

# Aplicação do método ELECTRE I para problemas de seleção envolvendo projetos de desenvolvimento de *software* livre

## *Application of the ELECTRE I method for selection problems involving free software development projects*

Jéfferson Jesus de Araujo<sup>1</sup> – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Engenharia de Produção  
Thiago Magalhães Amaral<sup>2</sup> – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Engenharia de Produção

**RESUMO** A pesquisa realizada tem como objetivo a aplicação prática do método ELECTRE I para apoio de decisão na seleção de projetos de uma empresa de desenvolvimento de *software* livre na cidade de Juazeiro – BA. Para a modelagem do problema, foi apresentada a metodologia usada na empresa, os projetos a serem avaliados, os critérios escolhidos pelo decisor e os seus respectivos pesos, para a construção da matriz de decisão e execução do ELECTRE I. Os resultados obtidos mostraram-se eficazes, satisfazendo a proposta apresentada na pesquisa. Por fim, são apresentadas às conclusões, fazendo uma discussão entre o método atual e o método proposto, sugerindo a aplicação do método ELECTRE I e de outros métodos MCDA para outros problemas de decisão da empresa.

**Palavras-chave** Decisão Multicritério. MCDA. ELECTRE I. Seleção de Portfólio.

**ABSTRACT** *The research is aimed at practical application of the ELECTRE I method for decision-making support in the selection of projects by a free software development company in the city of Juazeiro - BA. The methodology used in the company, the projects to be evaluated, the criteria chosen by the decision maker and their respective weights were used to model the problem, by building decision matrix and conducting ELECTRE I. The results proved effective, satisfying the proposal made in the research. Finally, the conclusions are presented, provoking a discussion of the current method and the proposed method, suggesting the application of the ELECTRE I method and other MCDA methods for other decision-making problems at the company.*

**Keywords** *Multicriteria Decision. MCDA. ELECTRE I. Project selection.*

1. Avenida Barão do Rio Branco, 1328, Centro, Petrolina-Pernambuco, CEP 56304-310, jotaaraujopetrolina@gmail.com  
2. prof.thiago.magalhaes@gmail.com

ARAUJO, J. J.; AMARA, T. M. Aplicação do método ELECTRE I para problemas de seleção envolvendo projetos de desenvolvimento de *software* livre. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 11, nº 2, abr-jun/2016, p. 121-137.

DOI: 10.15675/gepros.v11i2.1425

## 1. INTRODUÇÃO

A variação dos anseios da demanda, a alta densidade de informações e a falta de dispositivos gerenciais para seleção de clientes fazem com que muitas empresas estejam atentas em atender e priorizar os melhores projetos, sobretudo quando voltados ao desenvolvimento de *software*. Dessa forma, a utilização da gestão de portfólio tornou-se uma atividade necessária à sobrevivência da empresa, contudo, não é uma tarefa simples, é preciso o envolvimento de diversos fatores, ligados a risco, incerteza, recursos, tecnologias, etc (SILVA et al., 2007). A gestão de portfólio é um processo, que visa selecionar os melhores projetos de acordo com os critérios mais importantes, ligando os planejamentos e objetivos da empresa, além de controlá-los e supervisioná-los durante a execução (CAVALCANTI, 2011).

Arelado a isso, a gestão de portfólio se torna uma ferramenta imprescindível para as empresas de desenvolvimento de *software*, pois, devido à variedade de projetos a serem desenvolvidos, surge à necessidade de selecionar os mais viáveis, levando em conta à redução de custos e tempo, e a maximização de lucro. O *software* livre é um conceito que vem crescendo em termos de importância, pois não se trata apenas da gratuidade ou da livre consulta dos códigos, o seu desenvolvimento tem envolvido organizações com e sem fins lucrativos (SANTOS, 2010). O seu código-fonte é aberto para as empresas e se tornam livres para a população em geral, onde ele pode ser aprimorado, customizado e divulgado ao menor custo possível ou sem nenhum custo (SANTOS, 2010). Essa disponibilidade do código fonte beneficia também a sociedade, surgindo adaptações de acordo com a presente necessidade, e independência de prazos para uma nova versão do *software* (MADRUGA; SILVA, 2013).

De fato, tomar decisões é uma tarefa fundamental da gestão de portfólio, e segundo Silva et al. (2014), a gestão de portfólio possui caráter estratégico, por conta das suas deliberações, responsáveis por projetos de novos produtos, atualizações, revisões e até decisões de descontinuidades de produtos já no mercado. A velocidade das mudanças, dos elevados volumes investidos e do incremento do nível de incerteza, e os diversos tipos de critérios quantitativos e qualitativos para a seleção de projetos de *software* livre torna a tomada de decisão mais difícil e se faz necessário usar ferramentas mais sofisticadas para tratar o problema (ARAUJO; ALMEIDA, 2009), (MORAES; SANTALIESTRA, 2008).

A Análise de Decisão Multicritério ou *Multicriteria Decision Analysis* (MCDA) tem como características situações onde há pelo menos duas alternativas a serem avaliadas. Ela é utilizada para resolver problemas em que o decisor precisa analisar um conjunto de alternativas em relação a diferentes critérios que normalmente são conflitantes entre si. O analista tem um papel fundamental durante o processo decisório, pois o mesmo pode ajudar o decisor através da explicitação e seleção de critérios, pesos dos critérios, métodos, etc. Apesar da ajuda do analista na construção do processo decisório, a avaliação depende fundamentalmente do julgamento do decisor. A MCDA é constituída de métodos bastante estruturados e que tem a capacidade de avaliar alternativas de forma subjetiva ou objetiva. Porém, diferentemente da Pesquisa Operacional (PO) clássica que procura dar uma solução ótima, a MCDA tem como objetivo expor alternativas e resultados que apoiem a decisão, identificando qual será a mais viável de acordo com a análise dos multicritérios (ALMEIDA, 2013).

A ferramenta ELECTRE tem sido abordada de maneira crescente em trabalhos científicos nos quatro últimos anos, e de acordo com a *Science Direct*, entre 2012 (114 publicações) e 2015 (205 publicações) houve um aumento de aproximadamente 80% nas publicações em revistas, jornais e periódicos. Em uma revisão de literatura realizada por Govindan e Jepsen (2015), foram analisados 544 trabalhos relevantes, separados em 13 categorias incluindo as áreas de aplicação. São as mais recentes: gestão de negócios (LING, 2012; SOBRAL; COSTA, 2012); gerenciamento de energia (OLIVEIRA et al., 2013; STRATIGEA; GRAMMATIKOGIANNIS, 2012); Tecnologia da Informação (ROTTER, 2013; TOLGA, 2012); gestão financeira (ANDRIOSOPOULOS et al., 2012; BEZERRA et al., 2013); recursos naturais e gestão ambiental (ACHILLAS et al., 2011; INGOLD, 2011); design, engenharia mecânica e sistemas de manufatura (KOENSGEN et al., 2013; VAHDANI et al., 2013); estruturas, construção e engenharia de transportes (CURT; TALON, 2013; RASOOL et al., 2012); logística e abastecimento da cadeia de suprimentos (FRAGOSO, 2013; LUO; CHEN, 2012); política, social e educação (PETROVIC et al., 2012; FERNANDEZ; OLMEDO, 2013); engenharia química e bioquímica (FETTAKA et al., 2012; GURMERIC et al., 2012); agricultura (MENDAS; DELALI, 2012; DIABY et al., 2011); saúde, segurança e medicina (CHEN et al., 2013; MARBINI et al., 2013); outras áreas e aplicações não específicas (BOTTI; PEYPOCH, 2013). Além disso, Ishizaka e Nemery (2013), afirmam que os métodos ELECTRE têm sido aplicados com sucesso em muitas áreas, tais como gestão ambiental, agricultura e floresta, energia, gestão da água, financiamento, os concursos, transporte e militar.

Limitações de recursos devido às restrições de tempo e orçamento e as imprecisões nos prazos estimados são alguns problemas que persistem, durante a tomada de decisão para seleção de projetos de *softwares*. Esses problemas ocorrem em diversas etapas como a análise de projeto, construção, implantação ou manutenção (FREITAS; CORDEIRO, 2011; PRIKLADNICKI, 2004; CABRAL et al., 2012). A empresa, objeto deste estudo, seleciona seus projetos de acordo com o seu nível de dificuldade, ou seja, deve ter um nível equilibrado para manter a produtividade da equipe. Entretanto, precisava de um método estruturado que englobasse mais critérios para que os projetos de *softwares* fossem escolhidos de forma mais cuidadosa. Nesta perspectiva, de que forma a MCDA poderia ser usada para auxiliar a seleção de projetos de *software* livre?

Esta pesquisa tem como objetivo aplicar o método ELECTRE I para selecionar os projetos a serem desenvolvidos por uma empresa de *software* livre localizada na cidade de Juazeiro – BA. Para isto, será modelado o processo decisório, identificando variáveis tais como: alternativas, critérios, pesos dos critérios, atores, etc.

A aplicação de métodos MCDA permite que os decisores tenham uma ferramenta específica, que suporta e qualifica as decisões, além de justificar a escolhas e simular os resultados, possibilitando a visualização dos projetos mais viáveis, auxiliando e melhorando a tomada de decisão, além ampliar a sua aplicação para a seleção de outros portfólios (VARGAS, 2010; SILVA et al., 2007; ALMEIDA, 2012).

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: inicialmente será descrito o método ELECTRE I e em seguida a aplicação deste método em uma empresa desenvolvedora de *software* livre na cidade de Juazeiro – BA. Por último, serão descritas as discussões, conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os métodos MCDA são aplicados em diversas áreas em que o objetivo seja selecionar, ordenar, classificar ou descrever alternativas presentes em um processo decisório na presença de múltiplos critérios como mostra a Tabela 1 (ROY, 1993). Os primeiros métodos da Escola Francesa de MCDA foram os da família ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*), iniciados com a formulação do ELECTRE I. Eles foram desenvolvidos com o propósito de incorporar um caráter mais realista à tomada de decisão. Os métodos multicritério da Escola Americana, por sua vez, têm como fundamentação teórica a noção de agregar todas as informações acerca do problema que se pretende resolver por meio de uma grande síntese (MACHADO et al., 2012).

Segundo Almeida (2013), os métodos MCDA são classificados em três tipos principais: métodos de critério único de síntese – são aqueles que agregam os critérios em um único critério de síntese; métodos de sobreclassificação, *outranking* ou *surclassment* – são aqueles que existem superação ou prevalência entre as alternativas; e os métodos interativos.

O primeiro grupo é formado por métodos baseados no modelo aditivo determinístico e também pelo grupo de métodos da Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT – *Multi-Attribute Utility Theory*), que tem origem da Teoria da Utilidade e aborda situações com múltiplos objetivos, representados por atributos. Além disso, está relacionada com a Teoria dos Jogos e Teoria da Decisão. O segundo grupo tem duas famílias de métodos que se destacam a família ELECTRE e PROMETHEE. O terceiro grupo está associado a problemas discretos ou contínuos. Os métodos de Programação Linear Multiobjetivo (PLMO) utilizam de procedimentos interativos e por isso são considerados métodos interativos (LIMA, 2011).

Tabela 1 – Métodos MCDA e seus criadores.

Método	Classificação	Referências seminais
ELECTRE	Método de sobreclassificação	ELECTRE I (ROY, 1968); ELECTRE II (ROY ; BERTIER, 1971); ELECTRE III e IV (ROY; HUGONNARD, 1981); ELECTRE IS (ROY ; SKALKA, 1985); ELECTRE TRI (YU, 1992; MOUSSEAU, SLOWINSKI ; ZIELNIEWICZ, 2000)
Promethee	Método de sobreclassificação	BRANS, MARESCHAL; VINCKE (1984); BRANS, MARESCHAL; VINCKE (1986)
Regime	Método de sobreclassificação	HINLOOPEN, NIJKAMP; RIETVELD (1983)
<i>Multiattribute Utility Theory</i> (MAUT)	Teoria da Utilidade Multiatributo	FISHBURN (1970); KEENEY; RAIFFA (1976)
<i>Simple Multi Attribute Rating Technique</i> (SMART)	Teoria da Utilidade Multiatributo	EDWARDS (1977)
<i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP)	Teoria da Utilidade Multiatributo	SAATY (1977); SAATY (1980)
<i>Analytic Network Processes</i> (ANP)	Teoria da Utilidade Multiatributo	SAATY (1996)
<i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i> (MACBETH)	Teoria da Utilidade Multiatributo	BANA; COSTA; VANSNICK (1994)

Fonte: Adaptado Rodriguez et al. (2013).

Outra classificação importante entre os métodos está relacionada à compensação, podendo existir métodos compensatórios e não compensatórios, onde a ideia principal é de compensar o menor desempenho de uma alternativa relacionado aos critérios estabelecidos, através de um critério com melhor desempenho, ou seja, a avaliação de uma alternativa considera os *trade-offs* entre os critérios. Diferentemente dos não compensatórios, onde não acontece essa consideração, ou seja, não apresentam a compensação entre os critérios, sendo os métodos de sobreclassificação um deles (SILVA et al., 2013).

O método matemático de sobreclassificação tem origem na escola francesa de decisão (LON-GARAY; ENSSLIN, 2013) e possui característica de comparação par a par entre as alternativas, buscando uma relação de sobreclassificação entre elas, assumindo também a possibilidade de incomparabilidade na matriz de preferência do decisor, sua transitividade nem sempre é observada e podem trazer resultados parciais na recomendação. A avaliação intercritério pode ser representada pelos pesos dos critérios, que assumem a noção de grau de importância e construindo-se relações não compensatórias entre as alternativas (RODRIGUEZ et al., 2013).

A família ELECTRE inclui vários métodos e é aplicada em duas fases. A primeira fase consiste em uma construção de prevalência, constituindo uma comparação par a par entre as alternativas. Em seguida na segunda fase, a sobreclassificação é explorada aplicando o algoritmo em que o problema da função construída é resolvido (OLIVEIRA et al., 2013). Os métodos que constituem a família ELECTRE de acordo com a Tabela 2 são:

Tabela 2 – Família ELECTRE e seus problemas de decisão.

Problema de Decisão	Método	Software
Escolha	ELECTRE I	-
	ELECTRE Iv	-
	ELECTRE Is	Electre Is
Ordenação	ELECTRE II	-
	ELECTRE III	Electre III – Electre IV
	ELECTRE IV	Electre III – Electre IV
Classificação	ELECTRE-Tri-B	Electre-Tri
	ELECTRE-Tri-C	IRIS
Descrição	Elicitação dos pesos em ELECTRE	SRF IRIS
	Elicitação para ELECTRE-Tri:	Electre Tri Assistant
	- método IRIS	
	- outros métodos de elicitación	

Fonte: Ishizaka e Nemery (2013).

Cada uma das versões ELECTRE difere operacionalmente e também com respeito aos tipos de problemas que podem ser usados. Os métodos ELECTRE I, IV e IS são aplicáveis para uma problemática de escolha, onde o objetivo é selecionar um menor conjunto de melhores alternativas (ISHIZAKA; NEMERY, 2013; SIQUEIRA; ALMEIDA, 2011; OLIVEIRA et al., 2013). Os métodos ELECTRE II, III e IV destinam-se à tarefa de construir uma ordenação das alternativas do melhor para o pior. Conhecido como problemática de ranking. O ELECTRE II é baseado em critérios verdadeiros, enquanto que os outros dois métodos usam pseudo-critérios. Os métodos ELECTRE III e IV diferem em um número de pontos, mas a principal diferença é que o último não utiliza critérios pesos (GOVINDAN; JEPSEN, 2015).

Para a construção da relação de sobreclassificação são levados em conta os conceitos de concordância e discordância. A concordância remete a fraca preferência de uma alternativa para outra em um subconjunto significativo dos critérios. Por outro lado, a discordância está atrelada ao fato de que não existem critérios em que a intensidade de preferência entre alternativas exceda um limite intolerável (HEIN et al., 2010). Segundo Almeida (2013), os índices de concordância e discordância estabelecem limites para a validação ou não da hipótese aSb e são dadas pela Equação 1.

$$C(a, b) = \sum_{i: g_i(a) \geq g_i(b)} p_i, \text{ sendo } \sum_i p_i = 1 \quad (1)$$

O índice terá como resultado à soma dos pesos de todos os critérios  $i$  em que a alternativa 'a' prevaleça sobre 'b', ou seja, significa que aSb, se 'a' tiver a maioria dos pesos dos critérios ao seu favor (ALMEIDA, 2013).

$$D(a, b) = \max \left( \frac{g_i(b) - g_i(a)}{Escala_i}, \forall_i |g_i(b) > g_i(a), \text{ onde } Escala_i \right) \quad (2)$$

$$= \max [g_i(c) - g_i(d)], \forall_i, c, d.$$

No índice de discordância é primeiramente selecionada a máxima diferença entre os critérios de cada coluna, onde será utilizado para a próxima etapa. Em seguida são feitas as diferenças entre as alternativas e a máxima diferença entre elas são divididas pelo valor obtido na primeira etapa como mostra a Equação 2. Segundo Hein et al. (2010), devem ser definidos um limiar de concordância "c" e um limiar de discordância "d", que estabelecerão a relação de sobreclassificação se e somente se:

$$\begin{cases} C(a, b) \geq c \\ D(a, b) \leq d \end{cases} \quad (3)$$

Com as condições estabelecidas na Equação 3, é possível construir a matriz de veto, sendo que quando a condição é satisfeita o índice correspondente recebe o valor 1, caso contrário recebe o valor 0. A partir da matriz de veto, são analisadas as relações de sobreclassificação através de grafos com objetivo de fazer um subconjunto chamado kernel em que as alternativas não sofrem sobreclassificação (OLIVEIRA et al., 2013). Segundo Almeida (2013), a análise do *kernel* é feita através de grafos e três situações podem ser identificadas: a seta representa a sobreclassificação de uma alternativa por outra; a ligação sem uma direção indica indiferença entre alternativas; e nenhuma ligação representa incomparabilidade entre as alternativas. Por fim, o kernel será composto por todas as alternativas que não sofrem sobreclassificação por nenhuma outra do conjunto, e do subconjunto restante, são selecionadas as alternativas que não sofrem sobreclassificação das alternativas que já estão no kernel (SIQUEIRA; ALMEIDA, 2011).

## 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 3.1. Objeto de estudo

Esta pesquisa é descritiva, pois contém características de acordo com CerVO et al. (2011), que observa, registra, analisa e correlaciona fatos sem manipulá-los, além de favorecer a formulação clara do problema e de hipóteses para tentativa de solução. E a sua forma é descrita como estudo de caso, que significa que a pesquisa é sobre determinado indivíduo, família, grupo ou comunidade que seja representativo de seu universo, para examinar aspectos variados de sua vida (CERVO et al., 2011). A pesquisa descritiva tem em sua característica a coleta de dados, e para realizar essa importante tarefa da pesquisa são utilizados alguns meios e os principais são a observação, a entrevista, o questionário e o formulário (CERVO et al., 2011). Além de ser quali-quantitativa, pois tem o intuito de entender e interpretar o método aplicado, aprofundando o conhecimento já estudado, mensurando dados, buscando medidas precisas e confiáveis para sua análise. A empresa foi escolhida em virtude de ter problemas para estruturar o seu processo decisório em função da quantidade de novos projetos de *softwares* livre que recebia nos últimos anos.

### 3.2. Procedimentos de coleta de dados

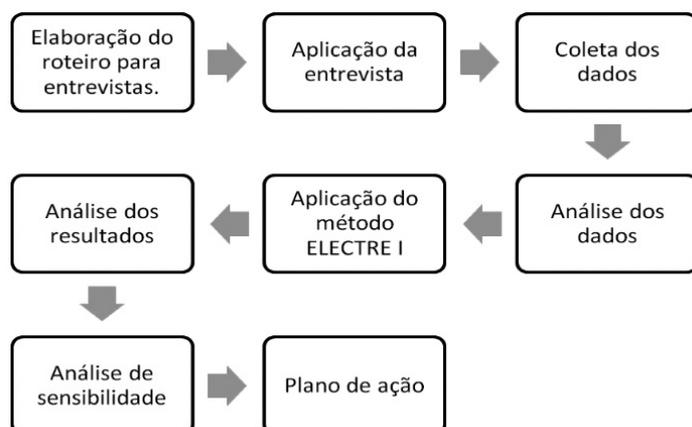
Foram utilizados os *softwares Microsoft Excel* para a tabulação e operação dos dados colhidos, *Microsoft Word* para a confecção do roteiro e *γEd Graph Editor* para a construção de fluxogramas. Além de trabalhos acadêmicos que abordam os assuntos relacionados à pesquisa, a fim de adquirir embasamento teórico. O universo e a amostra são de característica determinística, ou seja, foram escolhidos sem cálculos estatísticos para determinar o seu tamanho.

### 3.3. Procedimentos de análise de dados

Esta pesquisa foi feita em algumas etapas, como mostra a Figura 1. Primeiramente foi elaborado o roteiro para entrevista com o decisor, estruturando as informações necessárias para que o mesmo tenha entendimento de cada quesito pedido. Em seguida foi aplicada a entrevista onde o decisor construiu a matriz de decisão especificando os projetos avaliados e os critérios que foram levados em conta para essa avaliação. Além disso, ele atribuiu os pesos de cada critério e mostrou quais teriam a característica de maximização e de minimização. Após essa etapa foi feita a análise dos dados, preparando todas as informações obtidas para a aplicação do método, que foi realizada logo em seguida, com auxílio de fórmulas referentes ao ELECTRE I que permitiram encontrar uma solução final.

Com isso, os resultados foram analisados e discutidos, destacando os melhores e piores resultados, como também particularidades que estiveram presentes. Depois disso foi realizada uma análise de sensibilidade, para estabelecer um intervalo de limiares em que o resultado não muda. E por fim um plano de ação foi feito, para o decisor de acordo com a pesquisa realizada, propondo sugestões em que ele pudesse ter uma base matemática para o apoio em decisões futuras.

Figura 1 – Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: Os autores (2015).

## 4. RESULTADOS

Tabela 3 – Matriz de Decisão.

Projeto/Critério	Receita Líquida (R\$)	Prazo (meses)	Dificuldade
Peso	8	4	5
Preferência	Max.	Min.	Min.
Projeto 1	546,00	1/30	Média
Projeto 2	1260,00	¼	Média
Projeto 3	16800,00	6	Alta
Projeto 4	126000,00	24	Muito Alta
Projeto 5	840,00	1	Baixa
Projeto 6	3780,00	3	Alta
Projeto 7	8500,00	8	Baixa
Projeto 8	54600,00	12	Média

Fonte: Os autores (2015).

A partir da aplicação do roteiro na entrevista, foi modelada a matriz de decisão da empresa juntamente com o decisor, onde foram escolhidos oito projetos e três critérios de avaliação para a seleção desses projetos como mostra a Tabela 3. A Quadro 1 mostra os diferentes objetivos e destinatários que contêm cada projeto para desenvolvimento na empresa.

Quadro 1 – Projetos e seus objetivos.

Projeto 1	Desenvolvimento e implementação de funcionalidade em <i>software</i> , serviço contratado por pessoa física.
Projeto 2	Desenvolvimento e implementação de funcionalidade em <i>software</i> , serviço contratado por pessoa jurídica.
Projeto 3	Desenvolvimento de <i>software</i> por encomenda, contratado por pessoa jurídica.
Projeto 4	Implementação de metodologia em parceria com institutos de ensino superior para capacitação de alunos.
Projeto 5	Serviço de instalação, treinamento e manutenção em <i>software</i> instalado pela própria empresa.
Projeto 6	Desenvolvimento de <i>software</i> da própria empresa, para prestação de serviços em instituições de ensino.
Projeto 7	Desenvolvimento de <i>software</i> para prestação de serviço para pessoa física.
Projeto 8	Desenvolvimento de <i>software</i> para venda de licenças para pessoa física.

Fonte: Os autores (2015).

É percebida a diversidade contida nos projetos, direcionados tanto para pessoas físicas como jurídicas, além de instituições de ensino. Então, com isso foram escolhidos os critérios e seus respectivos pesos, que serviram como parâmetros para a execução do ELECTRE I. Os critérios escolhidos foram Receita Líquida (R\$), Prazo (meses) e Dificuldade. O primeiro critério foi escolhido pela necessidade da empresa, que ainda está em fase de crescimento, para garantir um lucro mínimo que retorne os investimentos realizados, por tal razão o decisor definiu o critério com peso 8 e preferência de maximização pela sua importância. Os dois critérios seguintes estão relacionados diretamente, pois a dificuldade dos projetos acaba afetando a produtividade dos funcionários, podendo influenciar no prazo de entrega deles. Entretanto, essas questões receberam pesos intermediários, 4 e 5 respectivamente e preferência de minimização, pelo fato do decisor ter um controle sobre a escala de projetos de dificuldades altas e baixas mantendo o nível de produtividade satisfatório.

Na etapa seguinte como os valores são expressos em escalas diferentes, é necessário normalizar os índices, tanto dos critérios, como dos pesos como mostra a Tabela 4. A normalização foi realizada dividindo o índice pela soma do critério indicado. No caso dos pesos, a normalização foi feita dividindo o peso, pela soma dos pesos.

Tabela 4 – Matriz de decisão e pesos normalizados.

Projeto/Critério	Receita Líquida (R\$)	Prazo (meses)	Dificuldade
Pesos	0,471	0,235	0,294
Projeto 1	0,003	0,001	0,115
Projeto 2	0,006	0,005	0,115
Projeto 3	0,079	0,111	0,154
Projeto 4	0,593	0,442	0,192
Projeto 5	0,004	0,018	0,077
Projeto 6	0,018	0,055	0,154
Projeto 7	0,040	0,147	0,077
Projeto 8	0,257	0,221	0,115

Fonte: Os autores (2015).

A partir da Equação 1 foram calculados os índices de concordância, como mostra a Tabela 5, onde são somados os pesos dos critérios nos quais a alternativa 'a' supera a 'b'.

$$C_{1,2} = 0,471(\text{se } 0,003 \geq 0,006) + 0,235(\text{se } 0,001 \leq 0,005) + 0,294(\text{se } 0,115 \leq 0,115)$$

$$C_{1,2} = 0 + 0,235 + 0,294 = 0,529$$

Na próxima etapa foram calculados os índices de discordância. Porém, primeiramente foi calculada a escala ( $\delta$ ) de cada critério fazendo a diferença do maior valor pelo menor.

$$\delta_1 = 0,593 - 0,003 = 0,590$$

$$\delta_2 = 0,442 - 0,001 = 0,441$$

$$\delta_3 = 0,192 - 0,077 = 0,115$$

Tabela 5 – Matriz de Concordância.

Matriz de Concordância	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	-	0,53	0,53	0,53	0,24	0,53	0,24	0,53
P2	0,76	-	0,53	0,53	0,71	0,53	0,24	0,53
P3	0,47	0,47	-	0,53	0,47	0,76	0,71	0,24
P4	0,47	0,47	0,47	-	0,47	0,47	0,47	0,47
P5	0,76	0,29	0,53	0,53	-	0,53	0,53	0,53
P6	0,47	0,47	0,53	0,53	0,47	-	0,24	0,24
P7	0,76	0,76	0,29	0,53	0,76	0,76	-	0,53
P8	0,76	0,76	0,76	0,53	0,47	0,76	0,47	-

Fonte: Os autores (2015).

Em seguida foram feitas as relações de sobreclassificação entre alternativas e com os valores obtidos é possível calcular os índices a partir da Equação 2. Os índices calculados estão contidos na Tabela 6.

Tabela 6 – Matriz de Discordância.

Matriz de Discordância	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	-	0,01	0,13	1,00	0,07	0,03	0,07	0,43
P2	0,01	-	0,12	0,99	0,07	0,02	0,06	0,43
P3	0,19	0,18	-	0,87	0,16	0,09	0,13	0,30
P4	0,75	0,74	0,56	-	0,72	0,65	0,50	0,37
P5	0,03	0,02	0,13	1,00	-	0,02	0,06	0,43
P6	0,09	0,09	0,10	0,97	0,13	-	0,13	0,41
P7	0,25	0,24	0,07	0,94	0,22	0,16	-	0,37
P8	0,43	0,43	0,30	0,57	0,43	0,41	0,37	-

Fonte: Os autores (2015).

$$d_{1,2} = \max[(0,003;-0,004;0)/(0,590;0,441;0,115)]$$

$$d_{1,2} = 0,003/0,590 = 0,01$$

Para a criação da matriz de superação é necessário que sejam escolhidos os limiares de concordância e discordância. Deste modo, o decisor escolheu respectivamente os índices 0,7 e 0,3. Então, de acordo com a Equação 3, os índices que obedeceram à condição de maior igual ao limiar de concordância e de menor igual ao limiar de discordância foi atribuído o valor 1, e aos que não obedeceram essa regra foi atribuído o valor 0, como mostra a Tabela 7.

$$c = 0,7 \text{ e } C_{1,2} = 0,53, \text{ então } C_{1,2} \geq c, \text{ a primeira condição foi satisfeita.}$$

$$d = 0,3 \text{ e } D_{1,2} = 0,01, \text{ então } D_{1,2} \leq d, \text{ a segunda condição também foi satisfeita.}$$

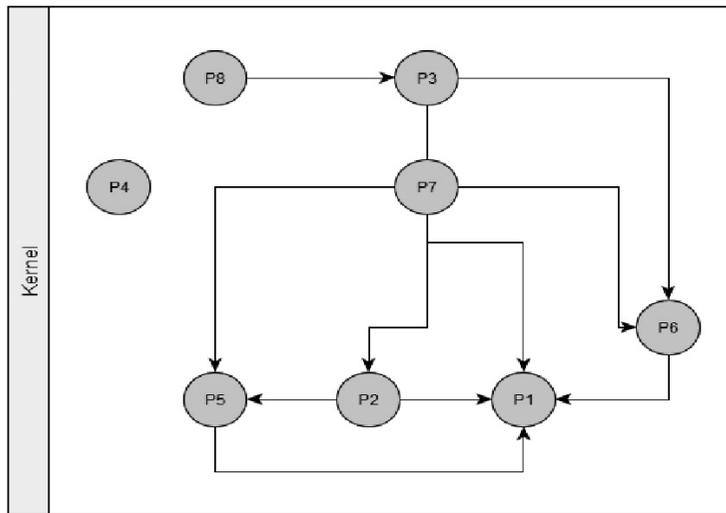
Então o índice  $V_{1,2}$  da matriz de superação recebe o valor 1.

Tabela 7 – Matriz de Veto.

Matriz de Veto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P1	-	0	0	0	0	0	0	0
P2	1	-	0	0	1	0	0	0
P3	0	0	-	0	0	1	1	0
P4	0	0	0	-	0	0	0	0
P5	1	0	0	0	-	0	0	0
P6	0	0	0	0	0	-	0	0
P7	1	1	0	0	1	1	-	0
P8	0	0	1	0	0	0	0	-

Fonte: Os autores (2015).

Figura 2 – Relação de sobreclassificação dos projetos.



Fonte: Os autores (2015).

## 5. DISCUSSÕES

Analisando a matriz de veto é possível identificar a dominância por linha e coluna de cada projeto, e assim fazer as relações de sobreclassificação para a construção do conjunto *kernel*, sendo uma ferramenta que permite a visualização dos projetos que serão selecionados como mostra a Figura 2.

De acordo com as condições encontradas na literatura sobre a análise visual do *kernel*, só podem fazer parte do subconjunto final as alternativas que não são sobreclassificadas por nenhuma alternativa, como os projetos {P4, P7, P8} e também as alternativas que não são sobreclassificadas pelas alternativas escolhidas anteriormente, porém todos os projetos remanescentes não satisfazem essa condição, conseqüentemente o subconjunto final é composto por {P4, P7, P8}. Além disso, a avaliação entre P3 e P7 resulta em um empate, implicando indiferença entre os projetos. E a alternativa P4 foi à única que não sobreclassificou ou foi sobreclassificado, caracterizando assim uma incomparabilidade.

Com o intuito de possibilitar uma análise mais específica, foram modificados os limiares de concordância e discordância a fim de obter um intervalo desses limiares, em que o resultado não sofre alterações. Esse teste de sensibilidade é feito pelo alto grau de subjetividade do método ELECTRE, pois a variação dos limiares acaba modificando a relação de sobreclassificação, fazendo com que o resultado final dependa do entendimento do decisor, que reflete na preferência do mesmo na escolha dos índices. Em razão disso, foram obtidos os intervalos, sendo que o índice de concordância ficou com o intervalo de {0,54; 0,71} e o de discordância com o intervalo de {0,3; 0,36}.

O ranqueamento final obtido pelo ELECTRE I pode auxiliar e melhorar a forma tradicional da empresa para tomar decisão sob a priorização de projetos. Dos projetos selecionados, P7 e P8 são aqueles com a menor dificuldade e com uma receita líquida satisfatória. E apesar do projeto P4 conter uma dificuldade muito alta, a sua receita líquida não pode ser descartada, com isso o decisor poderia fazer um planejamento de acordo com os resultados obtidos, usando a equipe de desenvolvimento para os projetos P7 e P8, e para não desperdiçar a oportunidade do projeto P4 poderia ser terceirizado a fim de manter a lucratividade final.

## 6. CONCLUSÕES

A presente pesquisa teve por objetivo selecionar projetos de uma empresa de desenvolvimento de *software* livre, através do método ELECTRE I, que tem na sua essência o trabalho com a problemática de seleção. Sua aplicação possibilitou a comparação entre o método ELECTRE I e a metodologia tradicional utilizada pela empresa.

O modelo de decisão atendeu às expectativas propostas e os resultados obtidos mostraram a eficiência do método, tornando o ELECTRE I uma opção de ferramenta com base teórica matemática para trabalhar com a problemática de seleção de projetos. Porém, vale ressaltar que o método depende de um alto grau de subjetividade na escolha dos limiares de concordância e discordância, o que pode influenciar no resultado final de sua aplicação.

Sugere-se para o decisor e a empresa que possa ser feita uma conciliação da metodologia tradicional utilizada pela empresa na seleção dos projetos e a metodologia ELECTRE I, sendo que com o subconjunto final dado pelo ELECTRE I possa ser selecionados projetos com maiores níveis de complexidades. Sugere-se para trabalhos futuros que sejam aplicados outros métodos MCDA com problemática de seleção, para a comparação com o método ELECTRE I. Outra sugestão para trabalhos futuros é a aplicação de métodos MCDA, tanto com a problemática de seleção, ordenação ou classificação em outros setores da empresa, para avaliação de desempenho de funcionários, alocação de funcionários para cada projeto, entre outros.

## REFERÊNCIAS

- ACHILLAS, C; VLACHOKOSTAS, C; MOUSSIOPOULOS, N; BANIAS, G. Prioritize strategies to confront environmental deterioration in urban areas: Multicriteria assessment of public opinion and experts' views. *Cities*, v. 28 n. 5, p. 414-423, 2011.
- ALMEIDA, A. **Processo de decisão nas organizações: Construindo modelos de decisão Multicritério**. Atlas, 2013.
- ALMEIDA, J. **Modelo multicritério para seleção de portfólio de projetos de sistemas de informação**. 2012. 115 p. Tese (Doutorado em Gerência da Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.
- ANDRIOSOPOULOS, D; GAGANIS, C; PASIOURAS, F; ZOPOUNIDIS, C. An application of multicriteria decision aid models in the prediction of open market share repurchases. *Omega*, v. 40, n. 6, p.882-890, 2012.
- ARAUJO, A; ALMEIDA, A. Apoio à decisão na seleção de investimentos em petróleo e gás: uma aplicação utilizando o método PROMETHEE. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 16, n. 4, p. 543-543, 2009.
- BANA E COSTA, C. A; VANSNICK, J. C. MACBETH - An interactive path towards the construction of cardinal value functions. *International Transactions in Operational Research*, v. 1, n. 4, p. 489-500, 1994.
- BEZERRA, F. M; MELO, P; COSTA, J. P. Visual and Interactive Comparative Analysis of Individual Opinions: A Group Decision Support Tool. *Group Decision and Negotiation*, v. 1, n. 25, 2013.
- BOTTI, L; PEYPOCH, N. Multi-criteria ELECTRE method and destination competitiveness. *Tourism Management Perspectives*, v. 6, n. 0, p. 108-113, 2013.

- BRANS, J. P; MARESCHAL, B; VINCKE, P. **Promethee**: a New Family of Outranking Methods in Multicriteria Analysis. Washington: North-Holland, p. 477-490, 1984.
- BRANS, J. P; VINCKE, P; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The Promethee method. **European Journal of Operational Research**, v. 24, n. 2, p. 228-238, 1986.
- CABRAL, A; SILVA, D; SOUZA, A. **A problemática do desenvolvimento de software: crise ou calamidade crônica?** Faculdades Integradas de Três Lagoas, Três Lagoas, 2012.
- CAVALCANTI, F. Gestão de portfólio de projetos: fundamentos e aplicação em organização de P&D. In: CONGRESSO TECNOLÓGICO, 2011, Fortaleza. **Anais...** InfoBrasil: Fortaleza, 2011.
- CERVO, A; BERVIAN, P; SILVA, R. **Metodologia Científica**. São Paulo: Pearson, 2011.
- CHEN, T. Y; CHANG, C. H; LU, J. R. The extended QUALIFLEX method for multiple criteria decision analysis based on interval type-2 fuzzy sets and applications to medical decision making. **European Journal of Operational Research**, v. 226, n. 3, p. 615-625, 2013.
- CURT, C; TALON, A. Assessment and control of the quality of data used during dam reviews by using expert knowledge and the ELECTRE TRI method. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 27, n. 1, p. 10-17, 2013.
- DIABY, M; FERRER, H; VALOGNES, F; DEMANGE, A. C. A Comprehensive Decision Approach for Rubber Tree Planting Management in Africa. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 18, n. 3-4, p. 187-201, 2011.
- EDWARDS, W. How to use multiattribute utility measurement for social decisionmaking. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, v. SMC-7, n. 5, p. 326-340, 1977.
- FERNANDEZ, E; OLMEDO, R. Public Project Portfolio Optimization under a Participatory Paradigm. **Applied Computational Intelligence and Soft Computing**, v. 2013, n. 4, p. 4, 2013.
- FETTAKA, S; GUPTA, Y. P; THIBAUT, J. Multiobjective optimization of an industrial styrene reactor using the dual population evolutionary algorithm (DPEA). **International Journal of Chemical Reactor Engineering**, v. 10, n. 1, 2012.
- FISHBURN, P. C. **Utility theory for decision making**. New York: Wiley, 1970.
- FRAGOSO, R. M. d. S. Planning Marketing Channels: Case of the Olive Oil Agribusiness in Portugal. **Journal of Agricultural & Food Industrial Organization**, v. 11, n. 1, p. 1-17, 2013.
- FREITAS, A; CORDEIRO, A. Priorização de requisitos para o desenvolvimento de software: uma abordagem multicritério utilizando o método AHP. **Produto & Produção**, v. 12, n. 2, p. 87-107, 2011.
- GOVINDAN, K; JEPSEN, M. ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operation Research**, v. 250, n. 1, p. 1-29, 2014.
- GURMERIC, V. E; DOGAN, M; TOKER, O. S; SENYIGIT, E; ERSOZ, N. B. Application of Different Multi-criteria Decision Techniques to Determine Optimum Flavour of Prebiotic Pudding Based on Sensory Analyses. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 10, p. 2844-2859, 2012.

HEIN, N; SILVA, T; KROENKE, A. Método ELECTRE I na avaliação de materiais de (re) construção. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2010, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. **Anais... XLII SBPO/Sobrapo**, Bento Gonçalves, 2010.

HINLOOPEN, E; NIJKAMP, P; RIETVELD, P. The Regime method: a new multicriteria method. Essays and surveys on multiple criteria decision making. **Lecture Notes in in Economics and Mathematical Systems**, v. 209, p. 146-155, 1983.

INGOLD, K. Network Structures within Policy Processes: Coalitions, Power, and Brokerage in Swiss Climate Policy. **Policy Studies Journal**, v. 39, n. 3, p. 435-459, 2011.

ISHIZAKA, A; NEMERY, P. **Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Softwares**. Wiley, 2013.

KEENEY, R. L; RAIFFA, H. **Decisions with Multiple Objectives: preferences and value tradeoffs**. New York: John Willey & Sons, 1976.

KOENSGEN, E, BERGER, S; BOUET, C; JEZEQUEL, L; AUBRY, E. Robust design strategy applied to a vehicle suspension system with high camber angle tyres. **International Journal of Vehicle Design**, v. 62, n. 1, p. 42-71, 2013.

LIMA, M. **Modelo de priorização de projetos de automação em uma empresa de saneamento**. 2011. 62 p. Dissertação (Mestrado em Pesquisa Operacional) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

LING, A. P. A; SALUDIN, M. N; MUKAIDONO, M. Deriving consensus rankings via multicriteria decision making methodology. **Business Strategy Series**, v. 13, n. 1, p. 3-12, 2012.

LONGARAY, A; ENSSLIN, L. Uso da MCDA-C na avaliação de desempenho das atividades de trade marketing de uma indústria do setor farmacêutico brasileiro. In: IV ENCONTRO DE ADMINISTRAÇÃO DA INFORMAÇÃO, 2013, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. **Anais... IV ENADI**, Bento Gonçalves, 2013.

LUO, J; CHEN, Y. Research on mode selection of freight transport based on risk preference theory. **International Journal of Advancements in Computing Technology**, v. 4, n. 16, p. 138-146, 2012.

MACHADO, T; ENSSLIN, L; ENSSLIN, S. Desenvolvimento de produtos usando a abordagem MCDA-C. **Production**, v. 25, n. 3, p. 542-559, 2012.

MADRUGA, M; SILVA, M. Software livre como solução computacional para microempresas e órgãos públicos. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN, 2013, Currais Novos, Rio Grande do Norte. **Anais... IX CONGIC**, Currais Novos, 2013.

MARBINI, A. H; TAVANA, M; MORADI, M; KANGI, F. A fuzzy group Electre method for safety and health assessment in hazardous waste recycling facilities. **Safety Science**, v. 51, n. 1, p. 414-426, 2013.

MENDAS, A; DELALI, A. Integration of MultiCriteria Decision Analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: Application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 83, p. 117-126, 2012.

MORAES, E; SANTALIESTRA, R. Modelo de decisão com múltiplos critérios para escolha de software de código aberto e software de código fechado. **Organizações em contexto**, v. 4, n. 7, 2008.

- MOUSSEAU, V; SLOWINSKI, R; ZIELNIEWICZ, P. A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support. **Computers & Operations Research**, v. 27, n. 7, p. 757-777, 2000.
- OLIVEIRA, E; ANTUNES, C. H; GOMES, A. A comparative study of different approaches using an outranking relation in a multi-objective evolutionary algorithm. **Computers & Operations Research**, v. 40, n. 6, p. 1602-1615, 2013.
- OLIVEIRA, M; MELO, E; MOSER, D; AMARO, R. Apoio a decisão em sistemas de produção: um estudo de caso na construção naval. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013, Salvador, Bahia. **Anais... XXXIII ENEGEP**, Salvador, 2013.
- PETROVIC, M; BOJKOVIC, N; ANIC, I; PETROVIC, D. Benchmarking the digital divide using a multi-level outranking framework: Evidence from EBRD countries of operation. **Government Information Quarterly**, v. 29, n. 4, p. 597-607, 2012.
- PRIKLADNICKI, R. **Problemas, desafios e abordagens do processo de desenvolvimento de software**. 2004. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- RASOOL, M; FRANCK, T; DENYS, B; HALIDOU, N. Methodology and tools for risk evaluation in construction projects using Risk Breakdown Structure. **European Journal of Environmental and Civil Engineering**, v.16, n.1, p. 78-98, 2012.
- RODRIGUEZ, D; COSTA, H; CARMO, L. Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP: Mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 20, n. 1, p. 134-146, 2013.
- ROTTER, P. Relevance feedback based on n-tuplewise comparison and the ELECTRE methodology and an application in content-based image retrieval. **Multimedia Tools and Applications**, v. 72, n. 1, p. 667-685, 2013.
- ROY, B. Classement et choix en presence de points de vue multiples (la methode ELECTRE). *Revue française d'automatique, d'informatique et de recherche opérationnelle*. **Recherche opérationnelle**, v. 2, n. 1, p. 57-75, 1968.
- ROY, B; BERTIER, P. M. **La methode ELECTRE II: Une methode de classement en presence de criteres multiples**. Paris: SEMA (Metra International) Paris, 1971.
- ROY, B.; HUGONNARD, J. C. **Classement des prolongements de lignes de stations en banlieu parisienne**. Cahiers du LAMSADE. Paris: Université Dauphine et RATP, 1981.
- ROY, B. M; SKALKA, J. **ELECTRE IS: Aspéctos metodológicos et guide d'utilisation**. Cahier du LAMSADE. Paris: Université de Paris-Dauphine, 1985.
- ROY, B. Decision science or decision-aid science? **European Journal of Operational Research**, v. 66, p. 184-203, 1993.
- SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.
- SAATY, T. L. **The Analytic Hierarquic Process**. Pittsburg: RWS Publications, 1980.

- SAATY, T. L. **Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process**. Pittsburg: RWS, 1996.
- SANTOS, C. Atratividade de projetos de software livre: importância teórica e estratégias para administração. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 50, n. 4, p. 424-438, 2010.
- SILVA, A; NASCIMENTO, L; BELDERRAIN, M. Método de apoio multicritério à decisão na seleção e priorização de portfólios de projetos. *In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA*, 2007, São José dos Campos, São Paulo. **Anais... XIII ENCITA**, São José dos Campos, 2007.
- SILVA, V; SCHRAMM, F; CARVALHO, H. O uso do método PROMETHEE para seleção de candidatos à bolsa-formação do Pronatec. **Production**, v. 24, n. 3, p. 548-558, 2014.
- SIQUEIRA, G.; ALMEIDA, A. Aplicação do Método Electre I para Seleção de Ideias de Inovação. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 2011, Ubatuba, São Paulo. **Anais... XLIII SBPO**, Ubatuba, 2011.
- SOBRAL, M. F. F; COSTA, A. P. C. S. Negotiation model for group decision with ELECTRE TRI - the ELECTRE TRI-NG. **Journal of Decision Systems**, v. 21, n. 2, p. 121-136, 2012.
- STRATIGEA, A; GRAMMATIKOGIANNIS, E. A multicriteria decision support framework for assessing alternative wind park locations: The case of Tanagra - Boiotia. **Regional Science Inquiry**, v. 4, n. 1, p. 105-120, 2012.
- TOLGA, A. C. A real options approach for software development projects using fuzzy electre. **Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing**, v. 18, n. 5-6, p. 541-560, 2012.
- VAHDANI, B; MOUSAVI, S. M; MOGHADDAM, R. T; HASHEMI, H. A new design of the elimination and choice translating reality method for multi-criteria group decision-making in an intuitionistic fuzzy environment. **Applied Mathematical Modelling**, v. 37, n. 4, p. 1781-1799, 2013.
- VARGAS, R; Using the multi-criteria programming (Analytic Hierarchy Process - AHP) to select and prioritize projects in portfolio management. *In: PMI GLOBAL CONGRESS*, 2010, North America, Washington DC. **Anais... PMI**, Washington DC, 2010.
- YU, W. **ELECTRE TRI - Aspects Methodologiques et Guide d'Utilisation**. Document du LAMSA-DE. Paris: Université de Paris-Dauphine, 1992.

