

O USO DO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA REFERENCIADA EM UM AMBIENTE INDUSTRIAL

Alvaro Luiz Neuenfeldt Júnior^{1*}, Julio Cezar Mairesse Siluk¹, Gelson Dalenogare¹, Tiago Franquini Scarano¹

¹Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria – Brasil

*E-mail: alvjr2002@hotmail.com

ÁREA

Sistemas Baseados em Conhecimento para melhoria de processos industriais.

RESUMO

Diante de um contexto cada vez mais competitivo, a busca por transformar os processos industriais tradicionais em novos adaptados aos preceitos da manufatura enxuta é uma das tarefas de maior relevância e dificuldade no campo da Engenharia de Produção. Logo, o presente artigo tem por objetivo determinar qual setor de trabalho inserido em um contexto industrial adotado deve prioritariamente ser escolhido para melhorias em seus processos internos de manufatura, utilizando-se para tanto dos conceitos a respeito dos métodos multicritério de apoio à decisão, em específico para os que visam a busca pelos resultados ótimos dos dados compreendidos no modelo, como os métodos de Análise Hierárquica Referenciado, sendo que ao final se chegou ao consenso que o local denominado por “usinagem CNC”, com 15% do resultado total, deve ser escolhido prioritariamente pelos gestores da empresa.

Palavras-chave: Sistemas de Produção; Métodos Multicritérios; Processo de Análise Hierárquica; Manufatura Enxuta; Competitividade.

1 INTRODUÇÃO

É notório ao longo da história humana o papel da transformação da matéria-prima de quaisquer naturezas em produtos acabados, agregando valor e colaborando diretamente para o desenvolvimento da sociedade até o nível em que conhecemos hoje (BATALHA¹; SLACK et al.²). Para tanto, esse tipo de atividade, por mais rústica e simplificada que possa ser considerada, demanda dos seus envolvidos um mínimo de organização dos recursos e planejamento das tarefas para o seu pleno funcionamento, fato esse que torna a gestão estratégica industrial uma corrente cada vez mais coerente de ser adotada em diversos tipos distintos de organizações, no qual visa proporcionar, ao final, produtos ou serviços de maneira mais racional possível para o mercado em questão (DAVIS³; LAUGENI E MARTINS⁴).

Diante desse e de outros contextos, filosofias como o *lean manufacturing*, desenvolvida pela *Toyota Motors Company* durante o período intermediário do século vinte, têm por premissa básica a organização das atividades que são realizadas na indústria de maneira contínua, visando a redução dos desperdícios, para assim se diminuir os tempos de produção e aumentar a qualidade dos produtos acabados, através do desenvolvimento de trabalhadores capazes de cumprir multifunções, flexibilizando máquinas e tarefas para mais de um tipo de produto em prol de possibilitar um tempo de resposta mais elevado as mudanças exigidas pelo mercado (SHINGO⁵; ROTHER E SHOOK⁶; JONES E WOMACK⁷).

Portanto, cabe aos interessados pela empresa e, principalmente, o seu quadro de gestores da produção identificar o status ao qual ela se encontra em relação aos seus processos e produtos manufaturados, de maneira a muitas vezes se chegar ao consenso de que mudanças são necessárias, mas que não podem ou não devem, por diversos limitantes intrínsecos à sua natureza, serem realizados de maneira simultânea no local de trabalho, fato esse que torna as metodologias multicritérios de apoio à tomada de decisão gerencial importante ao contexto abordado, pois visam retornar aos envolvidos um cenário ao qual enfatize uma opção (ou uma série destas) em detrimento as outras, priorizando-se assim qual dos locais na indústria que devem ser modificados em relação aos fatores descritos como relevantes durante a verificação (GOMES E GOMES⁸).

Logo, a pesquisa tem por objetivo determinar qual setor de trabalho inserido em um contexto industrial deve ser prioritariamente escolhido para melhorias em seus processos internos de manufatura, utilizando-se para tanto dos conceitos a respeito dos métodos multicritério de apoio à decisão, em específico para os que visam a busca pelos resultados ótimos dos dados compreendidos no modelo, como encontrado para os métodos de Análise Hierárquica Referenciada, sendo a empresa classificada como de médio-porte do ramo metal-mecânico, localizada no estado do Rio Grande do Sul.

A temática é justificada no contexto abordado devido à escassez de recursos e mão-de-obra na empresa para se realizar as mudanças ao mesmo tempo, além da necessidade do cumprimento dos pedidos realizados pelos clientes antes e durante o período de alterações estimado, o que torna inviável a paralização total das atividades de manufatura, independente das suas condições atuais estarem muito abaixo do considerado como ideal em relação ao rol de empresas classificadas de maneira similar. Quanto ao público alvo, espera-se que o estudo alcance as expectativas de priorização realizadas por parte dos *stakeholders* da empresa, bem como do público acadêmico envolvido com os conceitos chave ao qual são abordados durante o trabalho, a fim de contribuir de maneira inovadora quanto da sua aplicação ao contexto industrial, tornando-se por fim um referencial capaz de retomar aos interessados análises críticas a respeito do problema.

2 A GESTÃO INDUSTRIAL E A MANUFATURA ENXUTA

Com base em Gaither⁹, um sistema de manufatura pode ser considerado como um conjunto de processos produtivos de bens de consumo, em série padronizada, que utiliza máquinas, adotando a divisão de tarefas onde cada operador realiza uma porção do trabalho total da empresa. Neste tipo de sistema ocorre a hierarquização, onde os trabalhadores com maior qualificação costumam realizar

trabalhos que exigem esforços mentais maiores e vice-versa, de tal forma que esta distinção resulta numa diferença de remuneração a ser recebida (LAUGENI E MARTINS⁴; SLACK et al.²).

Coerente a esse contexto, a filosofia enxuta (*lean manufacturing*) de produção surgiu como uma resposta aos métodos tradicionais de manufatura, abrangendo não apenas a questão operacional em si, mas também das formas com que o controle sistemático e a gestão da produção são realizados no chão-de-fábrica, visando tornar a empresa o mais flexível possível para as constantes mudanças a serem concebidas durante a sua vida útil (SHINGO⁵; ROTHER E SHOOK⁶; JONES E WOMACK⁷).

Por meio desses e outros pressupostos, a necessidade de se padronizar os processos produtivos através dessa filosofia se desenvolve pelo cumprimento de cinco elementos considerados como básicos para esse tipo de abordagem: valor, fluxo de valor, fluxo, puxar e perfeição, devendo obrigatoriamente todas as atividades que envolvam direta ou indiretamente a manufatura estarem em conformidade com esses preceitos, independente da sua escala em relação ao sistema, buscando-se ao final a eliminação dos desperdícios, excluindo os fatores que não agregam valor ao cliente (JONES E WOMACK⁷; DOS REIS E BARROS¹⁰; OHNO¹¹; BATALHA¹).

3 MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO

A fim de conduzir para a escolha das melhores alternativas em relação aos cenários de desenvolvimento reconhecidos como de complexidade, os métodos multicritérios tem por premissa básica auxiliar os decisores no momento dos julgamentos das alternativas a respeito das decisões factíveis e não factíveis propostas a um problema em questão, havendo a necessidade, para tanto, de critérios (ou fatores) nos quais determinam as características consideradas como predominantes do sistema (GOMES E GOMES⁸; SAATY E VARGAS¹²). Esse tipo de abordagem assume como ponto referencial a objetividade ao qual os envolvidos tratarão o problema de maneira que, independente do método utilizado, espera-se ao final das agregações de valor durante a estrutura do problema a obtenção de um valor capaz de determinar o nível de priorização de uma ou mais alternativas em relação às demais estabelecidas (TZENG E HUANG¹³).

Dentre as diversas abordagens existentes para o apoio multicritério, o Processo de Análise Hierárquica (AHP) é considerado como um modelo capaz de compreender matematicamente as características para a decisão entre duas ou mais alternativas, de modo a se propor o julgamento da importância relativa de cada um delas através de um comparativo par a par, por meio de uma estrutura hierárquica onde cada um deles se localizará conforme o seu nível de relação (SAATY¹⁴; GOMES¹⁵). Para tanto, pode-se afirmar que os métodos AHP mais consagrados por sua aplicação prática são o AHP Clássico (Saaty¹⁶), o AHP Multiplicativo (Lootsma¹⁷), o AHP Referenciado (Watson e Freeling¹⁸), o AHP B-G, o AHP com Nebulosidade, o AHP com Interpretação probabilística e o Processo de Análise em Redes (ANP) (Saaty¹⁶), sendo a escolha por algum destes definidos prioritariamente conforme as características demonstradas pela situação ao qual se deseja verificar.

Em específico, Gomes¹⁵ citam que o Processo de Análise Hierárquica Referenciada surgiu como uma evolução natural da abordagem clássica proposta por Saaty¹⁶, onde o primeiro exprime a preocupação com a controvérsia surgida a partir da relação pressuposta entre os valores dos critérios em relação às

alternativas, introduzindo-se para tanto uma constante de proporcionalidade K para a comparação entre elas, enquanto para o segundo está baseado na inversão do ordenamento das alternativas do sistema em relação à introdução de mais uma no sistema, buscando-se para mitigar esse problema através da determinação de um valor máximo capaz de referenciar a alternativa com maior resultado relativo, a fim de se realizar a normalização dos resultados absolutos encontrados (WATSON E FREELING¹⁸).

4 CLUSTERIZAÇÃO DE DADOS

O problema de clusterização propriamente dito consiste da necessidade de se agrupar um conjunto de valores localizados em uma base de dados finita em subdivisões no qual estarão alocados conforme o seu grau de similaridade, para tal podendo-se existir (problema de K-clusterização) ou não (problema de clusterização automática) um número já definido de clusters para o modelo (FASULO¹⁹; BERKHIN²⁰).

Esse tipo de abordagem para mineração de uma série de dados pode ser realizada sob diversos pontos óticos distintos, de maneira que os mais perceptíveis são os caracterizados como qualitativos ou quantitativos, onde a sua escolha é determinada partindo-se da natureza dos valores aos quais se deseja realizar a verificação, sendo a segunda mais recomendada quando se trata de estudos sob ambientes considerados de alta complexidade e com grande volume de dados a serem manipulados, bem como quando se deseja restringir o nível de erros no momento da segregação destes (SOUZA E CARVALHO²¹).

A clusterização matricial para um sistema de manufatura tem por objetivo organizar em células a relação existente entre os produtos e as máquinas, realizando-se o cruzamento das informações por meio de uma matriz, onde para cada um destes se referencia com valor zero quando não há relação e um quando é possível se dizer que o produto tem ao menos um de seus processos de manufatura concebidos naquele local. Realizado esse procedimento entre todos os elementos que fazem parte dessa matriz, é possível se agrupar, através de uma permuta destes, o que possuem maior grau de similaridade, sendo possível a identificação dos considerados como de maior semelhança (BERKHIN²⁰).

5 METODOLOGIA

A fim de se atingir com plenitude os objetivos estipulados para o estudo, primeiramente foi definida como empresa alvo do estudo uma industrial de médio-porte do ramo metal-mecânico localizada no interior do estado do Rio Grande do Sul, há qual possui mais de 40 anos de presença no mercado, e possui um faturamento médio bruto mensal que ultrapassa os 2,5 milhões de reais. Para tanto, a abordagem metodológica do trabalho a respeito do tema está composta por duas partes distintas, o enquadramento metodológico e as etapas do desenvolvimento da pesquisa, descritas em detalhes a seguir.

A pesquisa está compreendida através do cumprimento de quatro etapas, iniciando-se primeiramente pela descrição dos principais conceitos bibliográficos a respeito da gestão industrial e da abordagem multicritério de apoio à decisão, conforme referência prescrita nos capítulos anteriores. A segunda

parte do problema visa identificar os produtos que são comercializados pela empresa, utilizando-se para tal a série histórica anual de 2012 como referência, por se tratar de um horizonte de vendas considerado pelos gestores como ideal para os próximos anos de produção, onde os dados foram obtidos através de pesquisas no software de gerenciamento ERP da empresa, no qual também se disponibiliza aos usuários diversas informações a respeito de cada um dos produtos, tais como: dia em que ocorreu cada venda, valores brutos da comercialização, dimensões unitárias, tempo decorrido no processo para a sua manufatura, etapas de processamento das peças, dentre outras consideradas como relevantes para a resolução do problema de pesquisa abordado.

Com os dados a respeito dos produtos formatados, parte-se para a proposta de agrupamento destes em famílias, a fim de otimizar o processo analítico e o entendimento do comportamento do sistema de manufatura, no qual é proposta a utilização da metodologia de clusterização matricial para a sua concepção. A partir dessa etapa, tem-se por meio das AHP Referenciado, viabilizados a partir da utilização de uma planilha eletrônica, a proposta de determinação das famílias consideradas como mais relevantes para a empresa, no qual foi definido pelos pesquisadores que as duas de maior relevância serão utilizadas para pautar as decisões quantitativas a respeito da relativização dos setores mais importantes do contexto.

Dessa forma, foi possível ser realizada a definição dos critérios que nortearão a seleção proposta, no qual se considerou para a sua estruturação conceitos a respeito de sistemas de produção abordados pelos autores^{1,5,9,3,4,11,2,22}, de maneira a possibilitar a definição de cada um dos critérios para a avaliação do sistema, que demandarão por consequência, da definição de uma estrutura hierárquica capaz de organizá-las sequencialmente em níveis, sendo para tanto proposta a utilização da metodologia *Function Analysis System Technique* (FAST), baseando-se nos autores^{23,24,25,26} para tal organização.

Para a última etapa está compreendida a seleção do setor a serem realizadas as modificações prioritariamente, partindo-se inicialmente da definição de cada um deles e, logo a seguir, por meio dos dados obtidos nos passos anteriores, da determinação de qual é o mais relevante, por meio da AHP Referenciado, novamente utilizando de planilhas eletrônicas para tais tarefas. Esse processo está proposto em duas partes, onde a primeira compreende a verificação dos setores com base na família de produtos melhor colocada na relativização, enquanto a segunda propõe o mesmo entendimento utilizando a segunda colocada. Finalmente, com os resultados consolidados parte-se para a etapa das conclusões a respeito do sistema melhor ranqueado, observando-se principalmente se existiram pontos de divergências durante o processo de escolha, a fim de se tomar ações para mitigar os seus efeitos nos resultados numéricos obtidos.

6 APLICAÇÃO E RESULTADOS

Para a realização do trabalho foi utilizado como base um sistema de manufatura de engrenagens que possui como características gerais as vendas de produtos por e-mail, telefone, utilização de estoque de matéria-prima conforme a previsão de vendas e produção através de um fluxo funcional intermitente entre processos, preferencialmente sem utilização de estoque para os produtos prontos. A relação entre as diversas áreas funcionais da empresa, juntamente com os seus procedimentos e relações, obedece ao fluxo comum de informações, compartilhado por meio de um sistema *Enterprise Resource Planning*

(ERP) que integra os dados mais relevantes em relação aos produtos comercializados conforme o contexto de cada uma dessas áreas.

Logo, verificou-se um total aproximado de 350 tipos distintos de itens vendidos durante o ano de 2012, dos quais podem, devido a características de concepção estrutural e de vendas, serem classificados em 12 famílias distintas, tais como: “engrenagens catalogadas”, “engrenagens tipo A”, “engrenagens tipo B”, “engrenagens tipo C”, “engrenagens para corrente de transmissão”, “engrenagens de módulo”, “polias catalogadas”, “polias tipo A”, “polias tipo B”, “eixos, caixas de transmissão” e outros, onde para cada uma foi realizado o agrupamento em clusters através da aplicação do método matricial de organização.

Através dessa constatação, percebe-se que dos agrupamentos determinados, mais de 50% da dos itens se encontra alocada em apenas duas destas (engrenagens tipo A e B), o que já pressupõe a importância de comercialização destas para a empresa. Quanto à hierarquização através dos métodos AHP referenciado, primeiramente foram determinados como critérios de avaliação os fatores volume de vendas e faturamento bruto anual, considerando ambas com um mesmo grau de importância, obtendo-se ao fim a família “engrenagens tipo A” como melhor colocada, com 41,8%, seguido das “engrenagens tipo B” com 28,8% e “polias tipo A”, 14,3%, o que, em conjunto com os resultados encontrados na clusterização, sintetiza o alto grau de relevância da primeira em relação ao sistema, sendo estas por consequência a escolhida para a definição do setor da manufatura a ser priorizado.

Definida a família de produtos para o estudo parte-se para a determinação dos critérios, respeitando por premissa básica as referências bibliográficas propostas no momento da estruturação das bases conceituais do modelo, sendo apontados para tanto cinco conceitos-chave capazes de atender a resolução do problema, denominados por: processos intersetoriais de fabricação, transportes internos, tempo de manufatura, buffers de produção e mão-de-obra, resultando para cada um deles na elaboração de indicadores capazes de mensurar o nível de desempenho de cada setor em relação às famílias de produtos adotadas para verificação.

Para os processos intersetoriais, estes estão elencados de acordo com as operações realizadas dentro de cada um dos locais produtivos, sejam estas de natureza humana ou automatizada, onde é possível mensurar desde a sua quantidade (*I1*) na sua entrada no local até a expedição, bem como da complexidade (*I2*) que cada uma das tarefas possui intrinsecamente para ser concluída, considerando-se apenas as atividades que agregam valor ao produto.

Quanto aos transportes internos, tem-se que a relação dos materiais em processo dentro do setor devem ser movimentados para o cumprimento pleno das tarefas designadas, sendo representados para o caso na relação existente entre o número absoluto total (*I3*) e a distância média necessária (*I4*) para percorrer todos os trajetos internos durante o processamento, visando-se observar o quanto, em relação à distância total da fábrica, um dado tipo de deslocamento interno é utilizado, podendo ser considerado muitas vezes como de baixa necessidade para o processamento do produto.

O terceiro fator está relacionado a quantidade temporal média necessária para se completar as operações exigidas em cada local, podendo ser originado por meio de duas naturezas distintas, do

processamento das peças em si (*I5*) e do tempo em que elas ficam a espera ou estão em transporte para serem processadas (*I6*), sendo importante esse cálculo por considerar ambas de grau inexistente se relacionados as atividades que realmente agregam valor ao produto (processamento em si das peças).

Para os buffers de produção, ao decorrer do processamento dos produtos estão designados, teoricamente, de forma a alocar os materiais em processo produtivo temporariamente até que o processo subsequente seja acionado a absorver a demanda correte do processo anterior, ou haja necessidade por excesso de estoque de se absorver parte dessa quantidade, de maneira que os materiais permanecem parados nestes, sendo o seu desenvolvimento muitas vezes planejado pelas áreas de planejamento e controle de produção da empresa. Porém, é consenso vigente atual que esse tipo de prática deve ser eliminada ao máximo dentro da indústria me questão, pois a sua utilização aumenta proporcionalmente o tempo de ciclo medido desde a entrada da matéria-prima até a saída dos produtos prontos, o que onera consideravelmente os custos de produção de cada um, de maneira a considerar o cálculo dos *buffers* antes (*I7*) e depois (*I8*) dos setores.

Por fim, tem-se a caracterização no modelo da influência da mão-de-obra para a execução dos processos consolidados, partindo-se inicialmente do total de operadores que cada um dos setores (*I9*) necessita para a plenitude da execução das atividades para a manufatura do produto, bem como da estimativa do nível de instrução (*I10*) que se julga necessária para cada um destes realizar as atividades básicas no local, tomando por consideração desde a sua formação escolar, nível de especialização necessária, tempo de exercício mínimo na atividade exigida e o tempo de treinamento interno que o capacitem para exercer a tarefa estipulada.

Com isso, é necessária a definição dos setores que fazem parte da manufatura dos produtos da indústria de engrenagens em questão, no qual se podem aferir ao total onze locais por onde os materiais em processo podem ser deslocados, sendo eles: oxicorte (*A1*), serras (*A2*), usinagem mecânica (*A3*), usinagem CNC (*A4*), dentadoras (*A5*), rebarbamento (*A6*), rasgo de chaveta (*A7*), furação (*A8*), prensa (*A9*), pintura (*A10*) e limar (*A11*). Com isso, é proposta como etapa seguinte ao estudo a elaboração da priorização relativa entre eles, conforme as informações resultantes do estudo a respeito das famílias de produtos, no qual se elencou para a verificação a denominada por “engrenagens tipo A”, bem como dos critérios de avaliação pressupostos anteriormente.

Para tanto, por se tratar de um estudo que visa a verificação do desempenho individual da família de produtos escolhida em relação aos indicadores pressupostos, considerando para a AHP a incorporação de cada um dos resultados para os cálculos estabelecidos previamente. Com isso, é possível após a verificação no sistema de manufatura obter o valor de cada setor, conforme proposto pela Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da priorização realizada para os setores da manufatura. Fonte: Autores.

| | AHP Referenciado |
|------------|-------------------------|
| A4 | 14,7% |
| A5 | 11,3% |
| A8 | 10,6% |
| A10 | 10,4% |
| A3 | 9,6% |
| A6 | 8,4% |
| A9 | 7,6% |
| A2 | 7,5% |
| A1 | 6,9% |
| A11 | 6,8% |
| A7 | 6,2% |

Sendo correto afirmar que o setor escolhido prioritariamente para as modificações é o denominado por “usinagem CNC”, pois se constatou que o seu resultado (14,7%) é 3,4% superior ao segundo melhor (11,3%), sendo este portanto a opção preferencial de escolha a ser verificada pelo filosofia *lean manufacturing*.

7 CONCLUSÕES

Conforme o escopo central da temática abordada de se verificar o setor mais relevante dentro do contexto de uma empresa de manufatura de engrenagens, pode-se afirmar que esta foi cumprida com êxito, através do cumprimento das quatro etapas metodológicas sequenciais (revisão bibliográfica, famílias, critérios e setores), contribuindo significativamente para se encontrar como local mais relevante a “usinagem CNC”, possibilitando assim a realização de prospecções de melhorias, de modo a gerar um cronograma composto de planos de ação a curto, médio e longo prazo para se otimizar as atuais condições desse local.

Além dos objetivos especificados, a análise dos setores retornou como informação relevante a identificação de diversas possibilidades de melhoria dentro no sistema de manufatura, principalmente relativo ao tempo em que as peças ficam em espera entre tarefas dentro de cada um dos setores, independente do seu nível de relevância em relação ao sistema, além da existência de um número elevado de buffers de materiais entre cada um dos locais, fato esse que se encontra atualmente em um grau considerado como crítico, principalmente entre a “usinagem CNC” e as “dentadoras”, sendo proposto para tanto planos de ação simultaneamente aos planejados para o local escolhido.

Por fim, pode-se afirmar como principais limitantes do estudo a falta de organização das informações a respeito do sistema, pois apesar de existir um sistema ERP que integra as informações a respeito dos produtos da empresa, este possui diversas falhas, principalmente relacionadas as fontes que o alimentam com dados a respeito das condições reais de produção. Logo, com isso espera-se no futuro, além da realização das projeções de melhoria prioritárias para o setor determinado e das condições dos buffers entre locais referidos acima, um melhor controle da maneira com que os dados são coletados da

área industrial, seja por meio de reciclagem dos funcionários ou pela utilização de meios eletrônicos de controle dos processos.

8 REFERÊNCIAS

1. BATALHA, M.O. Introdução à Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
2. SLACK, N.; CHAMBERS, R.; JOHNSTON, R.; BETTS, A. Operation and process management: principles and practice for strategic impact. Prentice Hall, Lebanon, 2008.
3. DAVIS, M.D.; AQUILANO, N.J.; CHASE, R.B. Fundamentos da Administração da Produção. Porto Alegre: Bookman, 2003.
4. LAUGENI, F.P.; MARTINS, P.G. Administração da Produção. São Paulo: Saraiva, 2006.
5. SHINGO, S. O sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.
6. ROTHER, M.; SHOOK, J. Learning to see. Lean Enterprise Institute: Cambridge, 1999.
7. JONES, D.; WOMACK, J. Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. Free Press: New York, 2003.
8. GOMES, C.F.; GOMES, L.F.A.M. Tomada de decisão gerencial: Enfoque Multicritério. São Paulo: Atlas, 2012.
9. GAITHER, N. Administração da Produção e Operações. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2001.
10. DOS REIS, A.C.C.; BARROS, J.G.M. Avaliação dos resultados da implementação do sistema global de manufatura em uma planta da General Motors do Brasil. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. 2004, 1 (1), 20 – 33.
11. OHNO, T. Workplace management. Gemba Press: New York, 2007.
12. SAATY, T.L.; VARGAS, L.G. Methods, concepts & applications of the Hierarchy Process. New York: Springer, 2012.
13. TZENG, G.H.; HUANG, J.J. Multiple attribute decision making: methods and applications. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2011.
14. SAATY, T.L. Decision making with the Analytic Hierarchy Process. International Journal of Services Sciences. 2008, 1(1), 83 – 98.
15. GOMES, L.F.A.M., ARAYA, M.C.G.; CARIGNANO, C. Tomada de decisões em cenários complexos: Introdução aos métodos discretos de apoio multicritério à decisão. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
16. SAATY, T.L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw Hill, 1980.
17. LOOTSMA, F.A. Scale sensitive in the multiplicative AHP and Smart. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis. 1993, 2, 87 – 110.
18. WATSON, S.R.; FREELING, A.N.S. Assessing attribute weights by ratios. Omega. 1982, 10(6), 582 – 583.
19. FASULO, D. An Analysis of Recent Work on Clustering Algorithms. Technical Report, Dept. of Computer Science and Engineering: Washington, 1999.
20. BERKHIN, P. Survey of Clustering Data Mining Techniques. Accrue Software, 2002.
21. SOUZA, R.M.C.R.; CARVALHO, F.A.T. Clustering of a interval data base on city-block distances. Pattern Recog. Lett. 2004, 25(3), 353 – 365.
22. TUBINO, D.F. Planejamento e controle da produção. São Paulo: Atlas, 2009.

23. BARTOLOMEI, J.; SMITH, E. A system dynamic model of government engineering support during the development phase of a military acquisition program, 19th International Conference of The System Dynamics Society, Atlanta/USA, Julho 23-27, 2001.
24. BYTHEWAY, C. W. Fast Creativity & Innovation: Rapidly Improving Processes, Product Development and Solving Complex Problems. J. Ross Publishing: Plantation, 2007.
25. MUKHOPADHYAYA, A. K. Function Analysis System Technique (A Stimulating Tool). I K International Publishing House: Andhra Pradesh, 2012.
26. SUH, N.P. Axiomatic Design - Advances and Applications. New York: Oxford University Press. 2007, 5, 239 - 298.