

Utilização de modelo multicritério no auxílio de ordenação de prioridades de causas de parada de linha em uma indústria de bebidas

Fernanda Cavicchioli Zola, Franciely Velozo Aragão, Márcia Cristina Alves, Janaina Piana,
Aldo Branghini Junior

Resumo: Na atual conjuntura as empresas necessitam tornar seus processos cada vez mais eficientes visando sua permanência no mercado. As paradas de linha acarretam ineficiência e perda de produtividade. Os softwares ERP são capazes de auxiliar na identificação dos efeitos dessa ineficiência, ficando a cargo da empresa encontrar as possíveis causas. Os métodos de auxílio a tomada de decisão (MCDM – *Multiple Criteria Decision Making*) são ferramentas que permitem a ordenação de uma série de alternativas. Neste contexto a partir de uma matriz de decisão preenchida pelos envolvidos no processo foi aplicado o método CRITIC (*Criteria Importance Through Intercreteria Correlation*) para definir o peso dos decisores e o método WPM (*Weighted Product Method*) para ordenar a prioridade das causas a serem atacadas. O método se mostrou muito eficiente e permitiu que fossem priorizadas as causas que mais afetam as paradas de linha considerando a visão de todos os envolvidos no processo.

Palavras chave: Parada de linha, CRITIC, WPM.

Use of multiriteria model in order to prioritize causes of line stop in a beverage industry

Abstract: Companies are joining their companies more and more efficiently to stay in the market. The line stops inefficiency and loss of productivity. ERP software is capable of assisting in identification and inefficiency, resulting in a business load. The decision-making methods (MCDM) are those that allow the ordering of a series of alternatives. In this context, the methodology of correlation between processes and the Weighted Product Method (WPM) was used to determine the weight of the causes of an attack. The method proved to be very efficient and was prioritized as causes that affect decision making.

Key-words: Line Stop, CRITIC, WPM

1. Introdução

A busca por processos mais eficientes a fim de melhorar a produtividade das empresas é um dos temas mais importantes da atualidade. Com a maior competitividade entre as empresas e o maior rigor por parte do cliente final, a eficiência e eficácia dos processos são essenciais para as empresas que constantemente buscam a redução de custos e aumento da qualidade afim de se manter nesse mercado cada vez mais competitivo.

Para isso, busca-se causas que afetam o processo através da análise de processo que se baseia em fatos e dados obtidos através da sequência lógica do processo (FALCONI, 1992). Essa análise de processos permite identificar as atividades que não agregam valor no processo produtivo, permitindo então identificar suas causas para que as mesmas possam ser eliminadas torando o processo mais eficiente possível e, contribuindo assim para a competitividade das empresas (CORRÊA et.al., 2001).

A identificação de causas usualmente leva à um problema de decisão, uma vez que as causas

costumam ser várias e não podem ser atacadas todas ao mesmo tempo. Problemas de decisão são usualmente resolvidos na Engenharia de Produção através da aplicação de ferramentas da Pesquisa Operacional que auxiliam na tomada de decisão. Os modelos multicritérios MCDM (Multiple Criteria Decision Making) são muito relevantes no auxílio ao decisor, principalmente em problemas em que existe subjetividade (SALOMON, 2002).

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo utilização de modelo multicritério para ordenar as causas de paradas de produção de uma linha de produção de refrigerantes.

2. Referencial Teórico

A confiabilidade, pode ser definida como a capacidade que um produto ou processo tem para executar sua função, sob as condições operacionais pré-estabelecidas (WERKEMA, 2016).

Um processo industrial pode ser definido como sendo um conjunto de atividades realizadas em uma sequência ordenada que tem por objetivo a produção de um bem ou serviço. Já o produto é o resultado deste conjunto de atividades ordenadas, ou seja, é o resultado das operações de um sistema (BIERMANN, 2007).

Logo entende-se que a confiabilidade de um processo ou produto, é quando os mesmos atendem as especificações pré-estabelecidas em seu projeto, ocasionando o perfeito funcionamento do mesmo, isto é, que não ocorram falhas ou anomalias que possam atrapalhar o desempenho dos mesmos (DROGHETT e MOSLEH, 2006).

A principal aplicação da confiabilidade é na prevenção de falhas, as mesmas devem ser analisadas priorizando a apresenta maior risco de falha do processo ou produto (DROGHETT e MOSLEH, 2006). Atualmente grandes organizações possuem processos automatizados, os quais permitem por meio de softwares a geração de informações que otimizem a funcionalidade do processo produtivo (LAUDON e LAUDON, 2014).

Os softwares ERP (Enterprise Resource Planning) consistem em pacotes de sistemas comerciais que integram os vários módulos do sistema, tais como Produção, Custos, Finanças, Vendas, RH, etc. O ERP consiste na evolução dos sistemas MRP I (Material Requirement Planning) e MRP II (Manufacturing Resource Planning) sendo uma única base de dados para toda a empresa, incluindo filiais (PADRILHA, 2002).

Dessa forma, os sistemas ERP além de integrarem todos os setores da instalação facilitam a coleta de dados de qualquer setor da fábrica, otimizando de forma considerável o tempo gasto no processamento de dados (CORRÊA et. al., 2001).

As informações coletadas através do software ERP precisam ser processadas e analisadas. Existem inúmeras ferramentas que auxiliam nesse processo de análise, entre elas a Matriz de Priorização que, segundo Meireles (2001) consistem em uma ferramenta de gestão que auxilia na priorização ou escolha de alternativas, uma vez que cada alternativa é confrontada com as demais.

Para auxiliar na construção da matriz de priorização utiliza-se, entre outros, o método GUT (Gravidade, Urgência, Tendência) que permite a priorizar as estratégias de tomada de decisão afim de torna-las mais organizada (COLENGHI, 2007).

Na engenharia de produção muitos problemas de tomada de decisão são resolvidos com o

auxílio do MCDM que além de permitir analisar todos os parâmetros do problema, ainda se destaca em problemas com qualquer grau de subjetividade. O método se destaca ainda por permitir que tanto variáveis quantitativas, quanto qualitativas, sejam analisadas simultaneamente (ALMEIDA, 2011).

Uma das vantagens dos modelos multicritérios é o fato de permitir a influência de um decisor ou mais na tomada de decisão, permitindo que o problema seja analisado por diversos ângulos (ALMEIDA, 2013).

Os métodos MCDM variam desde modelos simples até a modelos matemáticos complexos e por isso muitas empresas acabam não utilizando o método preocupada com a sua complexidade. Existem inúmeros modelos multicritérios que auxiliam na tomada de decisão, cabendo ao decisor escolher qual o modelo se enquadra mais ao seu problema de acordo com as características e complexidade do mesmo, sendo que cada método possui suas vantagens e desvantagens (GOMES, 2002).

3. Metodologia

Para a realização do trabalho, primeiramente, foram gerados do sistema SAP ERP da empresa os dados de paradas de linha (referente aos últimos seis meses) em cada um dos equipamentos da linha de produção a fim de definir o equipamento crítico do processo.

Com o equipamento crítico definido, foi então realizada uma reunião com os principais envolvidos no processo, de onde foi possível elencar possíveis causas para a parada do equipamento crítico.

Visando priorizar o ataque das causas, foi então solicitado que cada um dos envolvidos que preenchesse uma matriz de prioridade, onde colocariam o número 1 para pouca prioridade, 3 para média prioridade e 9 para grande prioridade.

A partir da matriz de prioridade foi possível aplicar o método MCDM para ordenação das prioridades, sendo utilizado o método CRITIC (Criteria Importance Through Intercreteria Correlation) para calcular o peso dos decisores, uma vez que esse é um método de ponderação de critérios capaz de definir sua importância a partir da correlação entre os critérios (DIAKOULAKI et. al., 1995).

Para calcular o peso dos decisores através do método CRITIC primeiramente foi calculado o desvio padrão de cada decisor através da equação 1.

$$w_j = S_j * \sum_{j=1}^n \sum (1 - r_{jk}) \quad (1)$$

Onde:

w_j = peso ponderado do decisor j

S_j = desvio padrão do decisor j

r_{jk} = Coeficiente de correlação entre os decisores j e k

Para a ordenação das alternativas foi utilizado o método MCDM WPM (Weighted Product Method) que consiste no cálculo do produto ponderado das alternativas. O método foi

escolhido ranquear as alternativas de forma intuitiva e simples, utilizando para isso a equação 2 (MILLER; STARR, 1969).

$$P_i = \prod_{j=1}^n (a_{ij})^{w_j} \quad (2)$$

Onde:

a_{ij} = valor da alternativa

P_i = produto ponderado

Todos os cálculos foram feitos no software Microsoft Office Excel®.

4. Resultados e Discussão

O objeto de estudo do presente trabalho é uma das linhas de produção de uma empresa de bebidas. A linha fabrica atualmente 34 tipos diferentes de produtos (se diferenciam no conteúdo ou capacidade da embalagem), tendo uma capacidade de produção nominal de até 36.750 garrafas por hora. A linha de produção é composta pelos seguintes equipamentos: sopradora de pré-forma, enchedora, capsuladora, rotuladora, empacotadora, paletizadora e, envolvedora. Por se tratar de um layout em linha, cada processo possui dependência total do processo anterior para sua conclusão e consequente fabricação do produto final.

Atualmente o processo que possui maior número de paradas de linha, diminuindo significativamente a eficiência da linha, é a paletizadora, cuja função consiste em agrupar pacotes de seis refrigerantes que já foram empacotados previamente a fim de formar um palete com as camadas necessárias (que variam de acordo com o produto que está sendo envazado).

Dessa forma, a paletizadora possui dois robôs capazes de virarem os pacotes a fim de deixar as camadas firmes para seguir para envolvedora de filme.

Para a identificação do problema foram gerados relatório do sistema ERP da empresa que mostrou que a paletizadora era responsável por aproximadamente 31% das paradas de linha acumulada dos últimos 6 meses (Dezembro de 2018 a Maio de 2019) conforme mostra a tabela 1.

Equipamentos	Percentual de Paradas
Paletizadora	31,0%
Empacotadora	19,4%
Rotuladora	14,1%
Sopradora	14,0%
Enchedora	12,9%
Capsuladora	6,1%
Envolvedora	2,6%

Fonte: Autora (2019)

Tabela 1 – Percentual de paradas de linha por equipamento

Após constatado que a paletizadora era o processo responsável pelo maior número de paradas, foi realizado um brainstorming com o Gerente de Manutenção, Supervisor de Produção, Técnico de Manutenção, Operador da linha e, Supervisor de Qualidade, a fim de

destacar as possíveis causas do problema. Os membros participantes foram denominados D1, D2, D3, D4, D5 e D6, respectivamente.

Na reunião foram levantadas 15 possíveis causas para o problema de parada de linha da paletizadora, que foram codificadas de acordo com a tabela 2.

Causa	Codificação
Demora na abertura das portas e retorno após reset.	C1
Falha na manutenção preventiva.	C2
Falta de um operador treinado para revezamento de almoço.	C3
Dosagem incorreta.	C4
Diferença do espaçamento no robô manipulador.	C5
Esforço no tapete dosador.	C6
Borracha do manipulador fora de padrão.	C7
Erro de projeto na dosagem de pacotes.	C8
Falta de ajuste individual de abertura dos robôs manipuladores.	C9
Falta de conhecimento técnico.	C10
Falta de padrão de setup.	C11
Falha no cronograma de limpeza.	C12
Falha no inversor do transporte.	C13
Falta de item em estoque.	C14
Falha de projeto de automação.	C15

Fonte: Autora (2019)

Tabela 2 – Codificação das causas

A fim de priorizar o ataque das causas os presentes preencheram uma matriz de priorização, onde pontuaram com 1, 3 ou 9 as possíveis causas que devem ser priorizadas. Todos os presentes preencheram a matriz, sendo seu resultado apresentado na tabela 3.

Codificação	D1	D2	D3	D4	D5	D6
C1	9	3	3	3	9	3
C2	3	3	3	3	3	9
C3	9	3	3	9	3	3
C4	3	3	9	9	1	1
C5	1	3	1	9	9	3
C6	3	1	9	1	9	3
C7	3	3	1	1	3	3
C8	9	3	9	9	3	9
C9	3	3	9	3	3	3
C10	1	9	3	1	3	3
C11	1	1	3	1	3	9
C12	1	9	1	3	1	1
C13	1	1	1	3	9	1
C14	1	9	1	1	1	1
C15	9	1	3	3	1	9

Fonte: Autora (2019)

Tabela 3 – Matriz de Priorização

Para definir a ordem de prioridade foi utilizado o MCDM. Primeiramente foi calculado o peso dos decisores através do método CRITIC aplicando a equação 1 que resultou nas tabelas 4 e 5.

r_{jk}	D1	D2	D3	D4	D5	D6
D1	1,00	-0,35	0,26	0,39	-0,03	0,39
D2	-0,35	1,00	-0,31	-0,19	-0,42	-0,42
D3	0,26	-0,31	1,00	0,28	-0,05	0,14
D4	0,39	-0,19	0,28	1,00	0,01	0,01
D5	-0,03	-0,42	-0,05	0,01	1,00	-0,20
D6	0,39	-0,42	0,14	0,01	-0,20	1,00
S_j	0,057	0,051	0,054	0,054	0,051	0,051

Fonte: Autora (2019).

Tabela 4 – Cálculo do coeficiente de correlação entre os decisores

$(1-r_{jk})$	D1	D2	D3	D4	D5	D6
D1	0,00	1,35	0,74	0,61	1,03	0,61
D2	1,35	0,00	1,31	1,19	1,42	1,42
D3	0,74	1,31	0,00	0,72	1,05	0,86
D4	0,61	1,19	0,72	0,00	0,99	0,99
D5	1,03	1,42	1,05	0,99	0,00	1,20
D6	0,61	1,42	0,86	0,99	1,20	0,00
w_j	0,15	0,21	0,15	0,15	0,18	0,16

Fonte: Autora (2019)

Tabela 5 – Aplicação do Método CRITICS para definição do Peso dos decisores

Após a definição dos pesos, foi aplicado o método WPM (equação 2) para ordenar as prioridades das causas. Os resultados da aplicação encontram-se nas tabelas 6 e 7

$(a_{ij})^{w_j}$	D1	D2	D3	D4	D5	D6
C1	1,4	1,3	1,2	1,2	1,5	1,2
C2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,4
C3	1,4	1,3	1,2	1,4	1,2	1,2
C4	1,2	1,3	1,4	1,4	1,0	1,0
C5	1,0	1,3	1,0	1,4	1,5	1,2
C6	1,2	1,0	1,4	1,0	1,5	1,2
C7	1,2	1,3	1,0	1,0	1,2	1,2
C8	1,4	1,3	1,4	1,4	1,2	1,4
C9	1,2	1,3	1,4	1,2	1,2	1,2
C10	1,0	1,6	1,2	1,0	1,2	1,2
C11	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,4
C12	1,0	1,6	1,0	1,2	1,0	1,0
C13	1,0	1,0	1,0	1,2	1,5	1,0
C14	1,0	1,6	1,0	1,0	1,0	1,0
C15	1,4	1,0	1,2	1,2	1,0	1,4

Fonte: Autora (2019)

Tabela 6 – Ponderação dos dados

Causa	P_i	Ranking
C8	5,88	1
C1	4,31	2
C3	4,17	3
C2	3,57	4
C9	3,55	5
C5	3,07	6
C6	2,91	7
C4	2,89	8
C15	2,76	9
C10	2,71	10
C7	2,15	11
C11	2,04	12
C12	1,87	13
C13	1,74	14
C14	1,58	15

Fonte: Autora (2019)

Tabela 7 – Aplicação do método WPM e Ranking

A partir dos dados gerados na tabela 7 foi possível definir a prioridade de ataque das causas de paradas de linha, sendo que a principal causa de parada consiste no erro de projeto na dosagem de pacotes, seguida por demora na abertura das portas e retorno após reset, conforme mostra a tabela 8.

Ranking	Código	Causa
1	C8	Erro de projeto na dosagem de pacotes.
2	C1	Demora na abertura das portas e retorno após reset.
3	C3	Falta de um operador treinado para revezamento de almoço.
4	C2	Falha na manutenção preventiva.
5	C9	Falta de ajuste individual de abertura dos robôs manipuladores.
6	C5	Diferença do espaçamento no robô manipulador.
7	C6	Esforço no tapete dosador.
8	C4	Dosagem incorreta.
9	C15	Falha de projeto de automação.
10	C10	Falta de conhecimento técnico.
11	C7	Borracha do manipulador fora de padrão.
12	C11	Falta de padrão de setup.
13	C12	Falha no cronograma de limpeza.
14	C13	Falha no inversor do transporte.
15	C14	Falta de item em estoque.

Fonte: Autora (2019)

Tabela 8 – Ordenação das causas prioritárias

Os resultados foram validado com os envolvidos que concordaram com os resultados obtidos e puderam, a partir desses resultados, gerar planos de ação para poder atacar as principais causas que afetam o processo resultando em baixa eficiência da linha de produção.

5. Conclusão

O estudo permitiu, extrair informações do software ERP que auxiliaram na identificação dos equipamentos responsáveis pelo maior número de paradas de linha de uma linha de produção

de refrigerantes. O uso das ferramentas de apoio a decisão CRITIC e WPM permitiu que se levasse em consideração a opinião dos principais *expertise* do processo no levantamento das prioridades de causa que afetavam o equipamento da linha responsável pelo maior número de paradas.

O método se mostrou muito eficiente, uma vez que todos os envolvidos puderam opinar e participar do processo de decisão, uma vez que o modelo levou em consideração todas as respostas. Permitindo identificar as principais causas das paradas da linha de produção, possibilitando se realizar um plano de ação que possa auxiliar no aumento da confiabilidade do processo produtivo analisado.

Os envolvidos validaram os resultados que permitiram iniciar o processo de ataque as causas na ordem de relevância das mesmas.

Referências

ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 2. ed., rev. e ampl. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2011.

ALMEIDA, A. T. **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. Editora Atlas, 2013.

COLENGHI, V. M. **O&M e Qualidade Total: uma integração perfeita**. 3ª ed. Uberaba: VMC, 2007.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I.G.N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 4.ed. Editora Atlas, 2001.

DIAKOULAKI, D.; MAVROTAS, G.; PAPAYANNAKIS, L. Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. **Computers & Operations Research**, v. 22, n. 7, p. 763-770, 1995.

DROGUETT, E. L.; MOSLEH, A. Análise Bayesiana da confiabilidade de produtos em desenvolvimento. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 1, p. 57-69, jan/abr, 2006.

FALCONI, V.C.; **Controle da Qualidade Total** – No estilo japonês. 2ed. Editora INDGTecs, Nova Lima, 1992.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisão em cenários complexos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2009.

LAUDON, K. C.; LAUDON J. P. **Sistemas de informação gerenciais**. 11. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

MEIRELES, M. **Ferramentas Administrativas Para Identificar Observar e Analisar Problemas** – Excelência Empresarial. Vol. II. Editora Arte & Ciência, 2001.

MILLER, D.; STARR, M. **Executive decisions and operations research**. Englewood Cliffs, 1969.

PADILHA, T. C. C.; MARINS, F.A.S. Sistemas ERP: Características, custos e tendências. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22, 2002, Curitiba, **Anais...** Curitiba: ENEGEPE, 2002. 1 CD-ROM.

SALOMON, V. A. P. Auxílio à decisão para a adoção de políticas de compras. **Produto e Produção**, v. 6, n. 1, p. 01-08, 2002.

WERKEMA, Cristina. **Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas: PDCA e DMAIC**. Elsevier Brasil, 2016.