança. A variável independente fornecedor foi desconsiderada, já que o p-valor encontrado inicialmente para a mesma foi 0,12; superior ao nível de significância 0,05.

Tabela 2: Estimativa dos coeficientes do modelo de regressão logística, desconsiderando a variável fornecedor

Variável	Coeficiente	p-valor do teste de Wald
Constante ($\hat{\beta}_0$)	-1,36	0,00
Requisitante ($\hat{\beta}_{req}$)	2,17	0,00
Setor de suprimento ($\hat{\beta}_{sup}$)	1,64	0,00
Recebimento ($\hat{\beta}_{rec}$)	0,81	0,00

p-valor teste da razão de verossimilhança: 0,00.

Como os p-valores do teste da razão de verossimilhança e dos testes de Wald foram menores que o nível de significância 0,05, pode ser constatado que todos os coeficientes estimados são estatisticamente significantes.

Portanto, o próximo passo é avaliar a qualidade do modelo ajustado. Para isso, a Tabela 3, na sequência, apresenta os p-valores dos testes de hipóteses qui-quadrado de Pearson, *deviance* e de Hosmer-Lemeshow. Como os p-valores desses testes são superiores a 0,05, a hipótese de que o modelo está bem ajustado não é rejeitada.

Tabela 3: Testes de hipóteses para avaliação da qualidade do ajuste do modelo

Teste de qualidade do ajuste	p-valor
Teste qui-quadrado	0,61
<i>Deviance</i>	0,57
Hosmer-Lemeshow	0,85

A seguir, é apresentada a formulação matemática do modelo após a estimativa de seus parâmetros:

$$\pi(\mathbf{x}) = P(Y = 1 | \mathbf{x}) =$$

$$= \frac{e^{-1,36 + 2,17 x_{req} + 1,64 x_{sup} + 0,81 x_{rec}}}{1 + e^{-1,36 + 2,17 x_{req} + 1,64 x_{sup} + 0,81 x_{rec}}} \quad (2)$$

A partir desse modelo pode ser estimada a probabilidade de atraso na entrega de material considerando cada um dos cenários utilizados na modelagem. A Tabela 4 apresenta a probabilidade tendo em vista oito combinações possíveis.

Mediante essa tabela, já pode ser observado o grande impacto causado pela variável requisitante: quando nenhum dos três fatores ocorre, a probabilidade estimada de atraso é de apenas 0,20, e salta para 0,69 somente pelo fato de ocorrer falha de planejamento por parte do requisitante.

Tabela 4: Estimativa das probabilidades de atraso a partir do modelo construído, considerando os oito cenários possíveis

Requisitante (x_{req})	Setor de suprimento (x_{sup})	Recebimento (x_{rec})	Probabilidade estimada ($\pi(x)$)
0	0	0	0,20
1	0	0	0,69
0	1	0	0,57
0	0	1	0,37
1	1	0	0,92
1	0	1	0,83
0	1	1	0,75
1	1	1	0,96

A forma mais direta e intuitiva de se interpretar um modelo de regressão logística é por meio da razão de chances, que é obtida a partir dos coeficientes ajustados. A Tabela 5 apresenta as estimativas da razão de chances para cada causa, juntamente com um intervalo de confiança de 95%.

Tabela 5: Razão de chances das variáveis independentes do modelo de regressão logística ajustado

Variável	Razão de chances ($e\beta$)	Intervalo de confiança	
		Limite inferior	Limite superior
Constante	—	—	—
Requisitante	8,79	5,73	13,50
Setor de suprimento	5,15	3,62	7,34
Recebimento	2,25	1,57	3,23

Por intermédio desses resultados, pode ser constatado que a falha de planejamento por parte do requisitante acaba resultando em uma chance quase nove vezes maior de o material chegar com atraso, em relação aos casos em que não houve falha de planejamento.

Quando o setor de suprimento leva um tempo excessivo para compra do material, a chance deste ser disponibilizado com atraso é cinco vezes superior em relação aos casos em que o referido setor leva um tempo razoável para comprar o item solicitado.

Já no caso do recebimento, quando é este feito com um tempo superior à média, praticamente dobra a chance de que o material chegue com atraso.

A partir desses resultados, conclui-se que a causa primária “requisitante” é a que mais impacta no problema estudado, e, portanto, deve ser o foco para receber tratamento e, consequentemente, possibilitar melhores resultados do IDDR.

3.4 Proposta de ação

Considerando os resultados do modelo de regressão logística, constatou-se que a falha no planejamento da demanda pelo requisitante é a principal causa dos atrasos na entrega dos materiais comprados. A seguir, são apresentadas propostas de ações corretivas prioritárias a serem executadas para tratamento desse problema:

- a) O gerente de suprimento deve realizar reunião com todos os seus clientes internos (requisitantes), com o objetivo de esclarecer qual o tempo médio necessário para compra, entrega e disponibilização de cada tipo de material frequentemente comprado por eles. É imprescindível destacar para os requisitantes que esse tempo deve ser levado em consideração no planejamento da demanda, possibilitando que a requisição de compra seja criada de forma programada e com uma data requerida possível de ser atendida.
- b) A equipe do setor de suprimento deve, ao receber cada pedido de compra, verificar e renegociar o prazo solicitado pelo requisitante para entrega do material. Essa verificação serve como um complemento para a ação (a) proposta acima, pois mesmo com o acordo, pode haver displicência do requisitante ao estipular desnecessariamente um prazo inviável.

Essas duas ações corretivas, caso sejam implementadas de forma efetiva, irão bloquear a

ocorrência da principal causa do problema em estudo, e, conseqüentemente, será gerada uma diminuição na frequência de atrasos na entrega dos materiais comprados, mitigando a ocorrência de paradas de produção, atrasos em projetos e impactos na rotina de trabalho.

Estas duas ações estão baseadas exclusivamente nos resultados alcançados pela aplicação do modelo proposto, que identificou o fator “requisitante” como principal causador dos atrasos.

Como seqüência no método QC Story, após a execução das ações propostas, devem ser realizados os processos de verificação, padronização e conclusão, com o objetivo de verificar se o bloqueio da causa foi efetivo, prevenir contra o reaparecimento de problemas devido à causa tratada e implementar melhorias no próprio processo de solução de problemas.

4 Considerações finais

Após revisão bibliográfica, nesta pesquisa, constatou-se que existem na literatura diferentes propostas de métodos de gestão e avaliação de desempenho do suprimento das organizações. Na maioria desses trabalhos, o objetivo é propor um conjunto de indicadores de desempenho ou um modelo para medir a eficácia e eficiência do suprimento.

Foram encontrados alguns levantamentos que dão indícios de que a implementação e utilização de medidas de desempenho na gestão do suprimento não está plenamente difundida.

As referências consultadas ressaltam a importância da utilização de fatos e dados na tomada de decisão, possibilitando maior assertividade nos resultados das ações. A partir desse consenso e das constatações expostas anteriormente, neste estudo foi proposta a utilização do método de solução de problemas QC Story na gestão do suprimento.

Em paralelo, devido às limitações existentes nas ferramentas da qualidade normalmente empregadas, foi proposto também um aprimoramento no método QC Story, acrescentando-se a análise de regressão logística para avaliar a relação entre o problema e as causas hipotéticas.

O estudo de caso desenvolvido demonstrou como o método de solução de problemas QC Story pode ser conduzido e aplicado com efetividade na gestão do suprimento. A utilização da análise de regressão logística como uma das ferramentas deste método gerou resultados bastante satisfatórios, uma vez que permitiu constatar a causa que mais impactava no problema de atrasos do suprimento e, além disso, possibilitou quantificar a relação de influência que cada causa tinha sobre a probabilidade de ocorrência de atrasos.

Referências

- AGAMI, N.; SALEH, M.; RASMY, M. An innovative fuzzy logic based approach for supply chain performance management. *IEEE Systems Journal*, v. 8, p. 336-342, 2014.
- ANDO, Y. *How to improve your process using “QC Story” procedure*. Tokyo: Juse, 1984.
- ANDRADE, J. H.; MARÇOLA, J. A. Proposta de um conjunto de indicadores de desempenho para o processo de compras. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – SIMPEP, 26., Bauru. *Anais...* Bauru: Simpep, 2009.
- ANHOLON, R. Método de implantação de práticas de gestão da qualidade para microempresas. 2006, 212 f. Tese (Doutorado)–Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- BAILY, P. et al. *Compras: princípios e administração*. São Paulo: Atlas, 2000.
- CAMPOS, V. F. *O verdadeiro poder*. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2009.
- CAMPOS, V. F. *TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)*. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.
- CAPS Research. Cross-Industry Metric Report July 2014. Disponível em: <<https://knowledge.capsresearch.org/publications/pdfs-sponsor/CI201407Metric.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2015.

- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 429-444, 1978.
- CORTADA, A. C. H. Implantação de um sistema de gestão da qualidade através do MASP. Dissertação (Mestrado)– Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- EASTON, L.; MURPHY, D. J.; PEARSON, J. N. Purchasing performance evaluation: with data envelopment analysis. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, v. 8, p. 123-134, 2002.
- FOERSTL, K. et al. Cross-functional integration and functional coordination in purchasing and supply management: Antecedents and effects on purchasing and firm performance. *Internacional Journal of Operations & Production Management*, v. 33, p. 689-721, 2013.
- GARTNER, I. R.; GARCIA, F. G. Criação de valor e estratégias de operações: um estudo do setor químico e petroquímico brasileiro. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 12, p. 459-468, 2005.
- HEINRITZ, S.; FARRELL, P. V. *Compras: princípios e aplicações*. São Paulo: Atlas, 1983.
- HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S. *Applied logistic regression*. New York: Wiley, 1989.
- HUNG, CY.; LIN, S. S. The process improvement of the supplies distribution of the central sterile services department. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, v. 48, n. 2, p. S104, 2015.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. *Applied multivariate statistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
- KANO, N. *Task Achieving QC Story for QC Circles*. Tokio: JUSE, 1993.
- KUME, H. *Métodos estatísticos para melhoria da qualidade*. São Paulo: Gente, 1993.
- LIBONATI, J. J.; MIRANDA, L. C. *Medidas utilizadas na avaliação do desempenho da área de suprimentos: um estudo exploratório*. Brasília, DF: UNB, 2004.
- MANNINEN, T. et al. Leukemia prediction using sparse logistic regression. *PLOS ONE*, v. 8, p. e72932, 2013.
- MAX, W.; SUNG, HY.; SHI, Y. Attention deficit hyperactivity disorder among children exposed to secondhand smoke: a logistic regression analysis of secondary data. *International Journal of Nursing Studies*, v. 50, p. 797-806, 2013.
- NEELY, A. The performance measurement revolution: why now and what next?. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 19, n. 2, p. 205-228, 1999.
- NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society*, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.
- PATHAK, Y.; AHER, V. S. Analysis of bearing cup assembly failure in drive shaft assembly. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, v. 13, p. 188-193, 2013.
- PONTES, A. T. et al. A utilização de indicadores de desempenho no setor de suprimentos hospitalares. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 4., 2008, Niteroi, RJ. *Anais...* Niteroi: CNEG, 2008.
- SARANGA, H.; MOSER, R. Performance evaluation of purchasing and supply management using value chain DEA approach. *European Journal of Operational Research*, v. 207, p. 197-205, 2010.
- SELAU, L. P. R.; RIBEIRO, J. L. D. Uma sistemática para construção e escolha de modelos de previsão de risco de crédito. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 16, p. 398-413, 2009.
- STEFANOVIC, N. Proactive supply chain performance management with predictive analytics. *The Scientific World Journal*, vol. 2014, pp. 1-17, 2014.
- SurveyMonkey. Internet. Endereço eletrônico no qual o questionário da pesquisa ficou disponível para os participantes. Disponível em: <<http://www.surveymonkey.com>>/ <<http://www.surveymonkey.com/s/LXG797Q>>.
- VAIDYA, O.; HUDNURKAR, M. Multi-criteria supply chain performance evaluation: An Indian chemical industry case study. *Internacional Journal of Productivity and Performance Management*, v. 62, p. 293-316, 2013.
- VERSIANI, A. F.; ORIBE, C. Y.; REZENDE, S. F. L. A aprendizagem das organizações gerada pelas práticas formais no ambiente de trabalho. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 14, n. 4, p. 15-44, 2013.
- VIANA, J. J. *Administração de materiais: um enfoque prático*. São Paulo: Atlas, 2002.
- YAP, B. C. F.; MUNUSWAMY, S.; MOHAMED, Z. B. Evaluating company failure in Malaysia using financial ratios and logistic regression. *Asian Journal of Financial and Accounting*, v. 4, p. 330-344, 2012.
- ZHANG, P. et al. Prediction of thoracic injury severity in frontal impacts by selected anatomical morphomic variables through model-averaged logistic regression approach. *Accident Analysis & Prevention*, v. 60, p. 172-180, 2013.



Título	Sigla
Índice de Descumprimento da Data Requerida	IDDR

Responsável	Periodicidade
Gerência corporativa de suprimento	Mensal

Unidade de medida	Previsto (meta)	Melhor
%	-	Baixo 

Processo:	Suprimento
------------------	------------

Definição:	Percentual dos itens de material que foram entregues fora do prazo estipulado pelo requisitante.
-------------------	--

Objetivo:	Acompanhar e controlar o desempenho do processo de suprimento em relação à dimensão prazo.
------------------	--

Fórmula de cálculo:	$\left[\frac{\textit{Quantidade de itens entregues fora do prazo requerido}}{\textit{Quantidade total de itens que foram entregues}} \right] \times 100\%$
----------------------------	---

Fonte de coleta de dados:	Sistema ERP
----------------------------------	-------------

Apêndice A: Identidade do indicador IDDR

No início do processo de suprimento, ao surgir a demanda, o usuário requisitante cria o documento de Requisição de Compra e especifica qual é a DATA REQUERIDA, ou seja, a data que o material deve estar disponibilizado para uso.

O objetivo desta pesquisa é levantar a percepção dos colaboradores do suprimento quanto às causas de atrasos na entrega dos materiais comprados (atrasos em relação à data requerida pelo usuário requisitante).

Na sua opinião, como cada um dos fatores abaixo prejudica a entrega do material dentro da DATA REQUERIDA pelo usuário?

1. Falta de planejamento do usuário requisitante do material, que exige entrega do material em um prazo curto.

- a) Não prejudica o atendimento da data requerida
- b) Prejudica pouco o atendimento da data requerida
- c) Prejudica razoavelmente o atendimento da data requerida
- d) Prejudica muito o atendimento da data requerida
- e) Prejudica fortemente o atendimento da data requerida

2. Tempo excessivo do setor de suprimento para executar a compra.

- a) Não prejudica o atendimento da data requerida
- b) Prejudica pouco o atendimento da data requerida
- c) Prejudica razoavelmente o atendimento da data requerida
- d) Prejudica muito o atendimento da data requerida
- e) Prejudica fortemente o atendimento da data requerida

3. Data de entrega negociada com o fornecedor (Data de Remessa do Pedido) não respeita (é superior) a data requerida pelo usuário.

- a) Não prejudica o atendimento da data requerida
- b) Prejudica pouco o atendimento da data requerida
- c) Prejudica razoavelmente o atendimento da data requerida
- d) Prejudica muito o atendimento da data requerida
- e) Prejudica fortemente o atendimento da data requerida

4. Não existe contrato global para atendimento do material (é necessário executar o processo de compra *spot*).

- a) Não prejudica o atendimento da data requerida
- b) Prejudica pouco o atendimento da data requerida
- c) Prejudica razoavelmente o atendimento da data requerida
- d) Prejudica muito o atendimento da data requerida
- e) Prejudica fortemente o atendimento da data requerida

5. Material deve ser comprado com fornecedor estrangeiro (processo de importação).

- a) Não prejudica o atendimento da data requerida
- b) Prejudica pouco o atendimento da data requerida
- c) Prejudica razoavelmente o atendimento da data requerida
- d) Prejudica muito o atendimento da data requerida
- e) Prejudica fortemente o atendimento da data requerida

6. Fornecedor entrega o material em data posterior ao estipulado no contrato.

- a) Não prejudica o atendimento da data requerida
- b) Prejudica pouco o atendimento da data requerida
- c) Prejudica razoavelmente o atendimento da data requerida
- d) Prejudica muito o atendimento da data requerida
- e) Prejudica fortemente o atendimento da data requerida

7. Outro fator. Qual:

(Detalhar o fator e quanto prejudica o atendimento à data requerida)

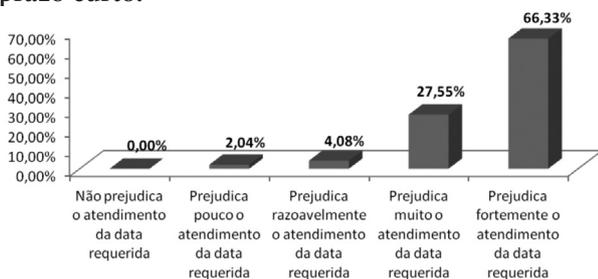
Apêndice B: Questionário da survey



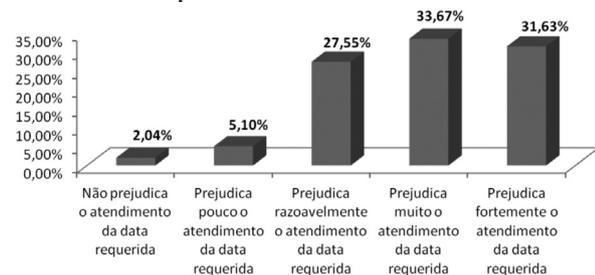
A seguir são apresentados os resultados de cada item da *survey* realizada. No gráfico é mostrado o percentual de respondentes que respondeu cada alternativa. A média mostrada é uma média aritmética simples das respostas recebidas, considerando:

Peso	Alternativa
1	Não prejudica o atendimento da data requerida
2	Prejudica pouco o atendimento da data requerida
3	Prejudica razoavelmente o atendimento da data requerida
4	Prejudica muito o atendimento da data requerida
5	Prejudica fortemente o atendimento da data requerida

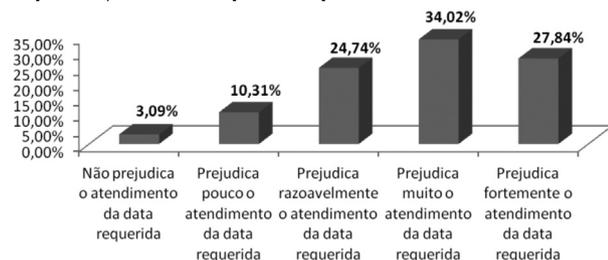
1. Falta de planejamento do usuário requisitante do material, que exige entrega do material em um prazo curto.



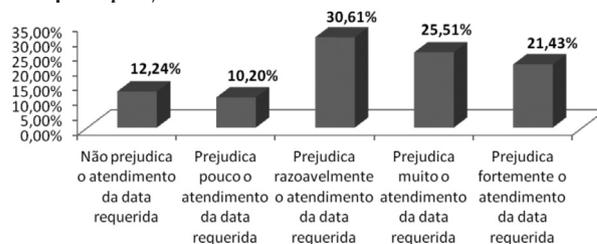
2. Tempo excessivo do setor de suprimento para executar a compra.



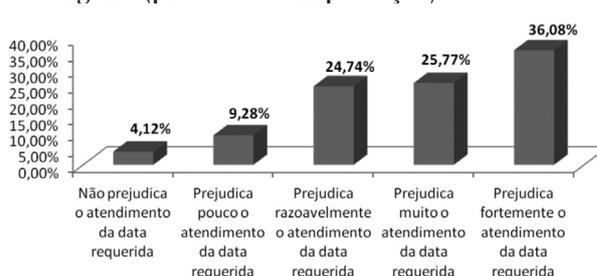
3. Data de entrega negociada com o fornecedor (Data de Remessa do Pedido) não respeita (é superior) a data requerida pelo usuário.



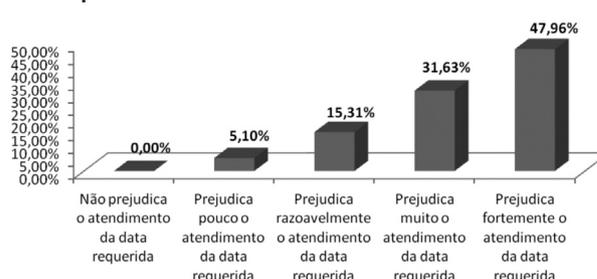
4. Não existe contrato global para atendimento do material (é necessário executar o processo de compra *spot*).



5. Material deve ser comprado com fornecedor estrangeiro (processo de importação).



6. Fornecedor entrega o material em data posterior ao estipulado no contrato.



7. Outro fator. Qual:

(Detalhar o fator e quanto prejudica o atendimento à data requerida)

Como esta pergunta continha um campo texto para resposta e era opcional, o resultado foi consolidado a partir de uma análise detalhada de cada resposta, buscando agrupar os fatores. O grau de importância de cada fator não foi possível de se analisar, uma vez que a maioria dos respondentes não o especificou. A seguir, é apresentada a frequência em que cada fator foi citado nas respostas dessa pergunta.

Tabela 1: Causas identificadas na questão aberta do questionário aplicado na survey

Possível fator que prejudica o atendimento à data requerida	Quantidade de vezes que foi citada
Requisitante específica o material de maneira incorreta ou insuficiente	13
Burocracia no processo de suprimento	7
Requisitante exige o material em um curto espaço de tempo (falha no planejamento)	5
Fornecedores cadastrados inadequadamente / Fornecedores insuficientes (poucas opções)	4
Número de colaboradores do setor de suprimento é insuficiente para a quantidade de compras a serem executadas	4
Falta de comprometimento do transportador	3
Tipo de material a ser comprado: material de prateleira ou a ser fabricado (engenheirado)	3
Requisitante leva muito tempo para elaborar o parecer técnico do material a ser comprado	3
Falha no recebimento do material	3
Ferramentas de sistema de informação ruins	2
Desmotivação dos colaboradores do setor de suprimento	2
Falta de treinamento dos colaboradores do setor de suprimento	2
O cadastro dos materiais a serem comprados está inadequado no sistema de informação	2
Fornecedor entrega material divergente do solicitado	1
Diligenciamento da compra é ineficiente	1
Exigência de que determinado percentual do material comprado seja de origem nacional	1
Orçamentação do material é mal realizada	1
Greve portuária/alfandegária	1

...Continuação Apêndice C: Resultados da survey

Recebido em 10 mar. 2015 / aprovado em 27 abr. 2015

Para referenciar este texto

VIEIRA, D. G.; LIMA, G. B. A.; SANT'ANNA, A. P. Método de solução de problemas na gestão de suprimentos: utilização de regressão logística para análise das causas de atrasos no recebimento de materiais. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 115-131, 2015.

