

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**Análise da Aplicação de Métodos Multicritério de Apoio à
Tomadas de Decisões na Engenharia de Produção**

Natalia Yuki Soma

TCC-EP-76-2012

Maringá - Paraná
Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**Análise da Aplicação de Métodos Multicritério de Apoio à
Tomadas de Decisões na Engenharia de Produção**

Natalia Yuki Soma

TCC-EP-76-2012

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientador(a): Prof.^(a): MSc. Gislaine Camila Lapasini Leal

**Maringá - Paraná
2012**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais, que me concederam todo o apoio, força e amor para que fosse possível conquistar meus objetivos.

À Deus, por me "enviar" para Maringá e sempre me rodear de pessoas incríveis, que de alguma forma me forneceram aprendizados.

À todos meus amigos, por terem feito esses cinco anos da faculdade os melhores da minha vida. Principalmente à Patricia e ao Renato, pela amizade verdadeira e confiança.

À República Fogo na Tia Ana, por me proporcionar momentos hilários, que se tornaram memórias inesquecíveis.

À minha orientadora Camila, pelos "puxões de orelhas" e orientações, o que tornou possível a realização deste trabalho.

À minha irmã Emily, que sempre esteve ao meu lado e que aturou todo o meu estresse nas semanas de entrega deste trabalho.

RESUMO

A competitividade do mercado esta cada dia mais acirrada, onde as empresas não podem cometer erros. Por isso, os problemas envolvendo tomadas de decisões devem analisadas detalhadamente e os métodos multicritério vem ganhando importância no mundo empresarial. No presente trabalho foram identificados problemas da Engenharia de Produção em que foram utilizados métodos multicritérios como auxiliares nas tomadas de decisões. Primeiramente, foi realizado uma pesquisa bibliográfica dos métodos multicritérios existentes. Depois foram selecionados e filtrados artigos já publicados, em simpósios e revistas, envolvendo problemas de multicritério. Com esses estudos de casos, foram realizadas análises relacionando-os com os anos de publicações, as fontes de pesquisa, a ferramenta utilizada, o método multicritério usado e com a área da Engenharia de Produção aplicada.

Palavras-chave: métodos multicritério, tomadas de decisão, áreas da Engenharia da Produção

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	2
1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.3.1 OBJETIVO GERAL	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4 METODOLOGIA.....	3
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	6
2.1 ATORES NO PROCESSO DECISÓRIO	9
2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO	10
2.3 TIPOS DE TEORIAS	11
3. MÉTODOS E A SUA METODOLOGIA.....	12
3.1 MÉTODO AHP	12
3.1.1 REPRESENTAÇÃO DA HIERARQUIA	13
3.1.3 MÉTODO DO AUTOVALOR	15
3.1.4 AGREGAÇÃO DAS PRIORIDADES.....	17
3.2 MÉTODO TOPSIS.....	17
3.3 MÉTODO ELECTRE.....	21
3.4 MÉTODO MACBETH.....	26
4. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.....	31
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1.1 APLICAÇÕES EM ENGENHARIA DE OPERAÇÕES E PROCESSOS DA PRODUÇÃO	40
4.1.2 APLICAÇÕES EM LOGÍSTICA	41
4.1.3 APLICAÇÕES EM ENGENHARIA DO PRODUTO.....	42
4.1.4 APLICAÇÕES EM ENGENHARIA ORGANIZACIONAL	43
4.1.5 ENGENHARIA DO TRABALHO.....	45
4.1.6 ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE.....	46
4.2 FERRAMENTAS	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
5.1 CONTRIBUIÇÕES	48
5.2 LIMITAÇÕES	48
5.3 TRABALHOS FUTUROS	48
6. REFERÊNCIAS	50

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - EXEMPLO DE HIERARQUIA DE CRITÉRIOS/OBJETIVOS.	14
FIGURA 2 - MATRIZ DE DECISÃO (FONTE: VALLADARES, 2011)	18
FIGURA 3 - FILTRAGEM DOS ARTIGOS.....	31
FIGURA 4 - NÚMERO DE ARTIGOS PUBLICADOS POR ANO.....	32
FIGURA 5 - NÚMERO DE ARTIGOS POR FONTE DE PESQUISA.	33
FIGURA 6 -GRÁFICO EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE ARTIGOS PUBLICADOS POR ÁREA DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.	39
FIGURA 7 - GRÁFICO DO NÚMERO DE ARTIGOS POR MÉTODOS MULTICRITÉRIO UTILIZADO.	39
FIGURA 8 - GRÁFICO DO NÚMERO DE ESTUDOS QUE UTILIZARAM ALGUMA FERRAMENTA COMO AUXÍLIO.	46

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ESCALA DE COMPARAÇÃO DE PARES DO AHP.....	15
QUADRO 2 - ARTIGOS PUBLICADOS NOS ANOS DE 2002 E 2003.....	34
QUADRO 3 - ARTIGOS PUBLICADOS EM 2004 E 2005.....	34
QUADRO 4 - ARTIGOS PUBLICADOS EM 2006 E 2007.....	35
QUADRO 5 - ARTIGOS PUBLICADOS EM 2008 E 2009.....	36
QUADRO 6 - ARTIGOS PUBLICADOS EM 2010 E 2011.....	37
QUADRO 7 - ARTIGOS PUBLICADOS EM 2012.....	38

LISTA DE TABELA

TABELA 1 - *ICAS* EM FUNÇÃO DA ORDEM DA MATRIZ 17

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
BOCR	Benefícios Oportunidades Custos e Riscos
ERB	Estação Radio Base
MCDA	<i>Multi Criteria Decision Analysis</i>
MCDA-C	<i>Multi-criteria Decision Aid - Constructivist</i>
MODM	<i>Multi Objective Decision Making</i>
NIS	Solução Ideal Negativa
NSF	Fundação Nacional de Ciência dos Estados Unidos
OKP	<i>One-Kind-Of-Product</i>
PIS	Solução Ideal Positiva
PO	Pesquisa Operacional
PPL	Problemas de Programação Linear
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
SIMPEP	Simpósio de Engenharia de Produção
SLP	Planejamento de Sistema de <i>Layout</i>
SPOLM	Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística Marinha

1. INTRODUÇÃO

A todo o momento, não somente as empresas, mas como todos os indivíduos se deparam com tomadas de decisões, sejam elas simples, como por exemplo, na escolha do supermercado ou ainda complexas, na quais as empresas muitas vezes enfrentam. Um exemplo disso, seria na escolha de um fornecedor para uma determinada matéria-prima.

A complexidade do problema é justificável pela existência de inúmeras alternativas, e que mesmo assim, nenhuma delas acaba por atender cem por cento todos os critérios. Isso acaba sendo um problema enfrentado por todas as empresas, não importando se são de pequeno ou grande porte.

De acordo com Bana, Costa e Vansnick¹ (*apud* Bertoloto, 2009), a tomada de decisão é uma atividade intrinsecamente complexa e potencialmente das mais controversas, em que deve-se naturalmente de escolher não apenas entre alternativas de ação, mas também entre pontos de vista e formas de avaliar essas ações, e por fim, de considerar toda a multiplicidade de fatores direta e indiretamente relacionados com a decisão a tomar.

Devido a globalização mundial, o mercado vem sofrendo mudanças, resultando em competitividade. Decorrente disso, para se manter no mercado, todas as tomadas de decisões devem ser muito bem analisadas. Portanto, os métodos multicritérios, nada mais são que estudos matemáticos para auxiliar no encontro da melhor dentre as alternativas existentes.

Gomes, Gomes e Almeida (2009) afirmam que os métodos de Apoio Multicritério procuram esclarecer o processo de decisão, tentando incorporar os julgamentos de valores dos agentes, na intenção de acompanhar a maneira como desenvolvem as preferências, e entendendo o processo como aprendizagem.

Existem muitos métodos multicritérios, e muitas vezes não se sabe em qual caso utiliza-las. Logo, este trabalho analisa os detalhadamente, de modo que possa identificar as ferramentas necessárias e quais problemas, do contexto de Engenharia de Produção que podem ser solucionados por tais métodos.

¹ BANA e COSTA, C.A e VANSNICK, J.C. "MACBETH - an interactive path towards the construction of cardinal value functions." *Int. Trans. in Oper. Res.*, 1, pp. 489-500 (1994a)

1.1 Justificativa

A escolha de uma alternativa, não deve ser realizada a partir do atendimento de um único critério. Portanto, a vantagem dos métodos multicritérios é a capacidade de poder quantificar e avaliar tais critérios.

Deste modo, torna-se necessário um estudo mais profundo sobre os métodos multicritérios, com a finalidade apresentar com clareza as suas metodologias e em quais os tipos de problemas eles podem ser aplicados.

1.2 Definição e Delimitação do Problema

Tomada de decisão é o processo de análise e escolha entre várias alternativas existentes. Keeney (*apud* Saliba, 2009) ressalta que o processo de tomada de decisão deve ser focado nos valores a serem alcançados e que as alternativas são relevantes apenas por serem meios de se atingir esse objetivo.

A tomada de decisão esta presente, no dia-a-dia, em todas as atividades desenvolvidas pelo homem. A todo o momento, as pessoas passam por situações que exigem tomadas de decisões. Tais situações apresentam na maioria das vezes, vários caminhos possíveis, na qual o decisor deve optar pela que melhor satisfaz.

Dentro da Pesquisa Operacional, existem vários métodos desenvolvidos para tratamento de problemas complexos, nas quais envolvem múltiplos critérios. A escolha do método dependerá do problema analisado, do contexto e das preferências do decisor.

O presente trabalho analisa detalhadamente livros e artigos já publicados. Tais artigos são em sua maioria, com base em pesquisas descritivas, nas quais foram realizados estudos de casos em diferentes tipos de problemas.

Portanto, foram realizadas, comparações entre os diversos artigos e a partir de então, identificados quais problemas da Engenharia de Produção podem ser solucionados com os métodos multicritérios e quais ferramentas utilizar.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo analisar a aplicação dos métodos multicritérios de apoio a tomada de decisão em áreas da Engenharia de Produção.

1.3.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos tem-se:

- Revisar a Literatura sobre métodos multicritérios
- Identificar os métodos multicritérios;
- Identificar ferramentas para a resolução dos métodos multicritérios.
- Identificar problemas da área de Engenharia de Produção que possam ser solucionados usando métodos multicritério.

1.4 Metodologia

Segundo Gil (p. 41, 2002), pode-se definir pesquisa como procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema.

"A teoria da decisão não é uma teoria descritiva ou explicativa, já que não faz parte de seus objetivos descrever ou explicar como e/ou por que as pessoas (instituições) agem de determinada forma ou tomam certas decisões. Pelo contrário, trata-se de uma teoria ora prescritiva ora normativa, no sentido de pretender ajudar as pessoas a tomarem decisões melhores, em face de suas preferências básicas"(GOMES,GOMES,ALMEIDA, p.21 ,2009).

A pesquisa desse projeto é de natureza exploratória. Segundo Seltiz (*apud* GIL,2002) estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Neste caso, essa pesquisa envolve: levantamento bibliográfico e análise de exemplos que estimulem a compreensão.

A seguinte trabalho também se caracteriza por ser de análise qualitativa, na qual segundo Neves (1996), não busca enumerar ou medir eventos e, geralmente, não emprega instrumental estatístico para análise dos dados; seu foco de interesse é amplo e parte de uma perspectiva diferenciada da adotada pelos métodos quantitativos. Ainda segundo Neves (1996), nas pesquisas qualitativas, é frequente que o pesquisador procure entender os fenômenos, segunda a perspectiva dos participantes da situação estudada e, a partir, daí situe sua interpretação dos fenômenos estudados.

A metodologia do projeto foi dividida nas seguintes etapas:

1. Revisão Bibliográfica: esta etapa consiste na identificação de trabalhos e livros científicos sobre métodos multicritério.
2. Seleção dos Métodos Multicritério a serem analisados: a partir da revisão bibliográfica serão identificados os métodos multicritério que podem ser aplicados no contexto da Engenharia de Produção.
3. Seleção de ferramentas: esta etapa consiste na identificação de ferramentas que podem ser utilizadas na resolução de cada método multicritério selecionado.
4. Identificação de problemas: selecionar os problemas de tomada de decisão em Engenharia de Produção que podem ser solucionados por meio de métodos multicritério.

1.5 Estrutura do Trabalho

Nesta seção foram apresentados a Introdução do trabalho com os elementos como a justificativa, a definição e a delimitação do problema, os objetivos gerais e específicos, e a metodologia, na qual caracteriza o tipo de pesquisa e foi desenvolvida.

O restante do trabalho foi organizado da seguinte forma:

- O Capítulo 2 faz um levantamento dos conceitos sobre tomadas de decisões no cotidiano e nas empresas, sobre a Pesquisa Operacional e os métodos multicritérios.
- O Capítulo 3 apresenta alguns métodos multicritérios e a sua metodologia.

- O Capítulo 4 mostra como foi realizada a seleção de artigos e os resultados e discussões de cada artigo dividido por área da Engenharia de Produção.
- O Capítulo 5 apresenta as contribuições, limitações e pesquisas futuras.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Tomadas de Decisões

"Situações do cotidiano, mesmo as mais simples, exigem que decisões sejam tomadas. Uma decisão precisa ser tomada sempre que estamos diante de um problema que possui mais de uma alternativa para a solução. Mesmo quando, para solucionar um problema, possuímos uma única ação a tomar, temos a alternativa de tomar ou não essa ação (GOMES, GOMES e ALMEIDA, 2009)."

A tomada de decisões de uma empresa são, em sua maioria, complexas. Isso ocorre pois envolve dados imprecisos e/ou incompletos, múltiplos critérios, e vários agentes de decisão (Gomes e Moreira² *apud* Vilas Boas, 2007). Destacando-se como principal característica, a necessidade de atender vários requisitos ao mesmo tempo. Segundo Milan Zeleny³ (*apud* Gomes, Gomes e Almeida, 2009), a tomada de decisão é um esforço para tentar problema(s) de objetivos conflitantes, cuja presença impede a existência de uma solução ótima e conduz à procura do "melhor compromisso". Outra complexidade implica na impossibilidade de prever os impactos, pois para Miettinen e Peka⁴ (*apud* Merçon, 2010) todos estão inseridos em um meio ambiente mutável, e sujeito a condições que o decisor não pode controlar, e com incertezas, imprecisão e/ou ambiguidades.

Um processo de tomada de decisão pode conceber-se como a eleição por parte de um centro decisor (um indivíduo ou um grupo de indivíduos) da melhor alternativa entre as possíveis. O problema analítico está em definir o melhor e o possível em um processo de decisão (ROMERO⁵ *apud* GOMES, GOMES, ALMEIDA, 2009).

Para Hammond, Keeney e Raiffa⁶ (*apud* Gomes, Gomes e Almeida, 2009), os objetivos ajudam a determinar quais informações devem ser obtidas, permitem justificar decisões perante os outros, estabelecem a importância de escolha, e permitem estabelecer o tempo e o esforço necessário para cumprir uma tarefa.

² GOMES, L. F. A. M., MOREIRA, A. M. M., Da Informação à Tomada de Decisão: Agregando Valor Através dos Métodos Multicritério. COMDEX SUCESU - RIO' 98, Riocentro, Rio de Janeiro, RJ, 1998.

³ ZELNY, M. *Multiple Criteria Decision Making*. McGraw Hill, New York, 1982.

⁴ MIETTINEN, Kaisa; SALMINEN, Peka. *Decision-aid for discrete multiple criteria decision making problems with imprecise data*. European Journal of Operational Research; 119, p. 50-60, 1999.

⁵ ROMERO, C. *Teoría de la decisión multicritério: Conceptos, técnicas y aplicaciones*, Madrid, AlianzaEditorial, S.A. 1993.

⁶ HAMMOND, J. S.; KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. *Decisões inteligentes*. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

Essas informações obtidas podem atender a duas finalidades estratégicas: para conhecimento dos ambientes internos e externos (MORESI⁷ apud MORITZ e PEREIRA, 2006).

No processo decisório, tem sido utilizado com sucesso, a Pesquisa Operacional como ferramenta de escolhas gerenciais, fato que ganhou grande impulso a partir da Segunda Guerra Mundial, dando suporte aos militares na resolução de problemas de estratégia, logística e tática como afirmam Hillier e Lieberman (1988).

O sucesso e credibilidade ganhos durante a guerra foram tão grandes que, terminando o conflito, esses grupos de cientistas e a sua nova metodologia de abordagem dos problemas se transferiram para as empresas que, com o "boom" econômico que se seguiu, se viram também confrontadas com problemas de decisão de grande complexidade. Em alguns países, em que prevaleceu a preocupação com os fundamentos teóricos, a Pesquisa Operacional se desenvolveu sob o nome de Ciência da Gestão ou Ciência da Decisão e em outros, em que predominou a ênfase nas aplicações, com o nome de Engenharia Industrial ou Engenharia de Produção (SOBRAPO, 2012)

Segundo Lachtematcher (2007) a Pesquisa Operacional busca matematicamente redefinir problemas reais a fim de simulá-los e traduzi-los racionalmente e objetivamente, por meio de modelos matemáticos, tendo como objetivo auxiliar na tomada de decisão em situações complexas utilizando ferramentas computacionais e matemáticas.

A Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional afirma que houve um grande avanço em termos de desenvolvimentos técnicos e metodológicos até os dias de hoje, e que com o apoio de meios computacionais de crescente capacidade e disseminação, permitem trabalhar enormes volumes de dados sobre as atividades, não apenas das empresas, mas, também de instituições do setor público dentro e fora da área econômica. Face ao caráter multidisciplinar, a Pesquisa Operacional é uma disciplina científica de características horizontais com suas contribuições estendendo-se por praticamente todos os domínios da atividade humana, na Engenharia à Medicina, passando pela Economia e a Gestão Empresarial.

Na década de 70, começam a surgir os primeiros métodos voltados para problemas discretos de decisão, no ambiente multicritério ou multiobjetivo, ou seja, métodos que utilizam uma

⁷ MORESI, E. A. D. Delineando o valor do sistema de informação de uma organização. Revista Ciência da Informação. São Paulo, v 29, n 1, p. 14-24, 2000.

abordagem diferenciada para essa classe visando a representação multidimensional dos problemas, mas também incorporando uma série de características bem definidas quanto a sua metodologia (GOMES, GOMES e ALMEIDA, 2009).

As abordagens multicritérios funcionam como uma base para discussão, principalmente nos casos onde há conflitos entre os decisores, ou ainda, quando a percepção do problema pelos vários autores envolvidos ainda não está totalmente consolidada (NORONHA⁸ *apud* VILAS BOAS, 2007).

Adicionalmente, define-se que os métodos multicritério não visam apresentar ao decisor ou aos decisores uma solução para o seu problem, elegendo uma única verdade representada pela ação selecionada. Visa, como seu nome indica, apoiar o processo decisório, por meio da recomendação de ações ou cursos de ações a quem vai tomar a decisão. Se a qualidade da informação disponível ao longo do processo de resolução de um problema complexo é de inquestionável importância, também é a forma de tratamento analítico daquela mesma informação (GOMES, GOMES, ALMEIDA, 2009).

Stewart⁹ (*apud* Gomes, Gomes e Almeida, 2009) define o Apoio à Multicritério à Decisão, através de seus vários métodos, é o meio por excelência pelo qual tal simbiose se materializa.

Segundo Schmidt¹⁰ (*apud* Vilas Boas, 2007), estas abordagens foram desenvolvidas para problemas que incluem aspectos qualitativos e/ou quantitativos, tendo como base o princípio de que a experiência e o conhecimento das pessoas é pelo menos tão valioso quanto os dados utilizados para a tomada de decisão. Nota-se, por conseguinte, que a análise multicritérios leva em conta a subjetividade dos atores (ROY *apud* VILAS BOAS, 2007).

Segundo Fernandes¹¹ (*apud* Wernke, 2001), uma outra característica relevante é que os Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão permitem avaliar critérios que não podem ser transformados em valores financeiros. Sua aplicação é apropriada para comparar alternativas

⁸ NORONHA, S. M. D.. Um modelo multicritérios para apoiar a decisão da escolha do combustível para alimentação de caldeiras usadas na indústria têxtil. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Florianópolis: UFSC, 1998.

⁹ STEWART, T. A *scenario-based framework for multicriteria decision analysis in water resources planning*. Water Resources Research, v.31, n.11, p.2835-2843,1995.

¹⁰ SCHMIDT, Ângela Maria Atherino. Processo de apoio à tomada de decisão – Abordagens: AHP e MACBETH. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Florianópolis: UFSC, 1995.

¹¹ FERNANDES, Carlos Henrique. Priorização de projetos hidrelétricos sob a ótica social – um estudo de caso utilizando análise custo/benefício e uma metodologia multicritério de apoio à decisão – “MACBETH”. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Florianópolis: UFSC, 1996.

de projetos, políticas e cursos de ação e também analisar projetos específicos, ações mais eficazes e as que devem ser modificadas.

Os métodos de multicritério são utilizados quando não é possível representar todos os objetivos de um problema em uma única métrica, como a monetária. Isso quer dizer, que tais métodos auxiliam na resolução dos problemas através da análise custo-benefício. No entanto, as vezes os agentes de decisão os utilizam inadequadamente, por meio da representação ou julgamento errôneo de valores dos objetivos.

2.2 Atores no Processo Decisório

Para a melhor compreensão do processo decisório, é importante o conhecimento dos papéis a serem exercidos. Nesta seção, são definidas as funções do tomador de decisão, analista de decisão, cliente e do especialista.

Habitualmente os termos decisor e analista são vistos como sinônimos, pois, seja um indivíduo ou um grupo de decisores, muitas vezes, realizam ambas as funções.

Mesmo no caso de decisão individual existe a situação onde há a influência de vários outros atores no processo decisório. Estes atores não exercem o poder sobre a decisão em questão, mas de alguma forma podem influenciar no processo (ALMEIDA, 2011).

As organizações, de algum modo, influenciam ou são influenciadas por agentes presentes meio em que estão inseridas. Atualmente, há a necessidade destas organizações saber quem são estes agentes, e de que forma e com que grau são essas influências. Tais agentes, citados acima, são chamados de *stakeholders*.

Segundo Freeman¹² (*apud* Gonçalves et al 2011), *stakeholders* são indivíduos ou grupos que podem influenciar ou serem influenciadas por ações, decisões, políticas, práticas ou objetivos da organização. A idéia central da abordagem de *stakeholders* é que o sucesso das organizações depende da forma como gerenciam as relações com os grupos (clientes, fornecedores, comunidades, investidores e outros) que podem afetar a realização dos objetivos.

Encontra-se abaixo a definição dos atores no processo decisório, segundo Almeida (2011):

¹² FREEMAN, R. E. Strategic management: a stakeholder approach. Boston: Pittman, 1984.

- Decisor (pode ser um indivíduo ou um grupo de decisores): é o responsável pela tomada de decisão e possui poder sobre a decisão em questão;
- Analista: fornece suporte metodológico ao processo decisório. Muitas vezes o analista exerce um papel mais amplo de envolvimento com um grupo de atores para trabalhar no entendimento do problema. Neste caso, o analista pode exercer papel denominado de Facilitador;
- Cliente: apontado como um intermediário entre o decisor e o analista. Isto ocorre em muitas situações reais e nestes casos, o cliente geralmente exerce o papel de assessor do decisor;
- Especialista: raramente este, é citado na literatura de MCDA (*Multi-Criteria Decision Analysis*), mas está sempre presente na literatura de Teoria da Decisão. Trata-se daquele profissional que conhece os mecanismos de comportamento do sistema objeto de estudo e do seu ambiente que influenciam variáveis relacionadas ao problema de decisão em questão. Podem existir mais de um especialista para uma mesma variável ou diferentes especialistas para variáveis distintas.

2.3 Classificação dos Métodos Multicritério

Existem vários métodos que podem auxiliar nos problemas de múltiplos objetivos. Na literatura, há varias formas de classificação. Segundo Roy¹³ (*apud* Mota e Almeida, 2007), os métodos podem ser divididos em três grandes abordagens, relativamente aos princípios de modelagem de preferências:

- Abordagem do critério único de síntese: consiste em agregar diferentes pontos de vista dentro de uma única função , que pode ser posteriormente otimizada. Neste caso, devem-se analisar as condições de agregação da função e de construção de modelo. Neste grupo, destaca-se a Teoria da Utilidade Multiatributo.
- Abordagem da Sobreclassificação (*outranking*): inspirada na escola francesa, essa família, apóia, em primeiro lugar, a construção de uma relação de sobreclassificação , que representa as preferências estabelecidas pelo decisor. O segundo passo, consiste em explorar a relação de sobreclassificação de tal forma que ajude o decisor resolver o problema. Neste tipo de abordagem encontra-se os métodos ELECTRE e família de métodos PROMETHEE.

¹³ ROY, B. Multicriteria Methodology for Decision Aiding. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996.

- Abordagem do julgamento Interativo: os métodos interativos, também são conhecidos como *Multi-Objective Decision Making* (MODM), têm como base as técnicas de programação matemática envolvendo conjuntos contínuos de alternativas com espaços contínuos de soluções (GARTNER¹⁴ *apud* VILAS BOAS, 2007).

2.4 Tipos de Teorias

Nesta seção são descritas as três perspectivas das teorias, utilizadas nos métodos multicritérios. Segundo Almeida (2011), são elas:

- Teoria Descritiva: está focalizada em descrever como as pessoas decidem em situações reais. Ou seja, descrever de que forma o decisor faz julgamentos para a tomada de decisão;
- Teoria Normativa: focaliza na escolha racional e modelos normativos são construídos, com base em hipóteses que procuram garantir uma lógica para o processo decisório;
- Teoria Prescritiva: consiste em apoiar decisores no sentido de que estes tomem melhores decisões com base em modelos normativos, buscando incorporar as questões práticas que podem surgir quando da aplicação destes modelos;
- Teoria Construtivista: consiste em um processo interativo, onde o decisor interage com o analista, com apoio de algum método de forma a contruir uma solução para o problema enfrentado. Nesta abordagem considera-se que há uma dimensão de aprendizagem, no sentido que o decisor e o analista aprendem sobre o problema analisado (BOUYSSOU¹⁵ *apud* ALMEIDA, 2011).

¹⁴ GARTNER, I. R. Avaliação ambiental de projetos em bancos de desenvolvimento nacionais e multilaterais: evidências e propostas. Brasília: Editora Universa, 2001.

¹⁵ BOUYSSOU, D. *Dicision mul t im'terie ou aide multicriteriâ Bulletin du Groupe de Travail Européen 'tude Mul l im'tm'e à la Dicision"*, series 2, n. 2, Pn'temps93, 1993.

3. MÉTODOS E A SUA METODOLOGIA

3.1 Método AHP

O método no qual nos estamos referindo é o Processo Analítico Hierárquico (AHP). A sua origem data de 1971, quando o Dr. Thomas L. Saaty trabalhava no Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Foi desenvolvido em 1972, num estudo para o Fundação Nacional de Ciência dos Estados Unidos (NSF sigla em inglês) sobre o racionamento de energia para indústrias (durante o mesmo ano Dr. Saaty também criou a escala que relaciona as opiniões aos números). Chegou à sua maturidade aplicativa com o Estudo dos Transportes do Sudão em 1973 e houve um grande enriquecimento teórico entre 1974 e 1978 (JORDÃO e PEREIRA, 2006).

Segundo Colin (2007), o AHP é um método apropriado para tratar problemas com uma definição ou formulação menos clara. Já não existe mais a função-objetivo e as restrições, mas sim um objetivo a ser alcançado, com a seleção de vários critérios que permitem o atingimento do objetivo. Muitos dos pontos negativos levantados pelos críticos dos métodos de Análise Quantitativa e Pesquisa Operacional são de certa forma tratados pelo AHP.

O AHP usa uma abordagem hierárquica para estabelecer os critérios e para identificar as alternativas. O AHP usa um procedimento de comparação par a par para comparar as alternativas para critério Isto é efetuado por meio de avaliações numa escala semântica de cinco níveis, apresentada de forma explícita tendo nove níveis no total, pois se há hesitação do decisor, valores intermediários são considerados entre os cinco níveis. Os critérios são também comparados entre si. O método utiliza a escalas de razão para todas as avaliações. O método introduz a possibilidade de avaliar inconsistências no julgamento de valor pelo decisor (ALMEIDA, 2011).

Para justificar o modo do método AHP, descrito acima, Saaty¹⁶ (*apud* Colin, 2007) comenta que o ser humano tem dificuldades em examinar várias idéias ao mesmo tempo, ainda que sejam poucas. Portanto, tal método procura ajudar nesse sentido, fazendo com que no processo de solução de um problema complexo pensar em apenas um ou dois problemas menores ao mesmo tempo.

¹⁶ SAATY, Thomas L. The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process. In: Köksalan, Murat; Zionts, Stanley. Multiple Criteria Decision Making in the New Millennium.EUA: Springer, 2001.

Segundo Colin(2007), a metodologia do AHP pode ser dividida em quatro partes:

- Representação da hierarquia: consiste no desenvolvimento da hierarquia de decisão associada aos vários níveis de elementos inter-relacionados;
- Comparação de pares: avaliação de preferências com relação a cada elemento de decisão em um dado nível da hierarquia;
- Método do autovalor: uso do método do autovalor para estimar os pesos relativos dos elementos de decisão em um dado nível e avaliar a consistência das preferências estabelecidas nas comparações de pares;
- Agregação das prioridades: agregação das prioridades relativas de modo a avaliar o resultado referente ao objetivo.

3.1.1 Representação da Hierarquia

Para o método AHP, é necessário o mapeamento dos critérios que serão avaliados posteriormente. Com isso, poderá ser mensurado o impacto de cada solução no problema.

Para elaborar a forma de uma hierarquia, Saaty (*apud* Silva, 2007) fornece sugestões úteis: (1) Identificar o problema geral; (2) identificar os sub-objetivos do objetivo geral; (3) identificar os critérios que devem ser satisfeitos; (4) identificar os subcritérios abaixo de cada critério. Vale ressaltar que critérios e subcritérios podem ser especificados em termos de faixas de valores de parâmetros ou em termos de intensidades como alta, média, baixa; (5) identificar os atores envolvidos; (6) identificar os objetivos dos atores; (7) identificar as políticas dos atores; (8) identificar opções e resultados; (9) para decisões sim-não, tomar o resultado mais preferível e comparar os benefícios e custos de tomar decisão com os de não se tomar a decisão; (10) realizar uma análise de custo-benefício usando valores marginais. Como lidamos com hierarquia de dominância, deve-se perguntar qual alternativa gera o melhor benefício, que alternativa é mais custosa e, para riscos, qual alternativa é mais arriscada.

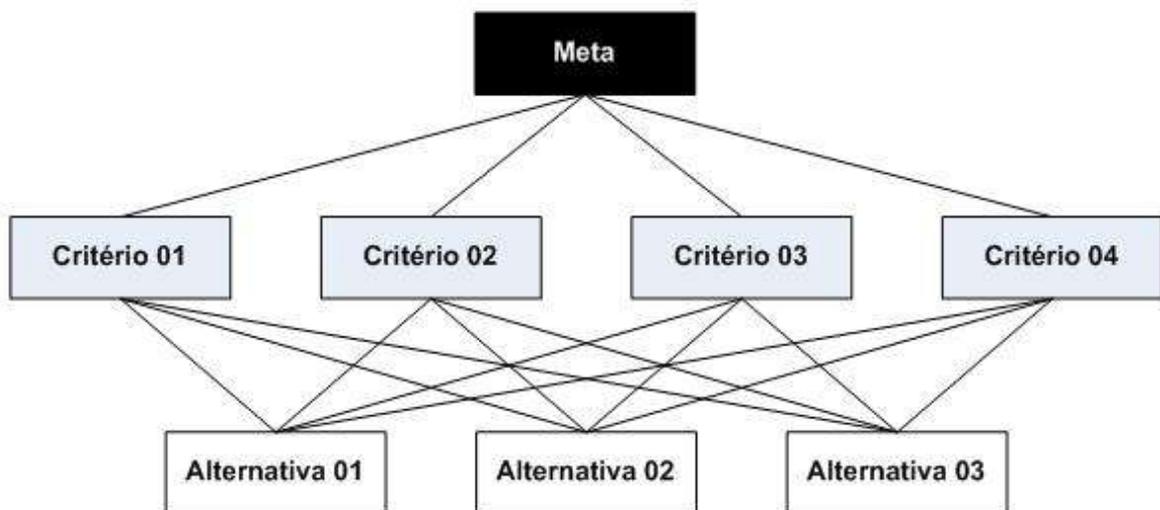


Figura 1 - Exemplo de Hierarquia de critérios/objetivos.

Fonte: VARGAS, 2010.

A Figura 1 mostra um exemplo de hierarquia de critérios e objetivos. Uma hierarquia bem construída será um bom modelo da realidade, podendo trazer vantagens. Primeiramente, a representação hierárquica de um sistema pode ser usada para descrever como as mudanças em prioridades nos níveis mais altos afetam a prioridade dos níveis mais baixos. A hierarquia também permite a obtenção de uma visão geral de um sistema, desde os atores de níveis mais baixos até seus propósitos nos níveis mais altos. Finalmente, os modelos hierárquicos são estáveis e flexíveis: estáveis porque pequenas modificações têm efeitos pequenos; já flexíveis porque adições a uma hierarquia bem estruturada não perturbam o desempenho (SILVA, 2007).

3.1.2 Comparação aos pares

Para qualquer tipo de problema complexo, existe a dificuldade de se escolher a melhor alternativa, aquela que satisfaz um conjunto de objetivos pretendidos. Portanto, nesta etapa, o tomador de decisões deve identificar o grau de importância dos fatores em cada nível hierárquico.

A escala recomendada por Saaty (Silva, 2007), mostrada no Quadro 1, vai de 1 a 9, com 1 significando a indiferença de importância de um critério em relação ao outro, e 9 significando a extrema importância de um critério sobre outro, com estágios intermediários de importância

entre esses níveis 1 e 9. Além disso, desconsiderando as comparações entre os próprios critérios, que representam 1 na escala, apenas metade das comparações precisa ser feita, porque a outra metade constitui-se das comparações recíprocas na matriz de comparações, que são os valores recíprocos já comparados.

Intensidade da Importância	Definição	Explicação
1	Igualmente importante	Dois elementos contribuem igualmente
3	Moderadamente mais importante	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente um elemento.
5	Fortemente mais importante	Experiência e julgamento favorecem fortemente um elemento.
7	Muito fortemente mais importante ou importância confirmada	Elemento fortemente favorecido. A dominância é provada na prática.
9	Extremamente mais importante	A evidência favorece um elemento em relação a outro na ordem mais alta

Quadro 1 - Escala de Comparação de pares do AHP.

Fonte: BARIN et al 2010.

3.1.3 Método do Autovalor

Para esta etapa será utilizada a teoria apresentada por Colin (2007), em que as matrizes de comparações são manipuladas para obtenção das prioridades relativas de cada um dos critérios. As prioridades deverão ser números entre 0 e 1, e sua soma deve ser 1.

A idéia fundamental, dessa parte considera que o analista soubesse os pesos relativos de cada um dos critérios de uma matriz de n elementos, então a matriz de comparação dos pares

deveria ser equivalente a A, em que para w_1 o peso relativo do critério i . Nesse caso, os pesos relativos podem ser facilmente obtidos de qualquer uma das n linhas de A porque para $w = (w_1 w_2 \dots w_n)^T$. Em álgebra linear n e w são chamados respectivamente de autovalor e autovetor direito da matriz A.

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

O AHP considera que o analista que constrói a matriz da comparação entre os pares não conhece w e portanto a matriz A contém inconsistência. É comum se estimar w da seguinte forma, como mostra a equação (1) :

$$\hat{A}\hat{w} = \lambda_{max}\hat{w} \quad (1)$$

em que \hat{A} é a matriz de comparações observada (ou sugerida pela analista), λ_{max} é o maior autovalor de \hat{A} e \hat{w} é o seu autovetor direito. Os acentos circunflexos representam "estimativas".

O valor de λ_{max} sempre será maior do que o número de fatores do nível em análise representado por n . Quanto mais próximo o valor de λ_{max} estiver do número de fatores, maior a consistência representado por IC e calculado como:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

e do quociente de consistência QC, o que é calculado como:

$$QC = \frac{IC}{ICA} \quad (3)$$

em que ICA é o índice de consistência aleatório. O ICA é obtido fazendo as comparações dos pares de forma aleatória. Como regra prática geral, $QC \leq 0,1$ é considerado um valor aceitável. Se $QC > 0,1$ recomenda-se que o analista reavalie suas comparações de pares na matriz \hat{A} , pois elas estão muito inconsistentes.

Para matrizes de ordem n , os ICAs em função da ordem da matriz \hat{A} são definidos de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - ICAS em função da ordem da matriz

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ICA	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Fonte: Colin, 2007.

3.1.4 Agregação das prioridades

Na quarta etapa, é realizada a agregação das prioridades relativas dos vários níveis obtidos na seção anterior com o intuito de produzir um vetor de prioridades compostas que serve como prioridades das alternativas de decisão na busca do principal objetivo do problema. Em termos operacionais, são criadas outras matrizes de comparações para cada uma das alternativas de decisão no nível $i + 1$ com relação a todos os critérios do nível i . Posteriormente, o tomador de decisões deve agregar as prioridades resultantes com as prioridades encontradas no nível i de modo a obter a melhor decisão para o objetivo do problema.

As prioridades compostas das alternativas de decisão devem ser calculadas levando em consideração, os níveis i e $i + 1$; isso é feito multiplicando-se as matrizes de prioridade dos níveis $i + 1$ e i . Para p_i e p_{i+1} , respectivamente o vetor de prioridades relativas do nível i e a matriz de prioridades relativas do nível $i + 1$, podendo dizer que o vetor de prioridades compostas p_c é definido por

$$p_c = P_{i+1}p_i \quad (4)$$

A seleção da melhor alternativa de decisão é realizada de acordo com o elemento de p_c com maior valor.

3.2 Método TOPSIS

O método multicritério TOPSIS foi desenvolvido por Ching-Lai Hwang e Kwangsun Paul Yoon em 1981. Este método auxilia na tomada de decisões por meio da comparação e rankings. Este método, situa as alternativas em relação aos pontos de referência: situação

ideal, em inglês *positive ideal solution* (PIS) e ao distanciamento de uma situação ideal negativa, em inglês *negative ideal solution* (NIS).

A aplicação do método é baseada em duas matrizes. A primeira é uma matriz de decisão com as diversas alternativas e atributos ou critérios. Posteriormente os dados são normalizados, determinando a construção de uma segunda matriz. Para minimizar a distância da solução ideal e maximizar a distância para a solução ideal negativa, ou anti-ideal, utiliza-se a técnica da distância Euclidiana, que busca a minimização da raiz quadrada da soma das distâncias ao quadrado para as soluções ideais (VALLADARES, 2011).

Para tanto, são definidos os vetores dos melhores e dos piores valores alcançados em cada critério na matriz de avaliação (distância ao ideal e ao anti-ideal, respectivamente). De posse dos parâmetros w e p definidos, calcula-se a distância de cada alternativa à solução como sendo a solução de compromisso (taxa de similaridade) (MENEZES, 2006).

É importante ressaltar a influência dos pesos atribuídos aos critérios no método TOPSIS. Atribuir notas ao invés de utilizar as grandezas dos critérios reduz as diferenças, diminuindo a predominância de um critério de grande valor quantitativo, mas não qualitativo. Isso conta a favor da escolha do método TOPSIS (VALLADARES, 2011).

Segundo Valladares(2011) a metodologia do TOPSIS consiste nas seguintes etapas:

1º passo - Construção da matriz: a primeira etapa é a construção da matriz do problema ou matriz de decisão, conforme apresentado na Figura 2, com as alternativas e critérios selecionados e as respectivas notas ou avaliações.

	C1	C2	C3	C4	C5	Cm
A1	X11	X12	X13	X14	X15	X1m
A2	X21	X22	X23	X24	X25	X2m
A3	X31	X32	X33	X34	X35	X3m
A4	X41	X42	X43	X44	X45	X4m
A5	X51	X52	X53	X54	X55	X5m
An	Xn1	Xn2	Xn3	Xn4	Xn5	Xnm

Figura 2 - Matriz de Decisão (Fonte: Valladares, 2011)

2º passo - Cálculo da matriz normalizada: a normalização pode ser realizada por vários critérios, destacando-se a normalização linear e a por vetor. A normalização linear é um procedimento simples, resultante da divisão da nota dada a um critério “x” qualquer pelo máximo valor atribuído ao mesmo critério.

A normalização por vetor é realizada pela divisão de cada critério “x” por um modelo, que neste caso é a raiz quadrada da soma dos quadrados referente a todas as alternativas, obtendo-se o valor normalizado “y” para cada critério por meio da equação 5) abaixo:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (5)$$

Onde:

m é o número de fontes de dados;

x_{ij} representa o escore do j -ésimo critério para a i -ésima fonte de dados

3º passo - Cálculo da matriz com os respectivos pesos: a matriz normalizada é multiplicada por pesos subjetivos para cada critério, que podem ser definidos por um ou mais decisores. Utiliza-se a seguinte equação:

$$v_{ij} = w_{ij} y_{ij} \quad (6)$$

Onde:

w_{ij} é o peso definido para cada atributo ou critério

4º passo – Identificação da PIS e da NIS: cálculo da solução ideal positiva (S+) e da solução ideal negativa (S-). Os melhores e piores valores são selecionados de cada critério para identificação da PIS e da NIS. Utilizam-se as seguintes equações:

$$S^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J')\}$$

$$S^- = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J')\} \quad (7)$$

Onde:

J é o conjunto de critérios de benefícios

J' é conjunto de critérios de custos

5º passo - Cálculo das distâncias entre a situação ideal positiva e cada alternativa (Δ^+) e situação ideal negativa e cada alternativa (Δ^-): para cada alternativa uma medida de separação é calculada em relação às situações positivas e situações negativas. As distâncias euclidianas entre cada alternativa e a respectiva solução ideal positiva (D_i^+) e solução ideal negativa (D_i^-) que podem ser calculadas da seguinte forma:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - s_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - s_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m$$

6º passo - Cálculo da similaridade para a posição ideal positiva: Calcular a posição relativa à solução ideal (A_i) e a definição da hierarquização das alternativas. Utiliza-se a seguinte equação:

$$A_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (9)$$

Todas as alternativas são comparadas com a solução ideal positiva e com a solução ideal negativa. Se uma das alternativas apresenta “ $A_i = 1$ ”, portanto, essa alternativa é a solução ideal, em contrapartida, se “ $A_i = 0$ ”, essa alternativa será a solução ideal negativa. Quanto maior o valor da aproximação relativa “ A_i ”, mais próxima da solução ideal é a alternativa, e, por conseguinte mais afastada da solução ideal negativa. O *ranking* final é baseado em uma decisão métrica de proximidade que seja uma função de ambas as medidas de separação.

3.3 Método ELECTRE

O método ELECTRE foi proposto inicialmente por Benayoun, Roy e Sussman, em 1966. É de origem francesa e significa *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*, que quer dizer eliminação e escolha traduzindo a realidade (OLSON¹⁷ *apud* MORAIS, 2006).

Segundo Almeida (2011), estes modelos são aplicados em duas fases:

- Construção da relação de sobreclassificação, onde se estabelece uma comparação par a par entre as alternativas; e
- Exploração da relação de sobreclassificação, onde se aplica um procedimento ou algoritmo para resolver o problema em função da problemática específica abordada.

O método Electre (eliminação e escolha expressando a realidade), tem como intuito obter um conjunto de N alternativas, que sobre-classificam as que não entram no subconjunto N. O procedimento é continuado até se obter um pequeno subconjunto, representado por alternativas de melhor compromisso com o problema (Vincke¹⁸ *apud* Alencar, 2003). O método ELECTRE se propõe a reduzir o tamanho do conjunto de alternativas, explorando o conceito de dominância. É utilizado um índice de concordância $C(a,b)$ para medir a vantagem relativa de cada alternativa sobre todas as outras. De forma similar, é definido um índice de discordância $D(a,b)$, que mede a relativa desvantagem (ROY e VINCKE *apud* ALENCAR, 2003).

As seguintes versões ELECTRE são aplicadas por Roy (*apud* Alencar, 2003), cada uma aplicável a um caso diferente:

ELECTRE I: indicado para problemáticas de escolha ($P.\alpha$), busca selecionar um conjunto de alternativas dominantes;

ELECTRE II: adequado para problemáticas de ordenação ($P.\gamma$) resulta numa ordenação das alternativas não dominadas;

ELECTRE III: aplicável aos casos onde a família de pseudo-critério se verifica, sendo indicado para problemáticas de ordenação ($P.\gamma$);

ELECTRE IV: é igualmente aplicável nos casos onde a família de pseudo-critério se verifica. Sua característica principal consiste na não utilização de ponderação associada à importância relativa dos critérios, sendo indicado para problemáticas de ordenação ($P.\gamma$);

ELECTRE IS: indicado para problemáticas de escolha ($P.\alpha$) e para família de estrutura de pseudo-critério;

ELECTRE TRI: aplicável aos casos da família de pseudo-critério, sendo indicado para problemáticas de classificação ($P.\beta$).

Por existirem muitos métodos ELECTRE, irá ser focado neste trabalho, o ELECTRE TRI, por ser um dos mais utilizados, se não, o mais utilizado. Abaixo, segue a sua metodologia segundo Yu¹⁹ e Mousseau²⁰ (*apud* COSTA, SOARES e OLIVEIRA, 2004).

O método ELECTRE TRI, trata de problemas de classificação ordenada onde, dado um conjunto finito $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ de alternativas avaliadas de acordo com um conjunto de classes $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$, considerando o desempenho de A frente ao conjunto $F = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ as alternativas apresentadas conforme as preferências do tomador de decisão.

A classificação é realizada considerando a análise do desempenho das alternativas à luz de um conjunto de critérios F , a avaliação da importância dos critérios pertencentes a F e classes de equivalência definidas por limites superiores e inferiores de desempenho.

¹⁷ OLSON, D. L. *Decision Aids for Election Problems*. Springer, 1996.

¹⁸ VINCKE, P. *Multicriteria decision-aid*. Bruxelles: John Wiley and Sons, 1992.

¹⁹ YU, W. ELECTRE TRI. *Aspects méthodologiques et guide d'utilisation*, Document du LAMSADE, No. 74, Université Paris-Dauphine, 1992.

²⁰ Mousseau, V., R. Slowinski, P. Zielniewicz (1999), A User-oriented Implementation of the ELECTRE-TRI Method Integrating Preference Elicitation Support, *Computers & Operations Research*, 27, 757-777.

Nestes métodos, as alternativas são classificadas a partir de dois passos: construção de uma relação de subordinação S e exploração da relação S .

A construção da relação caracteriza como as alternativas são comparadas aos limites das classes e permite a comparação de uma alternativa A com um limite padrão b_n para a classe de equivalência b considerando todo o conjunto de critérios. Quando se diz aSb_n quer dizer que a opção a é tão boa quanto b_n ou vice versa e, para validar a afirmação é preciso:

- concordância: para que aSb_n seja aceito uma maioria de critérios deve ser a favor da afirmação.
- não-discordância: quando na condição de concordância esperada nenhum dos critérios da minoria deve se opor.

A construção de S pode sofrer interferências de dois parâmetros:

- o conjunto de coeficientes dos pesos (k_1, k_2, \dots, k_m) usado no teste de concordância quando se computa a importância relativa da união dos critérios que são a favor da afirmação aSb_n ;
- conjunto de limites de vetor.

Para obter essa relação, devem ser seguidos os seguintes passos:

- computação do índice de concordância parcial $c_j(a, b_n)$ e $c_j(b_n, a)$;
- computação do índice de concordância geral $c(a, b_n)$;
- computação do índice de discordância parcial $d_j(a, b_n)$ e $d_j(b_n, a)$;
- computação da relação de subordinação *fuzzy* (objetiva representar a tomada de decisão humana sob a ótica de subjetividade e do banco de dados modelado que apóia todo esse processo) conforme índice de credibilidade $\sigma(a, b_n)$;
- determinação de um plano de corte λ da relação *fuzzy* para obter uma relação de subordinação.

O índice de concordância parcial $c_j(a, b_n)$ expressa até que ponto que a afirmação a é pelo menos tão boa quanto b_n considerando que o critério g_j é válido, enquanto o índice de concordância global $c_j(b_n, a)$ expressa até que ponto as avaliações de a e b_n estão de acordo com a afirmação “a subordina b_n ”.

O índice de discordância parcial $d_j(a, b_n)$ expressa até que ponto o critério g_j se opõe à afirmação “a pelo menos tão boa quanto b_n ”, e é considerado discordante se, neste critério, b_n é preferida à a .

O grau de credibilidade da relação de subordinação $\sigma(a, b_n)$ expressa até que ponto “a subordina b_n ” de acordo com $c_j(a, b_n)$ e com $d_j(a, b_n)$ com j pertencente a F . Os índices de credibilidade σ são calculados a partir da soma dos valores estabelecidos na relação de subordinação, baseando-se em alguns princípios:

- quando nenhum critério for discordante a credibilidade da relação de subordinação $\sigma(a, b_n)$ é igual ao índice de concordância $\sigma(a, b_n)$.
- quando um critério discordante se opõe ao veto para a afirmação então o índice de credibilidade $\sigma(a, b_n)$ torna-se nulo, ou seja, a afirmação “a subordina b_n ” não é confiável. (i. é, $d_j(a, b_n)=1$)
- quando um critério discordante é tal como $c(a, b_n) < d_j(a, b_n) < 1$, o índice de credibilidade torna-se mais baixo que o índice de concordância, sendo justo o efeito de oposição.

Portanto, o índice de credibilidade $\sigma(a, b_n)$ é o mesmo que índice de concordância fraca, por um eventual efeito de veto.

A relação de subordinação *fuzzy*, acima citada, obtida entre uma relação de subordinação S é feita sobre o significado de λ , qual é considerado o menor valor de índice de compatibilidade compatível com a afirmação que “a subordina b_n ” assim, são definidas relações binárias: preferência ($>$); indiferença (I); incomparabilidade (R).

$$aIb_n \leftrightarrow aSb_n \text{ e } b_nSa;$$

$$a > b_n \leftrightarrow aSb_n \text{ e não } b_nSa;$$

$$a < b_n \leftrightarrow \text{n\~{a}o } aSb_n \text{ e } b_nSa;$$

$$aRb_n \leftrightarrow \text{n\~{a}o } aSb_n \text{ e n\~{a}o } b_nSa.$$

O passo da exploraç\~{a}o \u00e9 necess\u00e1rio para analisar o modo em que uma alternativa “a” \u00e9 comparada com os limites padr\u00e3o determinados para a classe que “a” deve ser enquadrada. Para isso, dois procedimentos de classifica\u00e7\u00e3o s\u00e3o avaliados:

- Procedimento de classifica\u00e7\u00e3o pessimista ou conjuntivo:
 - comparar “a” sucessivamente com b_i , para $i=p, p-1, \dots, 0$
 - que b_n seja o primeiro limite padr\u00e3o tal que aSb_n classificando “a” para a classe $C_{n+1}(a \rightarrow C_{n+1})$.

Se b_{n-1} e b_n denotam os limites inferior e superior da classe C_n , o procedimento classifica a alternativa “a” para a alta classe C_n tal que aSb_{n-1} . Utilizando $\lambda=1$ uma alternativa “a” s\u00f3 pode ser enquadrada em C_n se $g_{j(a)}$ for igual ou maior que $g_{j(b_{n-1})}$ para cada crit\u00e9rio. Se λ decresce o car\u00e1ter conjuntivo da regra \u00e9 fraco.

- Procedimento de classifica\u00e7\u00e3o otimista ou disjuntivo:
 - comparar “a” sucessivamente com b_i , $i=1,2,\dots,p$
 - b_n seja o primeiro limite padr\u00e3o tal que $b_n > a$ classificando “a” na classe $C_n(a \rightarrow C_n)$

Esse procedimento classifica “a” para a mais baixa classe de C_n para qual o limite superior de b_n \u00e9 prefer\u00edvel a “a”, i. \u00e9, $b_n > a$. Quando usa-se esse procedimento com $\lambda=1$ uma alternativa “a” pode ser classificada em C_n se $g_{j(b_n)}$ exceder $g_{j(a)}$ pelo menos em um crit\u00e9rio e, ao contr\u00e1rio do procedimento anterior, quando λ decresce, o car\u00e1ter disjuntivo da regra que \u00e9 fraco.

A metodologia proposta neste trabalho fundamenta-se nos conceitos da AMD, conforme reportado por Mousseau e Rogers²¹ (Moreira e Costa, 2011). A seguir est\u00e3o as etapas da metodologia apresentada:

²¹ ROGERS, M.; BRUEN, M.; MAYSTRE, L. *Electre and decision support – methods and applications in engineering and infrastructure investment*. Kluwer Academic Publishers, USA. 2000.

1. Identificar e caracterizar o problema. Identificação dos produtos/componentes a serem fornecidos e os fornecedores habilitados a fabrica-los;
2. Especificar os critérios. Definir os critérios a serem levados em consideração na seleção de fornecedores. Azevedo e Costa²² (apud Moreira e Costa, 2011) advertem que os critérios devem ser definidos por especialistas no problema em questão;
3. Especificar a escala para julgamento dos pesos de cada critério. O peso define a importância ou influencia do critério no grau de competitividade de cada fornecedor;
4. Atribuir pesos para cada critério. Especialistas atribuem pesos a cada critério através de julgamento de valor com auxílio da escala especificada no item 3;
5. Especificar a escala de julgamento dos desempenhos de cada fornecedor frente a cada critério. Aqui se podem adotar escalas específicas para cada critério;
6. Identificar as classes de equivalência juntamente com seus respectivos limites. São estabelecidas as classes de desempenho padrão para classificar os fornecedores concorrentes;
7. Estabelecer os limites de preferência (P) e indiferença (Q) para cada critério. Isto permite considerar a natureza imprecisa das avaliações do desempenho dos fornecedores, à luz dos critérios considerados. Os valores de preferência (P) e de indiferença (Q) utilizados são 0,5 e 0. Valores foram obtidos com base na escala de julgamento utilizada e na definição dos perfis das classes;
8. Estabelecer o limite de veto (V) associada a cada critério. Definir o conceito de rejeição ou veto a uma informação;
9. Emitir julgamento de valor à luz de cada critério. Esta etapa deve ser efetuada por conhecedores do comportamento de cada fornecedor. Os avaliadores para este critério não precisam ser os mesmos para os demais critérios;
10. Executar o algoritmo de classificação de ELECTRE TRI. Aqui se obtém a classificação dos fornecedores analisados (NF) ;
11. Analisar os resultados obtidos pela classificação. Analisar os resultados individuais frente aos critérios considerados, inclusive avaliando o grau de credibilidade dos resultados;

3.4 Método Macbeth

²² AZEVEDO, Marilena Coelho de e COSTA, Helder Gomes. Metodologia para o diagnóstico estratégico. Conferencia Internacionale de Ciências Empresariales. Santa Clara, Cuba: Universidad Central Marta Abreu, 2000. 8 p

Segundo Villela (2009), MACBETH é uma abordagem de apoio á decisão multicritério desenvolvida por Carlos A. Bana e Costa e J. C. Vansnisck, na década de 90. A distinção fundamental entre MACBETH e outros métodos de análise de decisão com múltiplos critérios é que MACBETH requer apenas julgamentos qualitativos sobre as diferenças de atratividade em múltiplos critérios para ajudar um decisor, ou uma tomada de decisão em grupo, quantificar a atratividade relativa das opções.

O método MACBETH auxilia na resolução de duas questões essenciais (SOARES DE MELLO e MAIA, 2003):

- Para cada critério, determina uma função que a cada alternativa faça corresponder um número real. Essa função deve atribuir números maiores a alternativas com maior atratividade, de tal forma que a maiores diferenças de atratividade correspondam maiores diferenças no número real correspondente. É assim construída uma escala cardinal de valores. Se o valor nulo for atribuído a uma alternativa com atratividade zero, obtém-se uma escala cardinal ratio, ou de razões, que tem as propriedades matemáticas de uma função utilidade monocritério.

Em alguns casos existe uma forma natural atribuir valores sendo custo de uma mercadoria o exemplo clássico. Em outros casos a avaliação é qualitativa, sendo necessário transformá-la em quantitativa. Mesmo no caso em que há uma forma natural de atribuir valores, pode ser desejável o uso do MACBETH: é o caso em que a atratividade de uma alternativa não guarda relação de proporcionalidade com o valor atribuído pela escala usada.

- Tendo os valores de cada alternativa relativos a cada critério, é necessário agregá-los em um valor de síntese através de uma soma ponderada. O problema consiste na atribuição de coeficientes de ponderação aos vários critérios, respeitando as opiniões dos decisores. Note-se que, embora os coeficientes de ponderação sejam, tecnicamente, coeficientes de escala, a expressão “pesos” é normalmente usada para designá-los.

Para o problema de construção da escala cardinal é usado o módulo *scores* do programa MACBETH. No método MACBETH, quando ao decisor forem solicitados julgamentos de valor sobre as ações potenciais (alternativas) em uma determinada situação, ele o fará em termos da atratividade que sente por essa alternativa. Essa

tarefa é definida (Bana e Costa e Vansnick *apud* Soares de Mello e Maia, 2003) como a construção de uma função critério v_j , tal que:

- para $a, b \in A$, $v(a) > v(b)$ se, e somente se, para o avaliador a é mais atrativa (localmente) que b ($a P b$);
- qualquer diferença positiva $v(a) > v(b)$ representa numericamente a diferença de valor entre a e b , com $a P b$ sempre em termos de um ponto de vista fundamental j (PVF $_j$), ou critério j .

Assim, para $a, b, c, d \in A$ com a mais atrativa que b e c mais atrativa que d , verifica-se que $v(a) - v(b) > v(c) - v(d)$ se, e somente se, “a diferença de atratividade entre a e b é maior que a diferença de atratividade entre c e d ”.

A questão fundamental nessa abordagem é (Bana e Costa e Vansnick *apud* Soares de Mello e Maia, 2003): “Dados os impactos $ij(a)$ e $ij(b)$ de duas alternativas a e b de A segundo um ponto de vista fundamental PVF $_j$ (critério), sendo a julgada mais atrativa que b , a diferença de atratividade entre a e b é “indiferente”, “muito fraca”, “fraca”, “moderada”, “forte”, “muito forte” ou “extrema”.

É introduzida uma escala semântica formada por categorias de diferença de atratividade, com o objetivo de facilitar a interação entre o decisor e o analista. O decisor deverá escolher uma, e somente uma, entre as categorias apresentadas.

Se por um lado, o método MACBETH introduz um intervalo da reta real associado a cada uma das categorias, por outro lado, esse intervalo não é fixado a priori, sendo determinado simultaneamente com a escala numérica de valor v que está sendo procurada.

Assim, esse método liga-se ao problema teórico de representação numérica de semi-ordens múltiplas por limiares constantes de Doignon²³ (*apud* Soares de Mello e Maia, 2003), representado por m relações binárias ($P(1), P(2), \dots, P(k), \dots, P(m)$), onde $P(k)$ representa a relação de preferência tanto mais forte quanto maior é k , dado um critério j .

²³ DOIGNON, J. P. *Threshold representations of multiple semiorders*. *SIAM Journal of Algebraic Discrete Methods*, v. 8, p. 77-84, 1984.

As preferências são representadas por uma função v e por funções limiaries s_k : a $P(k)$ b, $s_k < v(a) - v(b) < s_{k+1}$, ou seja, é possível representar numericamente categorias semânticas de diferença de atratividade através de um intervalo de números reais.

Não há restrição ao número de categorias semânticas a ser utilizado. No entanto, uma pessoa é capaz de avaliar, simultaneamente, um número limitado de classes quando da expressão de um juízo absoluto de valor, sendo algo em torno de sete fatores.

No MACBETH, a expressão dos julgamentos do decisor é feita por uma escala semântica formada por seis categorias, de dimensão não necessariamente igual:

- C1 diferença de atratividade muito fraca $\rightarrow C1=[s1, s2]$ e $s1=0$
- C2 diferença de atratividade fraca $\rightarrow C2=]s2, s3]$
- C3 diferença de atratividade moderada $\rightarrow C3=]s3, s4]$
- C4 diferença de atratividade forte $\rightarrow C4=]s4, s5]$
- C5 diferença de atratividade muito forte $\rightarrow C5=]s5, s6]$
- C6 diferença de atratividade extrema $\rightarrow C6=]s6, +[$

As categorias são delimitadas por limiaries constantes $s1, \dots, s6$, determinados simultaneamente à obtenção da escala de valor v .

"Matematicamente, o método MACBETH é constituído por quatro PPLs sequenciais que realizam a análise de consistência cardinal, a construção da escala de valor cardinal e revelam fontes de inconsistência. Os primeiro, terceiro e quarto problemas destinam-se a verificar a existência de inconsistências e a sugerir sua solução. O 2º PPL é responsável pela construção da escala de valor cardinal que representa o conjunto de julgamentos do decisor. A formulação desses PPLs pode ser encontrada em Bana e Costa e Vansnick e Corrêa (*apud* SOARES DE MELLO e MAIA, 2003)."

Para o segundo problema apontado (atribuição de coeficientes de ponderação e construção da função que conduz ao critério síntese) utiliza-se o módulo *weights* do programa MACBETH. Ao contrário do método AHP que compara a importância dos critérios diretamente, o MACBETH faz a comparação de forma indireta, ao considerar alternativas fictícias que

representam cada um dos critérios. A alternativa fictícia a_i representa o critério j quando apresenta a maior atratividade em j e a pior em todos os outros critérios. É ainda introduzida uma outra alternativa, correspondente a um critério artificial, com a pior avaliação em todos os critérios, com a finalidade de evitar que um critério real tenha peso nulo. A eventual atribuição de peso zero a um critério relevante violaria o axioma da exaustividade (Roy e Bouyssou *apud* Maia e Soares Mello, 2003). Por meio da comparação da atratividade das alternativas são atribuídos os pesos aos critérios (e a faixa de variação). Os PPLs são semelhantes aos anteriores, excetuando-se a restrição de normalização.

4. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Como pode ser visto na Figura 3, a pesquisa inicia com a definição das principais fontes de pesquisa e, em seguida, são selecionados os artigos publicados no período de 2002 à 2012. Para filtrar as publicações com o tema de métodos de multicritério, a exclusão foi realizada a partir da leitura do título resumo de cada trabalho. Por fim, com a leitura desses artigos, somente 30 artigos foram selecionados por se tratarem de problemas da área da Engenharia de Produção.

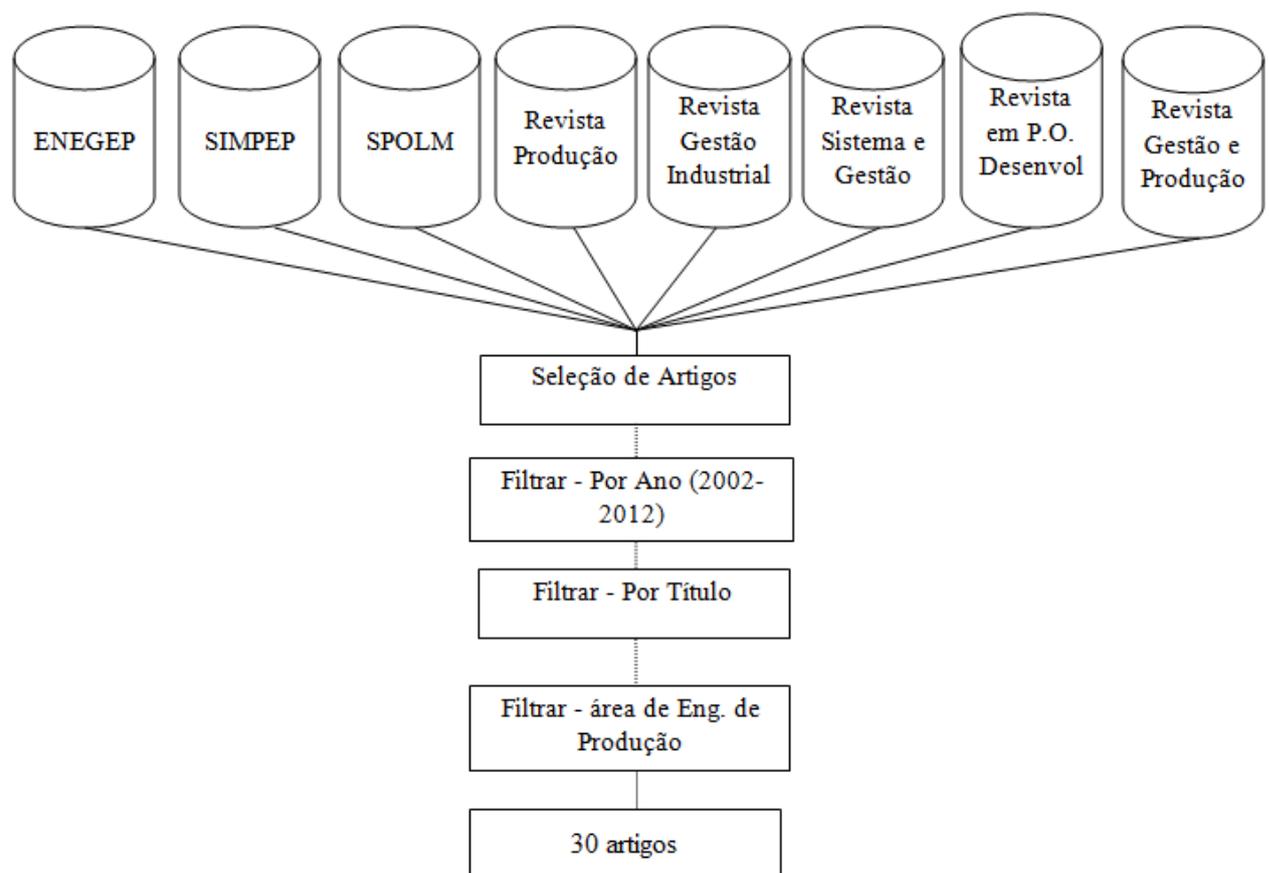


Figura 3 - Filtragem dos artigos.

A pesquisa sobre aplicações dos métodos multicritérios foi realizada por meio da busca por artigos publicados no período de 2002 à 2012 nas seguintes fontes: Encontro Nacional Engenharia de Produção (ENEGEP); Simpósio de Engenharia de Produção e acontece anualmente em Bauru (SIMPEP); Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística Marinha (SPOLM); Revista Produção; Revista Gestão Industrial; Revista Sistema e Gestão; Revista em Pesquisa Operacional Desenvolvimento; Revista Gestão e Produção.

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), existem dez áreas da Engenharia da Produção. São elas: Engenharia de Operações e Processos da Produção; Logística; Pesquisa Operacional; Engenharia da Qualidade; Engenharia do Produto; Engenharia Organizacional; Engenharia Econômica; Engenharia do Trabalho; Engenharia da Sustentabilidade; Educação em Engenharia de Produção

4.1 Resultados e Discussão

Ao todo, foram encontrados trinta artigos que utilizam os métodos multicritério como apoio nas tomadas de decisões envolvendo Engenharia de Produção.

A Figura 4 apresenta a quantidade de artigos publicados no período de 2002 à 2012, envolvendo problemas de multicritério na área de Engenharia de Produção. Os anos de 2010 e 2012 apresentam o maior número de artigos, lembrando que é provável que haja crescimento do número de artigos ainda este ano, pelo fato de não terem sido realizados encontros como por exemplo, o ENEGEP e o SIMPEP, que ocorrem no período de outubro e novembro.

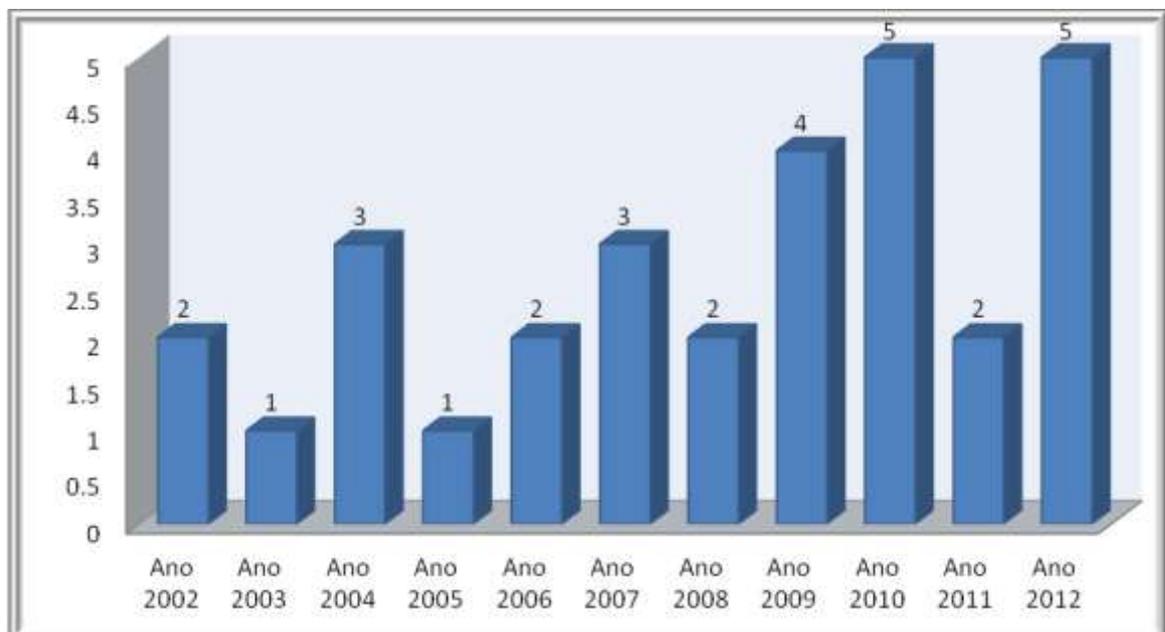


Figura 4 - Número de artigos publicados por ano.

A Figura 5 representa a quantidade de artigos publicados por fonte de pesquisa. O Simpósio de Engenharia de Produção aparece em primeiro com 9 artigos, seguidos pelas fontes do ENEGEP e da Revista Produção, cada uma com cinco artigos.

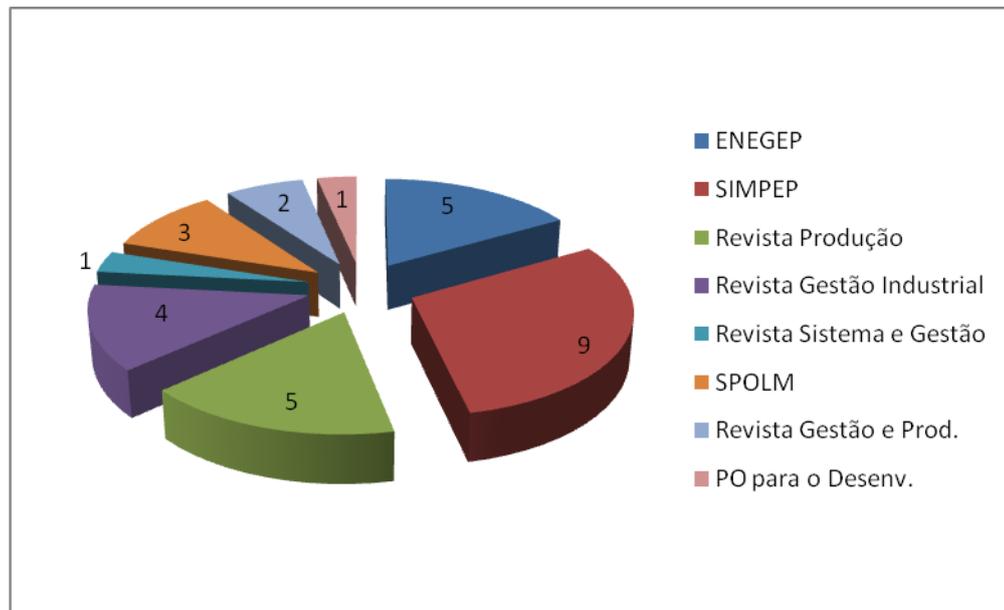


Figura 5 - Número de artigos por fonte de pesquisa.

Para melhor visualização, os artigos foram separados em quadros a cada dois anos e com as seguintes informações: título do trabalho, ano de publicação, fonte, o método multicritério utilizado, a área da Engenharia de Produção e a ferramenta que foi utilizada.

O Quadro 2 mostra os artigos publicados em 2002 e 2003. O primeiro artigo relata um caso da área de Engenharia de operações e processos da produção, usando o método Macbeth, diferente dos outros dois artigos, que atua na área da Engenharia Organizacional, com apoio dos métodos Promethee e o ELECTRE TRI.

Título	Ano	Fonte	Método	Área da EP	Ferramenta
Apoio Multicritério à decisão na escolha da localização de uma estação radiobase	2002	ENEGEP	Macbeth	Engenharia de Operações e Processos da Produção	M-Macbeth

Modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método Promethee	2002	Revista Gestão e Produção	Promethee	Engenharia Organizacional	
Análise multicritério aplicada à implantação de Projetos Industriais	2003	SIMPEP	ELECTRE TRI	Engenharia Organizacional	

Quadro 2 - Artigos publicados nos anos de 2002 e 2003.

O Quadro 3 mostra quatro artigos que foram publicados em 2004 e 2005. Dois artigos, que foram selecionados no SIMPEP, utilizam o método AHP para resolver o problema de multicritério. Já o segundo artigo, utiliza o método ELECTRE TRI com o objetivo de solucionar um problema logístico.

Título	Ano	Fonte	Método	Área da EP	Ferramenta
Emprego do método ELECTRE III na seleção de equipamentos	2004	ENEGEP	ELECTRE III	Engenharia de Operações e Processos da Produção	
Aplicação de dados da literatura sobre a implantação do QFD utilizando o método AHP	2004	SIMPEP	AHP	Engenharia Organizacional	
Avaliação de transportadoras de materiais perigosos utilizando o ELECTRE TRI	2004	Revista Gestão e Produção	ELECTRE TRI	Logística	
A metodologia de multicritério como ferramenta para a tomada de decisões gerenciais: um estudo de caso	2005	SIMPEP	AHP	Engenharia do Trabalho	<i>ExpertChoice</i>

Quadro 3 - Artigos publicados em 2004 e 2005

O número de artigos publicados relacionados com problemas de multicritério aumenta para cinco nos anos de 2006 e 2007, como pode ser visto no Quadro 4, sendo três deles na área de Engenharia de operações e processos da produção.

Título	Ano	Fonte	Método	Área da EP	Ferramenta
Definição do grau de automação para a fabricação de carroceria bruta de automóveis a partir da aplicação da análise multicritério	2006	ENEGEP	ELECTRE TRI	Engenharia do Produto	M-Macbeth
Avaliação multicriterial de desempenho e separação de fornecedores críticos de uma manufatura OKP	2006	Revista Produção	AHP	Engenharia de Operações e Processos da Produção	
Modelagem de problemas de decisão sobre arranjo físico: utilização do método de decisão com multicritério AHP	2007	SIMPEP	AHP	Engenharia de Operações e Processos da Produção	
ELECTRE TRI aplicado a avaliação da satisfação de consumidores	2007	Revista Produção	ELECTRE TRI	Engenharia Organizacional	
Método multicritério de apoio à decisão na gestão manutenção: aplicação do método ELECTRE I	2007	Revista Gestão Industrial	ELECTRE I	Engenharia de Operações e Processos da Produção	

Quadro 4 - Artigos publicados em 2006 e 2007.

O Quadro 5 apresenta os artigos publicados em 2008 e 2009 nas áreas de Engenharia de Operações e processos da produção e Engenharia Organizacional.

Título	Ano	Fonte	Método	Área da EP	Ferramenta
Planejamento sistemático de <i>layout</i> com apoio de análise de decisão multicritério	2008	Revista Produção	AHP	Engenharia de Operações e Processos da Produção	
Enfoque multicriterio para localização de instalação de serviço: aplicação do método SMARTER	2008	Revista Sistema e Gestão	SMARTER	Engenharia de Operações e Processos da Produção	

Utilização de metodologia multicritério na escolha da ferramenta adequada para o desenvolvimento de painéis indicadores em uma empresa de seguros	2009	ENESEP	AHP	Engenharia Organizacional	<i>Excel</i>
Decisões por multicritérios e objetivos no planejamento agregado da produção e na comercialização e distribuição de uma usina sucroalcooleira	2009	SIMPEP	AHP	Engenharia de Operações e Processos da Produção	GAMS-Solver
Modelo de apoio à decisão multicritério para terceirização de atividades produtivas baseado no métodos SMARTS	2009	Revista Produção	SMARTS	Engenharia de Operações e Processos da Produção	
Aperfeiçoamento da Gestão Organizacional por meio da abordagem multicritério de apoio à decisão	2009	Revista Gestão Industrial	MCDA-C	Engenharia Organizacional	M-Macbeth

Quadro 5 - Artigos publicados em 2008 e 2009.

Em 2010 e 2011 foram publicados sete artigos, com predomínio das áreas de Engenharia de Operações e processos da produção e da Engenharia Organizacional, como pode ser visto no Quadro 6.

Título	Ano	Fonte	Método	Área da EP	Ferramenta
Abordagem multicritério para selecionar a localização de uma jazida de minério para construção civil situado no estado de Pernambuco	2010	SIMPEP	ELECTRE I	Engenharia de Operações e Processos da Produção	
Diagnóstico e avaliação de desempenho das organizações através da análise multicritério	2010	SIMPEP	AHP	Engenharia Organizacional	<i>Excel</i>

Auxílio multicritério a decisão para seleção de linguagem de programação usadas na construção de sistemas	2010	SIMPEP	AHP	Engenharia Organizacional	<i>ExpertChoice</i>
Identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de fábrica digital	2010	Revista Produção	AHP	Engenharia Organizacional	
Um estudo de caso sobre gerenciamento de portfólio de projetos e apoio à decisão multicritério	2010	Revista Gestão Industrial	MCDA-C	Engenharia Organizacional	M-Macbeth
Aplicação do método multicritério para priorizar projetos hidrovias nos eixos estruturantes	2011	ENESEP	Prometheé II	Logística	<i>D-signht</i>
Um enfoque multicriterial para a destinação final dos resíduos sólidos da agroindústria canavieira do município de Campos dos Goytacazes /RJ	2011	SIMPEP	AHP	Engenharia da Sustentabilidade	

Quadro 6 - Artigos publicados em 2010 e 2011.

Nesse ano já foram publicados cinco artigos relacionados aos métodos de multicritério na Engenharia de Produção, como pode ser visto no Quadro 7. Acredita-se que esse número possa aumentar já que dois simpósios, que estão nas fontes de pesquisa deste trabalho, ainda serão realizados.

Título	Ano	Fonte	Método	Área da EP	Ferramenta
Modelo multicritério para avaliação e seleção de projetos de pesquisa e desenvolvimento em uma empresa distribuidora de energia	2012	Revista Gestão Industrial	MCDA-C	Engenharia Organizacional	M-Macbeth

Abordagem do método de apoio à decisão multicritério para determinar o desempenho da localização de plataforma logística	2012	SPOLM	Promethee	Logística	
Análise multicritério aplicada a tomada de decisão estratégica de escolha entre os modais de transporte-um estudo de caso da indústria de eletrônicos de Manaus	2012	SPOLM	SMART	Logística	M-Macbeth
Análise multicritério para identificar <i>benchmarks</i> de Projetos de Embarcações regionais da Amazônia	2012	SPOLM	AHP	Engenharia Organizacional	
Modelagem com AHP e BOCR para seleção de prestadores de serviços logísticos	2012	Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento	AHP	Logística	

Quadro 7 - Artigos publicados em 2012.

Como já foi dito anteriormente, esta pesquisa selecionou somente artigos que atuaram na área da Engenharia de Produção. A quantidade de artigos por área é apresentado na Figura 6. Dos trinta e um trabalhos selecionados, doze deles atuaram na área da Engenharia Organizacional, envolvendo problemas de sistema de informação, avaliação de desempenho organizacional e seleção de projetos. Em seguida, aparece a Engenharia de Operações e Processos da Produção com dez artigos. Não foram encontrados trabalhos na área de Pesquisa Operacional, Engenharia da Qualidade e na Educação em Engenharia de Produção.

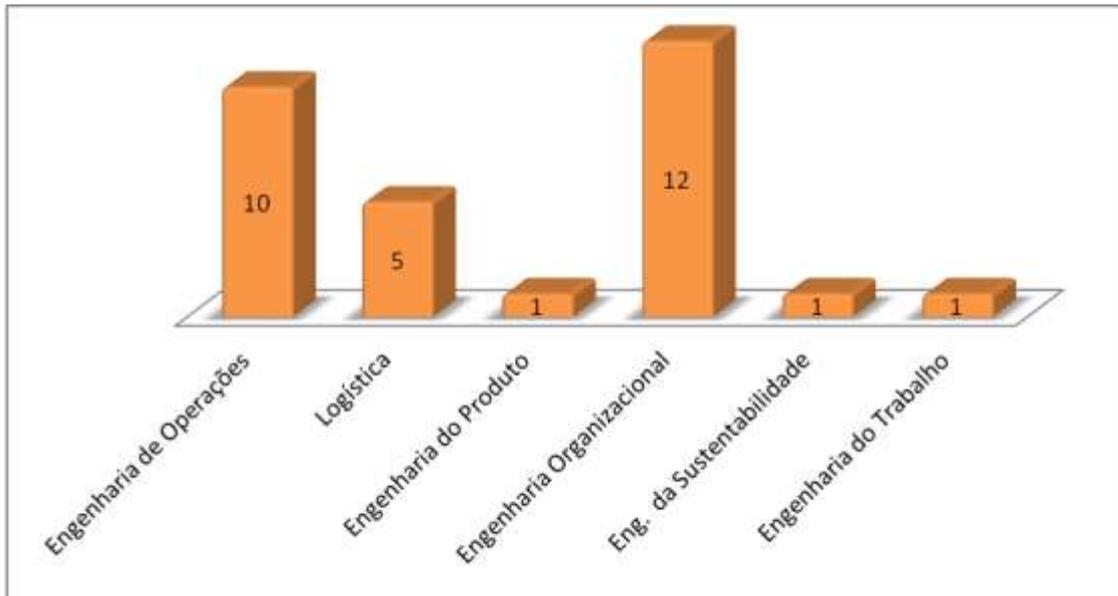


Figura 6 -Gráfico em relação ao número de artigos publicados por área da Engenharia de Produção.

No Capítulo 3 foram apresentados metodologias AHP, família ELECTRE e TOPSIS que auxiliam tomada de decisão de multicritério. No entanto, através da Figura 7, que mostra a quantidade de vezes que o método multicritério foi usado, pode ser visto também, que o método TOPSIS não foi empregado nos artigos selecionados. Entre as metodologias o AHP foi o mais popular, usado em treze artigos, seguido pelos métodos da família ELECTRE, com sete trabalhos.

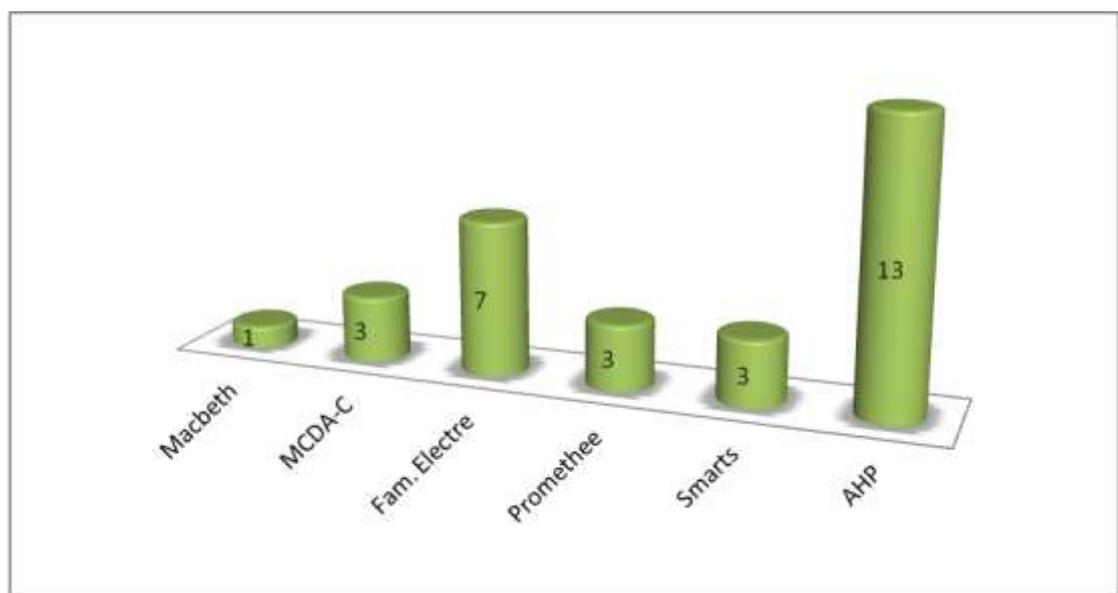


Figura 7 - Gráfico do número de artigos por métodos multicritério utilizado.

4.1.1 Aplicações em Engenharia de Operações e Processos da Produção

Como foi visto na Figura 6, foram encontrados dez artigos na área da Engenharia de Operações e Processos da Produção.

Desses artigos, três deles relatam problemas relacionados com a decisão de localização. O primeiro trabalho, do Quadro 2, é um estudo fictício que propõe o método Macbeth para auxiliar na escolha de uma Estação Radio Base, o que geralmente não é realizado pelas operadoras de telefonia móvel. Quatro prédios foram considerados para a possível instalação da ERB, levando-se em conta os seguintes critérios: a altura em que a ERB deve ser instalada; a área disponível para a instalação; a viabilidade técnica; a forma de transmissão e o preço do aluguel da área de instalação (MAIA *et al* 2002).

Em 2008, foi publicado um artigo que frisa a importância da decisão da localização de instalações, na qual afeta o desempenho da organização, a satisfação do cliente e os custos com a logística. Os critérios considerados para este problema foram: o tamanho da população, que refere-se ao número de clientes que a alternativa está localizada; distância média entre as áreas; custo de instalação e de operação; a infra-estrutura do varejo; e a acessibilidade, que é o critério qualitativo quanto ao fluxo do tráfego no local. Com o método multicritério SMARTER, procurou solucionar o problema considerando múltiplos atributos envolvidos e a subjetividade inerente (LOPES e ALMEIDA, 2008).

O terceiro artigo analisa as alternativas existentes para a localização de uma jazida mineradora no estado do Pernambuco. Para o perfil da empresa do setor de mineradoras de agregados é importante levar em conta a qualidade da rocha, se já proximidades com moradias, a distância do centro comercial, acessibilidade, proximidade de insumos, se há disponibilidade de mão-de-bra e a infra-estrutura. O método escolhido foi o ELECTRE I por ser uma metodologia simples e prática (XIMENES, FONTANA e MORAIS, 2010).

Dois dos trabalhos procuraram solucionar problemas de seleção de equipamentos. Em 2004, um problema aparentemente simples, utilizou o método ELECTRE TRI para selecionar um modelo de impressora para atender às necessidades de alunos da Graduação e da Pós-Graduação de uma Universidade. Na análise foram considerados seis modelos e julgados pelos critérios de valor da impressora, a velocidade de impressão, resolução e o custo por página (Freitas, Rubim e Manhães, 2004). No outro artigo, o método multicritério ajudou o

Gestor da Manutenção a selecionar os equipamentos críticos no processo produtivo. O elemento se torna crítico devido aos riscos que ele causa à segurança, ao meio ambiente e à produção (HELMANN e MARÇAL, 2007).

Um trabalho aplicado foi em um grupo de seis estrategistas focado, obteve sucesso ao utilizar um dos métodos multicritério, o AHP, para avaliar o desempenho de dez fornecedores de OKP (*one-kind-of-product*). Esse tipo de produto é projetado e construído segundo especificações e requisitos únicos. Eles identificaram as necessidades como qualidade, custo, entrega, flexibilidade e tecnologia e avaliaram os fornecedores através de questionários (ROSA, SELLITTO e MENDES, 2006).

Com relação a definição de *layout*, em 2007, uma pesquisa foi feita com as empresas do Vale do Paraíba nos ramos Aeronáutico, Automotivo, Químico/Fotoquímico, afim de obter um ranking da importância dos critérios como o aspecto ergonômico e de segurança, facilidade na movimentação dos materiais, flexibilidade na produção, natureza do trabalho e o nível de investimento de cada ramo para elaboração de um arranjo físico de produção (Fino, Marins e Solomon, 2007). Um ano depois, uma empresa do ramo automotivo procurou selecionar um método SLP (Planejamento Sistemático de *Layout*), pois necessitava aumentar seu espaço fabril de modo a possibilitar a instalação de novos equipamento (TORTORELLA e FOGLIATTO, 2008).

Quanto ao Planejamento e Controle da Produção, o AHP foi utilizado para priorizar os objetivos e assim, auxiliar no planejamento agregado da produção, comercialização e distribuição de uma usina sucroalcooleira. Os aspectos operacionais, tecnológicos, financeiros e logísticos foram analisados (Silva, Marins, Salomon, Montevechi e Neves, 2009). No mesmo assunto, o método SMARTS auxiliou uma empresa na decisão de quais atividades da organização deveriam ser terceirizadas. O decisor, com a ajuda de uma consultoria independente e um facilitador externo, definiu os atributos importantes quanto à terceirização, que refere-se ao impacto da atividade no negócio, o investimento, os riscos de transferência de tecnologia, o nível de dificuldade com a mão-de-obra própria para a atividade e a satisfação com o desempenho atual do processo. A aplicação deste modelo mostrou-se uma ferramenta simples e adequada ao problema decisório (VALOIS e ALMEIDA, 2009).

4.1.2 Aplicações em Logística

Na área de Logística, o artigo do Quadro 3, apresentou um estudo de caso com uma empresa distribuidora de combustíveis, com a finalidade de classificar e escolher prestadores de serviços para transporte de materiais perigosos. Os critérios, definidos pelo Chefe de Desenvolvimento de Transportes, foram a segurança, o custo do frete, o nível de serviço, o sistema de Gestão e Qualidade e a capacidade de negociação (COSTA, SOARES e OLIVEIRA, 2004).

O artigo publicado no ENEGEP em 2011 tem como objetivo definir o *ranking* dos projetos hidroviários nos eixos estruturantes do Brasil com o método Promethee II. O ranking estabelece conjunto de hidrovias prioritárias, por eixo, que contribui para elevar o desempenho do modal, garantindo um melhor equilíbrio do sistema de transportes. Nove eixos de hidrovia foram avaliadas quantitativamente em relação aos critérios de custo, econômico e ambiental. Já qualitativamente, pelos critérios de acessibilidade e integração (CARDOSO, SANTOS, SILVA e MOITA, 2011).

Plataforma logística é definida como um local, em posição estratégica, que reúne serviços interligados ao sistema de logística em portos e aeroportos. Esse artigo foi publicado esse ano com o objetivo da pesquisa, que é determinar o desempenho das Plataformas Logísticas candidatas ao *benchmark* para o projeto de Campinas. A localização proposta deve reunir características como a integração com o Governo Central, centralidade geográfica, localização na área Metropolitana, pré-existência de acessos (rodoviários, ferroviários e fluviais), entre outros. Utilizou-se o método Phomethee (SANTOS, CARDOSO e MOITA, 2012).

Dois artigos, ambos publicados nesse ano, relataram o uso de métodos multicritério de apoio na escolha do transporte de seus produtos. No entanto, o artigo encontrado na SPOLM, analisa a escolha de modais para o transporte, de uma empresa do segmento eletrônico, entre a Zona Franca de Manaus e o estado de São Paulo, com a ajuda do SMART (Amaral, Holzhey, Montibeller e Yoshizaki, 2012). Já o trabalho encontrado na Revista Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento, propõe a solução de um problema de seleção de prestadores logísticos em uma indústria química. Esses dois artigos levantaram alguns critérios semelhantes, como a confiabilidade, flexibilidade de operação, segurança, custo, entre outros (TRAMARICO *et al* 2012).

4.1.3 Aplicações em Engenharia do Produto

Devido à crescente concorrência das fábricas automotivas, acarretou na redução do *lead time* no lançamento de novos modelos. Portanto, houve a necessidade de produzir nova carroceira para cada novo modelo de veículo. O método ELECTRE TRI foi utilizado para saber qual o grau de automação que deve ser aplicado ao processo produtivo, ou seja, definir a relação adequada entre a automação e a mão-de-obra. É importante a verificação quanto à qualidade do produto, ao custo das operações, ao volume de produção, ao asseguramento do processo produtivo, a repetibilidade do processo, a flexibilidade para a integração de novos modelos e as exigências do produto (ZAGO e COSTA, 2006).

4.1.4 Aplicações em Engenharia Organizacional

Uma subárea da Engenharia Organizacional é a Gestão de Projetos, na qual o sucesso da mesma depende do modo em que é implantada. Portanto, a necessidade de tomar decisões corretas para procurar maximizar as oportunidades e minimizar as falhas. O artigo do Quadro 3, propõe a utilização do método ELECTRE TRI para avaliar três projetos, selecionados pelos empreendedores, quanto aos seus aspectos de prazo, custo e qualidade (SILVA e COSTA, 2003).

O QFD (*Quality Function Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade) é um importante método para o desenvolvimento de produtos, na qual traduz e identifica as principais necessidades do cliente, no entanto, apresenta várias dificuldades ao implantar o QFD. Este artigo, com a ajuda do método AHP, visa auxiliar na identificação das principais dificuldades, requisitos e recomendações do QFD (CARNEVALLI, MIGUEL e CALARGE, 2004).

Ainda envolvendo Gestão de Projetos, o artigo "Um estudo de caso sobre gerenciamento de portfólio de projetos e apoio à decisão multicritério" apresentou um estudo de caso que foi realizado em uma organização desenvolvedora de *software* que utiliza o MCDA-C para identificar, mensurar e integrar as dimensões julgadas pelo decisor como necessárias e suficientes para assim, avaliar os projetos. Alguns dos requisitos são: produtos compatíveis com *players* internacionais, custo de ciclo de vida, pioneirismo, falhas, alianças estratégicas, velocidade no desenvolvimento de novas funcionalidades, entre outros (LACERDA, ENSSLIN e ENSSLIN, 2010).

Outra publicação semelhante com a anterior, também da Revista Gestão Industrial de 2012, tem como meta construir um modelo de avaliação que auxilie o decisor a compreender as

oportunidades para enfrentar os desafios no processo de desenvolvimento e seleção de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento. O MCDA-C permite o decisor identificar, organizar, mensurar, integrar, segundo a sua percepção, os fatores críticos de sucesso na área de Pesquisa e Desenvolvimento da empresa em estudo (ENSSLIN *et al* 2012).

O transporte fluvial de passageiros combinado com o transporte de cargas na região da amazônia é realizado por várias embarcações. Assim, o artigo "Análise multicritério para identificar *benchmarks* de Projetos de Embarcações regionais da Amazônia" realiza a aplicação do método AHP e com isso, buscar condicionantes e implicações para um novo conceito de embarcação, adaptada às características regionais. As avaliações foram realizadas quanto à acessibilidade, higiene, iluminação, segurança e outros de cada local (banheiro, cozinha, bar, etc.) da embarcação (SANTOS, CARDOSO e KUWAHARA, 2012).

Outra subárea da Engenharia Organizacional que autores estudaram sobre tomadas de decisões foi na Gestão da Informação. Em 2002, a Revista Gestão e Produção apresenta um modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método Promethee. O decisor incorpora atributos como impacto dos fatores estratégicos e aspectos operacionais dos processos de negócio (ALMEIDA e COSTA, 2002).

Ainda na Gestão da Informação, publicado no SIMPEP em 2010, o trabalho tem o objetivo de selecionar uma linguagem de programação para construção de um *software* de gestão financeira para ser utilizado pela Prefeitura Municipal de Cachoeiro de Itapemirim, Es. As alternativas de linguagem de programação são o ZIM, *Delphi*, *Java* e PHP. A seleção das alternativas foi realizada com base nos critérios de produtividade, continuidade tecnológica, grau de conhecimento da equipe, compatibilidade para publicação na *web* e suporte técnico. Optaram por utilizar a ferramenta *ExpertChoice* (XAVIER, SILVA e COELHO, 2010).

Quatro trabalhos envolvendo Gestão do Desempenho Organizacional foram publicados com diferentes objetivos, são elas: avaliar a satisfação de consumidores, escolha da ferramenta mais apropriada como indicador de desempenho, avaliação de desempenho das empresas terceirizadas e avaliação de desempenho de atividades.

O primeiro artigo avaliou a satisfação de consumidores quanto aos serviços nos requisitos de cortesia, rapidez, limpeza do local, acesso, preço, variedade, entre outros, oferecidos por uma pequena empresa do setor gastronômico, com o método ELECTRE TRI (COSTA *et al* 2007).

Indicadores de desempenho é um conjunto de medidas, qualitativas e quantitativas, referentes à organização como um todo, aos departamentos, à processos e outros. A utilização de painéis, ajuda na manutenção e nas estratégias da empresa. No artigo "Utilização de metodologia multicritério na escolha da ferramenta adequada para o desenvolvimento de painéis indicadores em uma empresa de seguros", o método AHP auxiliou na escolha da ferramenta que melhor atende o foco principal. Para os avaliadores eram importante a infraestrutura tecnológica, o suporte técnico, a funcionalidade, menor custo e a performance da ferramenta. O método foi considerado ideal para o problema, pela facilidade do uso pelos especialistas e por agregar subjetivos (COSTA e DUARTE, 2009).

Com a privatização do sistema Telebrás acarretou a adoção da terceirização nos projetos de expansão e implantação dos equipamentos de voz e dados pela empresas operadoras do sistema. No entanto, a contratação das mesmas, eram baseadas em critérios intuitivos, favorecendo a possibilidade de ocorrência de retrabalho, custos adicionais e insatisfação do cliente. O terceiro artigo presente na subárea Gestão de Desempenho busca desenvolver um modelo de avaliação de desempenho das empresas terceirizadas na área de telecomunicações, com o auxílio do MCDA-C (GIFFHORN *et al* 2009).

O método AHP, novamente, contribuiu para a análise multicritério em relação às ferramentas para o diagnóstico e avaliação de desempenho das atividades de uma organização. Nesse modelo, sete critérios de desempenho foram aplicados, são eles: eficácia, eficiência, qualidade, produtividade, qualidade de vida no trabalho, inovação e lucratividade (RUGGIERO *et al* 2010).

As grandes empresas hoje, adotam Tecnologia de Informação como forma de buscar melhores resultados. Portanto, na Gestão da Tecnologia, o método AHP auxiliou na busca dos fatores críticos de sucesso na implantação de um projeto de fábrica digital em uma empresa brasileira. Primeiramente, definiram fases de implantação do projeto, como por exemplo, a fase 1 correspondia a preparação do projeto, fase 2 a definição de processos futuros e assim por diante. No resultado, foi possível mostrar qual o fator crítico de sucesso mais importante e em qual fase esse fator se destacou como o de maior prioridade (CARLI, DELAMARO e SALOMON, 2010).

4.1.5 Engenharia do Trabalho

Nessa área, que trata da tecnologia da interface máquina-ambiente-homem-organização, o trabalho que está no Quadro 4, mostra um modelo de apoio à decisão quanto à escolha do melhor candidato para o cargo de Gerente de Produção. Este estudo não seria selecionado, pelo fato de ser um problema de Recursos Humanos, no entanto, envolve um cargo da área da Engenharia de Produção. Os aspectos relevantes levados em conta, para avaliar os três candidatos, são a experiência profissional, educação (educação formal e curso de capacitação realizados) e características pessoais (prova logística) (MARINS, SOUZA e FREITAS, 2005).

4.1.6 Engenharia da Sustentabilidade

Na área de Engenharia da Sustentabilidade, este artigo utiliza a técnica de auxílio multicritério para selecionar a melhor alternativa de geração de energia renovável utilizando os resíduos sólidos da agroindústria canieira do município de Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro. Os critérios mais importantes estabelecidos para a escolha foram o custo de instalação, custo de manutenção, impacto ambiental, facilidade de comercialização e incentivo governamental. O problema foi resolvido pelo método AHP (SOARES e ERTHAL, 2011).

4.2 Ferramentas

Somente dez artigos usaram algum *software* que atribui valores aos critérios, para solucionar seus problemas. Dentre as ferramentas utilizadas o M-Macbeth, foi o mais empregado, totalizando seis artigos. Essa divisão pode ser vista na Figura 8.

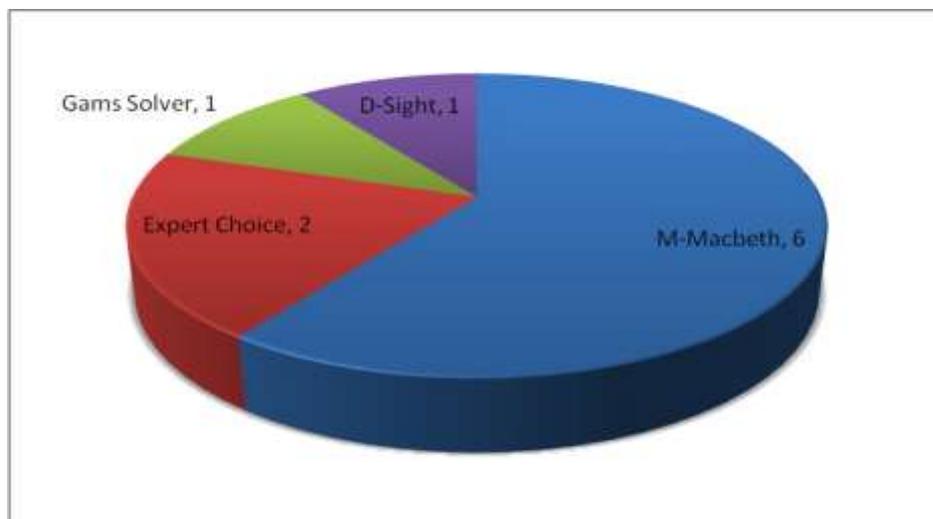


Figura 8 - Gráfico do número de estudos que utilizaram alguma ferramenta como auxílio.

Todas as ferramentas utilizadas são pagas, podendo escolher difentes pacotes como por exemplo, a licença de um ano ou a compra definitiva. Os *softwares Expert Choice, Gams Solver* e o *D-Sight* são americanos, mas só o primeiro tem suporte aqui no Brasil.

O M-Macbeth, apesar do nome, pode auxiliar outros tipos de métodos, e não só o Macbeth. Esta ferramenta faz uma abordagem interativa que requer apenas julgamentos qualitativos, empregando um procedimento que compara dois elementos de cada vez. Uma versão demo do M-Macbeth existe, gratuitamente, mas só faz o julgamento para no máximo cinco critérios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Contribuições

De acordo com o objetivo deste trabalho foi realizado um levantamento literário sobre métodos multicritérios. Em seguida, artigos publicados foram selecionados e analisados nas respectivas áreas da Engenharia da Produção. Em todos os estudos, os métodos multicritério se mostraram eficazes.

Este trabalho mostrou a utilidade das metodologias multicritério de apoio à decisão em aplicações, o qual o uso destas técnicas ainda tem sido pouco explorada. Muitas empresas ainda resistem à ideia e acabam por tomar decisões baseados por um único critério, o custo.

Notou-se que nem em todos os casos foram utilizados *softwares* específicos para auxiliá-los. No entanto, pelo fato de ter cálculos simples, acredita-se que a maior parte deles tenham utilizado o *Microsoft Office Excel*. O M-Macbeth foi a ferramenta mais usada, podendo ser encontrada em versão gratuita, porém com a capacidade limitada de avaliar critérios superior à cinco.

Os artigos que apresentaram estudo de caso envolvendo avaliação de desempenho organizacional, utilizam métodos multicritério auxiliares nas tomadas de decisões e também fornecem um *feedback* para a organização. E com isso, permite que os envolvidos possam propor melhorias às alternativas que não se foram satisfatórios.

Este trabalho serviu para relacionar os métodos multicritérios com problemas da Engenharia de Produção, comparando diversos estudos de casos que foram solucionados com essas metodologias.

5.2 Limitações

O desenvolvimento deste trabalho apresentou algumas limitações relacionadas aos artigos que foram estudados, pois foram considerados somente os trabalhos publicados em português.

5.3 Trabalhos Futuros

A partir das análises realizadas durante esse trabalho é possível identificar outras possibilidades para o aprimoramento desse estudo. Uma delas é realizar busca das aplicações do método TOPSIS.

Quanto as fontes de pesquisa, procurar artigos publicados em demais simpósios, mesmo que de outros cursos, pois podem existir trabalhos que envolvam alguma área da Engenharia de Produção.

6. REFERÊNCIAS

ALENCAR, L. H. **Avaliação e Gestão de Projeto na Construção Civil com apoio do método multicritério PROMETHEE**. Dissertação (Mestrado), Recife, 2003

ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 2º ed. Recife: Editora Universitária, 2011

BARIN, A., CANHA, L. N., MAGNAGO, K. F., ABAIDE, A. R. **Seleção de fontes alternativas de geração de distribuição utilizando uma análise multicriterial baseada no método AHP e na lógica Fuzzy**. Sba Controle e Automação, v.21 n°5, Campinas, 2010

BERTOLOTO, R.F. **Análise multicritério da infra-estrutura portuária na região nordeste do Brasil**, 2009

BERZINS, L. **Avaliação de desempenho pelo AHP através do superdecisions: Caso INMETRO**, Dissertação (Mestrado) -IBMEC, Rio de Janeiro, 2009.

COLIN, E. C. **Pesquisa Operacional: 170 Aplicações em Estratégia, Finanças, Logística, Produção, Marketing e Vendas**. Rio de Janeiro: Editora LTC,2007.

COSTA, H.G. et al. **Investigação Operacional: Uma contribuição do método ELECTRE TRI à otenção da classificação de riscos industriais**, 2007 p.179-197.

COSTA,T.,BELDERRAIN, M. **Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão**: Anais no 15º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA,2009.

COSTA, H. G., SOARES, A. C. OLIVEIRA, P. F. **Avaliação de transportadoras de materiais perigosos utilizando o método ELECTRE TRI**. Revista Gestão e Produção, v.11, Niterói-Rio de Janeiro,2004. p.221-229.

.GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007. 175 p.

GONÇALVES, M. **Classificação multicritério dos fatores de comprometimento organizacional: Uma aplicação do método Utadis**, Dissertação (Mestrado) - IBMEC, Rio de Janeiro, 2011.

GONÇALVES, P. C., BOAVENTURA, J. M. G., COSTA, B. K., MARQUES, F. M. L. **Análise de Stakeholders: Um Estudo no Setor Hospitalar do Estado de São Paulo**. UNIVALI, v.18 p. 448-465, 2011.

GOMES, L.F, GOMES, C.F., ALMEIDA, A. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque multicritério**, 3º ed. São Paulo: Atlas,2009.

HELMANN, K., MARÇAL,R.F.M. **Método multicritério de apoio à decisão na Gestão de Manutenção: aplicação do método ELECTRE I na seleção de equipamentos críticos para processo**. UFPR- Ponta Grossa, 2007.

HILLIER, F. S., LIEBERMAN,G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**, 3º ed. São Paulo: Editora Campus, 1988.

JORDÃO, B. M. C., PEREIRA, S. R. **A análise multicritério na Tomada de Decisão - O método analítico Hierárquico de T. L. Saaty: Desenvolvimento do método com recurso à análise de um caso prático e explicado ponto a ponto**. Instituto Politécnico de Coimbra, 2006.

LACHTERMACHER, G., **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões**, 3º.ed. Rio de Janeiro: Editora Campus Elsevier, 2007.

MAIA, C.C., SOARES DE MELLO, J.C.C.B.. **Localização de instalações de telefonia móvel: uma abordagem por apoio multicritério à decisão**. Em: XXXV SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2003, Natal. Anais do XXXV SBPO, 2003.

MENEZES, C. T. **Método para priorização de ações de vigilância da presença de agrotóxicos em águas superficiais: Um estudo Minas Gerais**. Tese (Pós-Graduação). Belo Horizonte, 2006.

MERÇON, L. **Tomada de Decisão do Consumidor Idoso na Compra de Serviços de Turismo**, Tese (Mestrado) - Universidade Estácio de Sá - Rio de Janeiro, 2010.

MIRANDA, L.M. **Contribuição a um modelo de análise multicritério para apoio à decisão da escolha do corredor de transporte para escoamento da produção de granéis agrícolas de Mato Grosso**, Tese (Pós-Graduação) - UFRJ, 2008.

MORAIS, D. C. **Modelagem multicritério em grupo para Planejamento Estratégico do controle de perdas no abastecimento de água**. Dissertação (Doutorado), Recife, 2006.

MOREIRA, W. F., COSTA, H.G. **Seleção de Fornecedores de Serviço de Segurança Patrimonial através do Método ELECTRE TRI**. Anais no VII Congresso de Excelência em Gestão, 2011.

MORITZ, G. de O; PEREIRA,M., **Processo Decisório**. Dissertação(Graduação)-SEAD/UFSC,2006.

MOTA, C. M., ALMEIDA, A. T. **Método Multicritério ELECTRE IV-H para priorização de atividades em projeto**. - Pesquisa Operacional, v.27, nº2. Rio de Janeiro,2007.

NEVES, J.L. **Pesquisa Qualitativa: Características, usos e possibilidades**. Caderno de Pesquisas em Administração, v.1, nº 3. São Paulo, 1996.

RAMOS, M. **Utilização da abordagem multicritério para prirização do portfólio de projetos de investimento**, Dissertação (Mestrado) - IBMEC, Rio de Janeiro, 2010

SALIBA, G. **Priorização de projetos em petroquímica: análise multicritério pelo método TODIM**. Dissertação (Mestrado) - IBMEC, Rio de Janeiro, 2009.

SILVA, D. M. R. **Aplicação do método AHP para avaliação de Projetos Industriais**. PUC, Rio de Janeiro, 2007.

SOBRAPO, **Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional**. Disponível em: < <http://www.sobrapo.org.br/> >. Acesso em: 3 Abril 2012.

VARGAS, R. **Utilizando a programação Multicritério (Analytic Hierarchy Process - AHP) para selecionar e priorizar Projetos na Gestão de Portfólio**. - PMI Global Congress North America, Washington-DC, 2010.

VALLADARES, C. F. G. **O Processo para seleção de gestores de fundos de investimento utilizando o método multicritério TOPSIS**. Dissertação (Mestrado) - IBMEC, Rio de Janeiro, 2011.

VIANNA, W., **Pesquisa Operacional-tendência frente aos novos desafios**. FGV,2008.

VILAS BOAS, C. **Análise da aplicação de métodos multicritérios de apoio à decisão (MMAD) na gestão de recursos hídricos**. Tese (Mestrado) -UNB/FACH, 2004

VILLELA, F. R. **Multicriterion analysis to create a quality index to evaluate the service provided by a distribution electricity utility.** PUC- Rio de Janeiro, 2009.

WERNKE, R. **A contabilidade gerencial e os métodos multicritérios:** Revista Contabilidade e Finanças, 2001, v.14, n.25, p.60-71. Dissertação(Doutorado)-UFSC, Florianópolis, 2001.