

APLICAÇÃO DO MÉTODO ELECTRE III NO CASO DA REGIÃO DE CAMPO DAS VERTENTES EM MINAS GERAIS

Carlos Eduardo Durange de Carvalho Infante

Universidade Federal do Rio de Janeiro / COPPE – Centro de Tecnologia
Rio de Janeiro, Brasil. eduinfante@pep.ufrj.br

Fabricio Molica de Mendonça

Universidade Federal de São João del Rei
Minas Gerais, Brasil. fabriciomolica@yahoo.com.br

Rogério de Aragão Bastos do Valle

Universidade Federal do Rio de Janeiro / COPPE – Centro de Tecnologia
Rio de Janeiro, Brasil. valle@pep.ufrj.br

RESUMO

Este estudo buscou aplicar o Electre III para classificar quatro aglomerados produtivos de micro e pequena empresa, localizados no Estado de Minas Gerais, em relação à capacidade de desenvolver estratégia de sobrevivência, por meio do relacionamento com o fornecedor, com o cliente ou distribuidor, com os concorrentes e com instituições públicas e privadas de apoio. O efeito conjunto dessas variáveis é que define a capacidade que eles possuem de desenvolver estratégias competitivas. Os resultados permitiram concluir que o agrupamento de produtores de artefatos em madeira de demolição é o que está mais articulado em relação ao conjunto de fatores de sucesso de um aglomerado, seguido pelos aglomerados de produtos em teares e em ferro, que se apresentam indiferentes entre si. O aglomerado de artefatos em estanho apresentou o último lugar, mostrando menor capacidade, por parte das empresas, em desenvolver estratégias conjuntas de sobrevivência.

PALAVRAS-CHAVE. Avaliação de Desempenho; Análise de Robustez; Electre III; Agrupamento de MPE's.

ABSTRACT

This study sought to apply the ELECTRE III to classify four production clusters of micro and small enterprise, located in Minas Gerais, in relation to the ability to develop a survival strategy, through the relationship with the supplier and the customer or distributor, with competitors and public and private support. The combined effect of these variables defines the ability they have to develop competitive strategies. The results showed that the grouping of producers of wood demolition is what is most articulate in relation to a set of success factors of a cluster, followed by clusters of products and iron looms, which are apparently indifferent to each other. The cluster of tin artifacts presented recently, showing a lower capacity for firms in developing joint strategies for survival.

KEY WORDS. Performance Evaluation, Robustness Analysis; Electre III; MSE's Enterprises.

1 Introdução

Nos últimos anos, a literatura nacional e internacional tem mostrado a relevância das micro e pequenas empresas, agrupadas nos chamados Arranjos Produtivos Locais (APLs), no desenvolvimento de estratégias de desenvolvimento local e regional dos países. Por meio desses APLs é possível às micro e pequenas empresas: a) estreitar relações com o mercado fornecedor, de modo a obter vantagens competitivas em relação a preços, prazos e quantidade de insumos; b) estreitar relações com o mercado comprador, de modo a obter maiores informações sobre a demanda, estabelecer parcerias com clientes, praticar uma política de preço e prazo compatível com a realidade da empresa; c) aumentar o nível de cooperação entre as empresas concorrentes, de modo que possam resolver problemas em comum e estabelecer trocas de informações saudáveis; e d) manter um sistema de proximidade com instituições públicas e privadas de apoio (CASAROTTO & PIRES, 2001; MENDONÇA, 2010). No entanto, acredita-se que o efeito conjunto dessas variáveis é que define a capacidade que eles possuem de desenvolver estratégias competitivas. Para analisar esse efeito conjunto se faz necessário a adoção de técnicas e metodologias envolvendo a área de Auxílio Multicritério à Tomada de Decisão (AMD).

Assim, este estudo teve por finalidade aplicar o Electre III para classificar quatro aglomerados produtivos de micro e pequena empresa, localizados no Estado de Minas Gerais, em relação à capacidade de desenvolver estratégia de sobrevivência, por meio do relacionamento com o fornecedor, com o cliente ou distribuidor, com os concorrentes e com instituições públicas e privadas de apoio.

A escolha do método Electre III se justifica, pois, foi originalmente desenvolvido por Roy (1978) para incorporar a natureza (imprecisa e incerta) fuzzy na ordenação de alternativas de melhor para pior, utilizando os limiares de indiferença e preferência. Assim, tal método se torna o mais apropriado para integrar diferentes variáveis lingüísticas, de modo a selecionar a melhor dentre todas as alternativas, ou seja, a rede cujas empresas estão mais articuladas.

2 Referencial teórico

2.1 Métodos de sobreclassificação Electre III

A sigla ELECTRE significa Eliminação e Escolha como expressão da realidade (*Elimination et Choix Traduisant la réalité*). Consiste em uma família de métodos pertencentes à área de Auxílio Multicritério à Tomada de Decisão (AMD) que foi desenvolvida e aplicada, pela primeira vez, por Bernard Roy na década de 1960 com a finalidade de resolver um problema de escolha de uma melhor ação (alternativas) de um conjunto de ações, levando em consideração vários critérios que influenciavam na escolha. Logo foi aplicado para resolver três problemas que envolvem a decisão: a escolha, a classificação e a ordenação (ROY, 1996). Hoje é considerada como o método mais robusto de análise que envolve multicritério.

Uma das características principais que distingue o Electre de muitos outros múltiplos métodos de solução, é que ele é fundamentalmente um método não-compensatório. Isto significa, em particular, que, bons resultados em alguns critérios não podem compensar um ou mais resultados muito ruins em outros critérios. Outra característica do ELECTRE é que permite a incomparabilidade. Incomparabilidade - que não deve ser confundida com indiferença - ocorre entre algumas alternativas a e b, quando não

há evidência clara a favor de algum tipo de preferência ou indiferença (ROY & BOUYSSOU, 1993).

Na versão Electre III Roy (1978) incorporou a metodologia Fuzzy na construção do cálculo da ordenação de alternativas, permitindo a criação de pseudocritérios. A abordagem Fuzzy dessa versão permite a incorporação das imprecisões e incertezas do processo de tomada de decisões, fixando os limiares de preferência e indiferença. A ordenação de alternativas da melhor para a pior é conseguida por meio da introdução de ponderações nos critérios. Por exemplo, para solucionar o problema de ordenação de um conjunto de equipamentos em função dos critérios de risco de segurança, riscos ao meio ambiente e perdas de produção, por meio do Electre III, pode-se incorporar o ponto de vista do usuário, conforme foi usado por Freitas et al (2004). Outras aplicações bem sucedidas dessa versão são encontradas em Roger et al (2000); Hokkanen & Salminen (1997); Al-Kloub et al (1997); Georgopoulou (1997); Roger & Bruen (1998), onde estudou-se o arranjo ótimo de resíduos sólidos, estratégias ambientais e planejamento energético.

Então, percebe-se que, em problemas voltados para a construção de um ordenamento de alternativas, por meio de análise de relações de sobreclassificação fuzzy, em que é permitida a introdução de ponderação de critérios, conforme apresentado na introdução deste artigo, a versão mais indicada é o Electre III.

2.1.1 As relações de classificação dentro do Electre III

Os métodos de classificação tradicionais partem da relação de preferência e indiferença para compararem alternativas. Por exemplo, ao comparar duas alternativas “A” e “B”, para se dizer que “A” supera “B”, significa dizer que “A” é, pelo menos, tão bom quanto “B”, entretanto, o desempenho de “A” é melhor, segundo critérios de preferência predefinidos. Assim, se assumir que existam critérios definidos (g_j), para $j = 1, 2, 3, \dots, r$, e dois conjuntos de alternativas A e B, a modelagem de preferência tradicional assume as duas seguintes relações com as duas alternativas:

$$\begin{aligned} aPb \text{ (a é preferível a b)} & \quad g(a) > g(b) \\ aIb \text{ (a é indiferente a b)} & \quad g(a) = g(b) \end{aligned}$$

Em cima do raciocínio dos métodos tradicionais, os métodos ELECTRE introduziram o conceito de limites de indiferença, q , que significa o limiar que uma alternativa pode transitar até ser indiferente à outra. Nesse caso, “A” é preferível a “B” quando “A” for tão boa quanto “B” e o seu desempenho for melhor segundo os critérios de preferência, considerando o limite de indiferença. Assim as relações de preferência são redefinidas como se segue:

$$\begin{aligned} aPb \text{ (a é preferível a b)} & \quad g(a) > g(b) + q \\ aIb \text{ (a é indiferente a b)} & \quad |g(a) - g(b)| \leq q \end{aligned}$$

Embora a introdução deste limite sofra a incorporação de como o tomador de decisão realmente se sente sobre as comparações reais, um problema permanece. Há um ponto em que um tomador de decisão parte de mudanças de indiferença para as de preferência estrita. Isso faz surgir uma boa razão para introduzir uma zona nebulosa entre indiferença e preferência estrita, e, ainda, uma zona intermediária em que o tomador de decisão hesita entre preferência e indiferença. Esta zona de hesitação é referida como uma preferência fraca e também é uma relação binária, como P e I, e é modelada pela introdução de um limiar de preferência, p . Assim, tem-se um modelo

de limiar duplo, com uma relação binária Q , que são adicionais à medida de preferência fraca. Isto é:

$$\begin{aligned} aPb \text{ (a tem preferência forte a b)} & \quad g(a) - g(b) > p \\ aQb \text{ (a tem preferência fraca a b)} & \quad q < g(a) - g(b) \leq p \\ aIb \text{ (a é indiferente a b, e b é indiferente a a)} & \quad |g(a) - g(b)| \leq q \end{aligned}$$

A escolha dos limiares intimamente afeta se uma relação binária particularmente se mantém. Embora a escolha do limiar adequado não seja fácil, em decisões mais realistas, há boas razões para a escolha de valores diferentes de zero para P e Q .

Usando limites, o método ELECTRE busca construir uma relação de sobreclassificação aSb , onde S significa que, de acordo com o modelo global de preferências, há boas razões para considerar que "a alternativa A é pelo menos tão boa quanto B " ou "a não é pior do que b ". Cada par de alternativas a e b é, então, testada para verificar se a afirmação aSb é válida ou não. Isto dá origem a uma das seguintes situações:

- Situação 1: aSb e não(bSa): "a" é preferível a "b" e não ("b" é preferível a "a");
- Situação 2: não(aSb) e bSa : não ("a" é referível a "b") e "b" é preferível ao "a";
- Situação 3: aSb e bSa : corresponde a uma situação de indiferença;
- Situação 4: não(aSb) e não(bSa): corresponde a uma situação de incompatibilidade.

O teste para aceitar a afirmação aSb é implementado usando dois princípios:

- i) Um princípio de concordância que exige que a maioria dos critérios, após considerar a sua importância relativa, é a favor da afirmação aSb - o princípio da maioria, e
- ii) O princípio de não-discordância, que exige que a minoria dos critérios, que não suportam a afirmação, sejam contra a afirmação - o respeito do princípio de minorias.

A implementação operacional desses dois princípios é hoje discutida, assumindo que todos os critérios devem ser maximizados. Primeiro, considere a relação de sobreclassificação definido para cada um dos r critérios, ou seja, aS_jb , significa que "a é pelo menos tão boa quanto b em relação ao j th critério", $j = 1, 2, \dots, r$.

O critério j th está em concordância com a afirmação aSb se, e somente se aS_jb . Isto é, se $g_j(a) \leq g_j(b) - q_j$. Assim, mesmo que $g_j(a)$ seja inferior a $g_j(b)$ em um montante até q_j , não viola a afirmação aSb e, com isso, permanece em concordância.

O critério j th está em discordância com a afirmação aSb se, e somente se, bP_ja . Isto é, se $g_j(b) \geq g_j(a) - p_j$. Assim, se b é estritamente preferível a a no critério j , então é claro a não concordância com a afirmação aSb .

Com esses conceitos já é possível medir a força da afirmação aSb . O primeiro passo é desenvolver uma medida de concordância, tal como consta o índice de concordância $C(a, b)$, para cada par de alternativas $(a, b) \in A$.

$$(1) \quad C_j(a, b) = \begin{cases} 1, & \text{se } g_j(a) + q_j \geq g_j(b) \\ 0, & \text{se } g_j(a) + p_j \leq g_j(b), j = 1, 2, \dots, r \end{cases}$$

Onde,

Limiares e pesos representam entrada subjetiva do tomador de decisão. Os pesos utilizados no modelo ELECTRE são bastante diferentes das ponderações utilizadas em outras abordagens de modelagem de decisão, como a decisão de abordagem analítica (SMART) de Edwards (1997). Na decisão de modelos analíticos, por exemplo, os pesos são as taxas de substituição e avaliam a preferência relativa entre os critérios. Os pesos no ELECTRE são "coeficientes de importância" e, como Vincke (1992) aponta, eles são como votos dados a cada um dos critérios.

Até o momento, não foi tido em conta o princípio de discordância. No índice de concordância, temos uma medida da extensão em que estamos em harmonia com a afirmação de que "a é pelo menos tão boa quanto b". Para calcular a discordância, um limiar mais conhecido é o limiar de veto. O limiar de veto v_j permite que a afirmação $a \geq b$ seja recusada para totalmente por todos os critérios j , $g_j(b) > g_j(a) + v_j$. O índice de discordância para cada critério j , $d_j(a,b)$ é calculado como mostrado a seguir:

$$d_j(a,b) = \begin{cases} 1, & \text{se } g_j(a) + p_j \geq g_j(b) \\ 0, & \text{se } g_j(a) + v_j \leq g_j(b), j = 1,2,\dots,r \end{cases} \quad (2)$$

2.1.2 A construção de um modelo para medir o grau de sobreclassificação

Para cada par de alternativas (a,b) , há uma medida de concordância e uma de discordância. O passo final na fase de construção do modelo é combinar estas duas medidas para produzir uma medida do grau de sobreclassificação, ou seja, um índice de credibilidade que avalia a força da afirmação de que "a é pelo menos tão boa quanto b". O grau de credibilidade para cada par de alternativas $(a,b) \in A$ é definido como:

$$C(a,b), \text{ se } d_j(a,b) \leq C(a,b)$$

$$S(a,b) = \quad (3)$$

onde $J(a,b)$ é o conjunto de critérios que satisfazem $d_j(a,b) > C(a,b)$

Essa fórmula presume que, se a força da concordância ultrapassa o da discordância, o

valor de concordância não deve ser modificado. Caso contrário, é forçado a questionar a afirmação de que o aSb e modificar C(a,b) de acordo com a equação acima. Se a discordância é de 1,0 para qualquer (a,b) A e qualquer critério j, então não se tem confiança de que aSb, portanto, $S(a,b) = 0,0$. Isto conclui a construção do modelo de sobreclassificação.

2.2 Variáveis lingüísticas usadas e o método Electre III

Variáveis lingüísticas são variáveis cujos valores são palavras em linguagem natural representadas em conjuntos difusos, usadas para manipular problemas imprecisos e complexos (ZADEH, 1975). Por exemplo, 'peso' é uma variável lingüística e seus valores são: 'muito leve', 'leve', 'médio', 'alto', 'muito alto', etc. (LIANG & WANG, 1991). Uma área de aplicação particularmente importante das variáveis lingüísticas é a do raciocínio que não é "quase muito preciso" e "não muito impreciso", chamado raciocínio aproximado (PEREIRA, 1995).

Percebe-se que, o conceito de variável lingüística é muito útil para lidar com situações que são muito complexas ou mal definidas para serem racionalmente descritas nas expressões quantitativas convencionais. Por isso, tais variáveis devem ser tratadas por meio de métodos capazes de incorporar a natureza fuzzy de tais variáveis.

O método Electra III foi desenvolvido por Roy (1978) para incorporar a natureza imprecisa e incerta na ordenação de alternativas de melhor para pior, utilizando os limiares de indiferença e preferência. Sendo, portanto, o mais indicado para integrar diferentes variáveis lingüísticas, dentro de diferentes alternativas e, ainda, classificar e selecionar a melhor dentre elas.

3 Metodologia

Para aplicar o método multicritério Electre III em um problema de classificar o desempenho de redes de micro e pequenas empresas, foram selecionados quatro agrupamentos de micro e pequenas empresas, localizados na região Campo das Vertentes, no Estado de Minas Gerais, a saber: a) um agrupamento de produtores de artigos em estanho (G1); b) um agrupamento de produtores de artigos elaborados em teares (G2); c) um agrupamento de produtores de artigos em ferro (G3); d) um agrupamento de produtores de artigos em madeira de demolição (G4). Cada agrupamento foi considerado uma alternativa, formando assim um grupo de alternativas (G1, G2, G3 e G4).

A classificação de cada alternativa foi feita em função de quatro critérios, apresentados como: a) grau de relacionamento com o fornecedor (V1); b) grau de relacionamento com o cliente ou distribuidor (V2); c) grau de relacionamento com os concorrentes localizados na mesma área geográfica (V3); d) grau de relacionamento com instituições públicas e privadas de apoio (V4).

Assim, se formou o conjunto de critérios (V1, V2, V3 e V4). A coleta de informações se deu por meio de uma entrevista, acompanhada de questionários, aplicados a dez proprietários pertencentes às empresas de cada agrupamento, de modo a levantar a importância de cada critério (V1, V2, V3 e V4), na visão de cada proprietário. Por isso, foram usadas as variáveis lingüísticas descritas na Tabela 1. As demais variáveis lingüísticas usadas para a descrição das performances das alternativas estão descritas na Tabela 2.

Variável Linguísticas	Peso
Muito Pobre	0
Entre muito pobre e pobre	0

Pobre	0
Entre pobre e razoável	0
Entre razoável e bom	0,3
Bom	0,6
Entre bom e muito bom	0,6
Muito Bom	0,8

Fonte: Adaptado de Mays apud Greenhalg (1997)

Tabela 1 – Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa

3.1 Resultados dos questionários

Os pesos lingüísticos dados, por meio dos questionários aplicados, pelos integrantes de cada agrupamento, no que se refere ao relacionamento com os fornecedores pode ser visualizado na Tabela 2.

Agrupamentos	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₀	média	Máx (V1)	Mín (V1)
Setor de Estanho (G ₁)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,60	0,15
Setor de Tear (G ₂)	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0,3	0,42		
Setor de Madeira de Demolição (G ₃)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0,6	0,57		
Setor de Ferro (G ₄)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6		

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 2 – Pesos lingüísticos dados pelos integrantes de cada agrupamento, no que se refere ao relacionamento com o fornecedor

Os pesos lingüísticos dados, por meio de questionários aplicados, pelos integrantes de cada agrupamento, no que se refere ao relacionamento com os clientes ou distribuidores pode ser visualizado na Tabela 3.

Agrupamentos	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₀	média	Máx (V2)	Mín (V2)
Setor de Estanho (G ₁)	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0,3	0,45	0,60	0,30
Setor de Tear (G ₂)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6		
Setor de Madeira de Demolição (G ₃)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0,6		
Setor de Ferro (G ₄)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3		

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 3 - Pesos lingüísticos dados pelos integrantes de cada agrupamento, no que se refere ao relacionamento com o cliente ou o distribuidor

Os pesos lingüísticos dados, por meio de questionários aplicados, pelos integrantes de cada agrupamento, no que se refere ao relacionamento com os concorrentes localizados na mesma área geográfica pode ser visualizado na Tabela 4 .

Agrupamentos	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₀	média	Máx (V3)	Mín (V3)
Setor de Estanho (G ₁)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,48	0,00
Setor de Tear (G ₂)	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0,3	0,48		
Setor de Madeira de Demolição (G ₃)	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0,3	0,45		
Setor de Ferro (G ₄)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 4 - Pesos lingüísticos dados pelos integrantes de cada agrupamento, no que se refere ao relacionamento com o cliente ou o distribuidor

Os pesos lingüísticos dados, por meio de questionários aplicados, pelos integrantes de cada agrupamento, no que se refere ao grau de relacionamento com instituições públicas e privadas de apoio (V4) pode ser visualizado na Tabela 5.

Agrupamentos	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₀	média	Máx (V4)	Mín (V4)
Setor de Estanho (G ₁)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0,66	0,66	0,06
Setor de Tear (G ₂)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,06		
Setor de Madeira de Demolição (G ₃)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,21		
Setor de Ferro (G ₄)	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0,6	0,51		

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 5 - Pesos lingüísticos dados pelos integrantes de cada agrupamento, no que se refere ao relacionamento com o cliente ou o distribuidor

Os pesos de cada critério, inicialmente, serão os valores máximos atribuídos em cada questionário realizado.

3.2 Aplicação do ELECTRE III

Para a construção da Matriz de Performances, cada variável lingüística (MB, A, M, B, MB) recebeu um peso, dentro do intervalo [0,1]. (Tabela 6).

Variável Linguísticas	Peso
Muito Alto	1
Alto	0,75
Médio	0,5
Baixo	0,25
Muito Baixo	0

Fonte: Adaptado de Mays apud Greenhalg (1997)

Tabela 6 – Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa

Após selecionar os pesos dos critérios e os respectivos valores quantitativos das variáveis lingüísticas, foi necessário verificar e atribuir os limiares de preferência, indiferença e veto (Tabela 7).

Como todas as alternativas podem satisfazer a afirmação aSb (a alternativa “a” é tão boa quanto a alternativa “b”), optou-se por não atribuir valores ao limiar de veto (tem que explicar aqui ou no referencial o que é chamado limiar de veto). Assim, os respectivos valores dos limiares foram atribuídos pelos analistas de decisão e eles se referem ao intervalo garantido da alternativa a sobre a alternativa b, no critério j. Por exemplo, um limiar de indiferença (q) de 0,1, significa que para determinado critério j tem-se o limiar de aceitação de 10% de uma alternativa sobre a outra. No estudo realizado, um limiar de indiferença resultará em uma melhor análise *pairwise* das alternativas propostas.

Limiares	Critérios			
	V1	V2	V3	V4
Limite de Indiferença (q)	0,1	0,1	0,1	0,1
Limite de preferência (p)	0,2	0,2	0,2	0,2
Veto	-	-	-	-

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 7 – Limiares de preferência, indiferença e veto

4 Discussão da aplicação do método ELECTRE III

A partir dos dados coletados, por meio das entrevistas, com base em questionários, aplicados a dez empresários de cada agrupamento, os dados foram compilados por meio do uso da média aritmética das opiniões, construindo, assim, a matriz de performance (Tabela 8). Nessa matriz são representadas as alternativas e os pesos atribuídos às variáveis lingüísticas e seus respectivos limiares, dentro dos critérios definidos.

Alternativas	Critérios			
	V1	V2	V3	V4
G1	0,25	0,25	0,75	0,5
G2	0,5	0,25	1	0,75
G3	0,5	0,5	1	0,75
G4	0,50	0,75	1	1

Fonte: Dados da Pesquisa
Tabela 8 – Matriz de Performance das alternativas versus critérios

A partir da aplicação da Equação 1, do método Electre III, foi possível a comparação par a par das alternativas, analisando-as segunda a afirmação aSb. Com isso, foi possível obter a Matriz de Concordância (Tabela 9). Por meio dessa tabela, pôde-se perceber que a alternativa G2 é 100% melhor que a alternativa G1, A alternativa G1 não é referencial a nenhuma outra. é A alternativa G2 é apenas 25% melhor que a alternativa G4, o que mostra a prevalência da última em relação a primeira.

	G1	G2	G3	G4
G1	1	0	0	0
G2	1	1	1	0,21
G3	1	1	1	0,21
G4	1	1	1	1

Fonte: Dados da Pesquisa
Tabela 9 – Matriz de Concordância entre as alternativas

Como não se optou utilizar o limiar de veto, a matriz de credibilidade fica semelhante à matriz de concordância. Ao considerar a matriz de concordância na Tabela 4, a ordem final pode ser representada por meio do Quadro 1.

Por meio da análise dessa tabela, pode-se perceber que: a) a alternativa G1 não é preferível às alternativas; b) a alternativa G2 é preferível a G1, indiferente a G3 e não preferível a G4; c) a alternativa G3 é preferível a G1, indiferente a G2 e não preferível a G4; d) a alternativa G4 é preferível a todas as alternativas.

	G1	G2	G3	G4
G1	I	P-	P-	P-
G2	P	I	I	P-
G3	P	I	I	P-
G4	P	P	P	I

Fonte: Dados da Pesquisa
Quadro 1 – Matriz de Pré-ordem final

Interpretando esse resultado pode-se afirmar que, por meio do resultado apresentado pelo Electra III, o agrupamento de produtores de artefatos em madeira de demolição (alternativa G4) é a que está mais articulado, em relação ao conjunto de fatores de sucesso de um aglomerado, considerados como os seguintes critérios selecionados: a) grau de relacionamento com o fornecedor; b) grau de relacionamento com o cliente ou distribuidor; c) grau de relacionamento com os concorrentes localizados na mesma área geográfica; e d) grau de relacionamento com instituições públicas e privadas de

apoio.

As aglomerações de artigos elaborados em teares (G2) e o agrupamento de produtores de artigos em ferro (G3), estão menos articulados do que o de artefatos em madeira de demolição. No entanto, esses dois aglomerados apresentam indiferença relativa entre eles, podendo afirmar que, no conjunto de critérios, apresentaram o mesmo resultado. Tais aglomerados necessitam melhorar o grau de relacionamento com o fornecedor e com o cliente ou distribuidor, bem como, com as instituições públicas e privadas de apoio.

O aglomerado de produtores de artefatos em estanho (G1) são os que estão menos articulados, ou seja, são aqueles em que as empresas apresentam a menor capacidade de desenvolver estratégias conjuntas de sobrevivência. A inserção dessas empresas em aglomerado pouco contribui para o aumento da sobrevivência, pois, apenas se encontram geograficamente próximas, deixando de aproveitar as externalidades provenientes da aglomeração. Por isso, nesse aglomerado são necessários trabalhos de fortalecimento dentro dos critérios ou fatores estudados.

A classificação e o *ranking* final das alternativas podem ser vistos por meio da Figura 2.

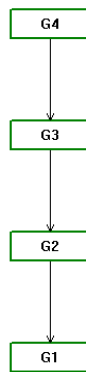


Figura 2: Grafo Final das alternativas
Fonte: Dados da Pesquisa

5 Análise de Sensibilidade, estabilidade e robustez

Para a empresa, talvez não seja interessante apenas ter a melhor decisão no momento, mas também conhecer as outras alternativas possíveis de decisão. A empresa poderia contentar-se com uma boa decisão dentro de suas possibilidades ou, com a segunda melhor opção (SHIMIZU, 2006).

Gomes, Gomes & Almeida (2002) indicam que após a aplicação de um método multicritério, torna-se importante a realização de uma análise de sensibilidade, com o intuito de verificar de que forma as variações introduzidas nos parâmetros característicos do método influenciam os resultados obtidos. Já Gomes (2007) coloca a análise de sensibilidade como a última fase do processo de tomada de decisão, evidenciando mais ainda sua importância. Os autores afirmam que uma análise de estabilidade tem por objetivos verificar a velocidade com que uma solução se degrada a um nível pré-determinado. Isto é, em um problema multicritério, a solução encontrada apresenta:

- a) ESTABILIDADE FRACA se, após a análise de sensibilidade, a melhor solução permanece dentro do conjunto de soluções não dominadas;
- b) ESTABILIDADE FORTE se, após análise de sensibilidade, o conjunto de soluções não dominadas não se altera.

Já a análise de robustez tem por objetivo verificar até que ponto, após análise de sensibilidade, a pré-ordem encontrada no conjunto de soluções não dominadas não se altera (GOMES, GOMES & TEIXEIRA, 2002).

6 Resultados das análises de robustez no ELECTRE III

A análise de robustez foi realizada variando-se os parâmetros dos pesos, verificando desta maneira se houve variações significativas na classificação final. A Tabela 10 sumariza esta análise.

Critério	Peso Original	Peso Médio	Peso Mín	Classificação			
				1	2	3	4
V1	0,6	0,435	-	G4	G3	G2	G1
		-	0,15	G4	G3	G2	G1
V2	0,6	0,4875	-	G4	G3	G2	G1
		-	0,3	G4	G2 / G3	-	G1
V3	0,48	0,2325	-	G4	G3	G2	G1
		-	0	G4	G3	G2	G1
V4	0,66	0,36	-	G4	G3	G2	G1
		-	0,06	G4	G3	G2	G1

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 10 – Resultado da variação dos pesos dos critérios

Observa-se pela tabela que, para todos os critérios, a classificação das alternativas não se altera, exceto no critério V2, onde há a indiferença entre as alternativas G2 e G3, concluindo-se, neste caso, que uma variação de 50% no peso atribuído modifica o resultado da classificação.

7 Conclusão

O trabalho teve por finalidade classificar (ordenar), por meio do método multicritério de avaliação de desempenho Electre III, a capacidade de desenvolvimento de estratégias de sobrevivência de quatro agrupamentos (redes) de micro e pequenas empresas produtoras de artesanato, localizadas na região Campo das Vertentes, no Estado de Minas Gerais, a saber: um agrupamento de produtores de artefatos em estanho, um agrupamento de produtores de artefatos em tear, um agrupamento de produtores de artefatos em ferro e um agrupamento de produtores de artefatos em madeira de demolição. Cada agrupamento foi identificado como alternativas G1, G2, G3 e G4, respectivamente.

O estudo partiu do princípio de que um aglomerado consegue sobreviver quando consegue boa articulação conjunta das variáveis, a) grau de relacionamento com o fornecedor; b) grau de relacionamento com o cliente ou distribuidor; c) grau de relacionamento com os concorrentes localizados na mesma área geográfica; e d) grau de relacionamento com instituições públicas e privadas de apoio. Cada variável foi considerada um critério, identificados como critérios V1, V2, V3 e V4, respectivamente.

A partir da aplicação, a cada critério, das variáveis lingüísticas (Muito Alto, Alto, Médio, Baixo e Muito Baixo, obtidos por meio de respostas dadas por dez entrevistados, em cada aglomerado, pode-se construir uma matriz de performance, dentro dos limites de preferência, indiferença e veto, que, ao introduzir os seus resultados nas fórmulas do Electre III, permitiu a criação da matriz de concordância entre alternativas e ordenamento final.

Os resultados obtidos permitiram concluir que o agrupamento de produtores de artefatos em madeira de demolição é o que está mais articulado em relação ao conjunto de fatores de sucesso de um aglomerado, dentro dos critérios preestabelecidos. As aglomerações de artigos elaborados em teares e o agrupamento de produtores de artigos em ferro se apresentam em segundo lugar. O aglomerado de artefatos em estanho apresentou o último lugar, mostrando menor capacidade de desenvolver estratégias conjuntas de sobrevivência.

8 Referências Bibliográficas

AL-KLOUB *et al.* The role of weights in multi-criteria decision aid, and the ranking of water projects in Jordan. *European Journal of Operational Research*, 99, 278-288. 1997.

CASAROTO FILHO, N; PIRES, L. H. Redes de pequenas e médias empresas e desenvolvimento local: estratégias para a conquista da competitividade global com base na experiência italiana. 2.ed. São Paulo: Atlas. 2001.

GEORGOPOULOU, E.; LALAS, D. & PAPAGIANNAKIS, L. A Multicriteria Decision Aids Approach for Energy Planning Problems: The case of Renewable Energy option. *European Journal of Operational Research*, 103, 38-54. 1997.

GOMES, L. F. A. M. Teoria da decisão. Ed. Thomson, 116 p. São Paulo, 2007.

GOMES, L. F. A. M., GOMES, C. F. S., ALMEIDA, A. T. Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. Ed. Atlas, São Paulo – SP, 264 p, 2002.

HOKKANEN, J. & SALMINEN, P. Choosing a solid waste management system using multi criteria decision analysis. *European Journal of Operational Research*, 98, 19-36. 1997.

LIANG, G.; WANG, M.. A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Method for Facility Site Selection. *International Journal of Production Research*, Vol. 29, No. 11, pp. 2313-2330. 1991.

MENDONÇA, F.M. Formação, desenvolvimento e estruturação de Arranjos Produtivos Locais em Minas Gerais. São Paulo: Blucher. 2010.

ROGER, M. & BRUEN, M. Choosing realistic values of indifference, preference and

veto thresholds for use with environment criteria with ELECTRE. *European Journal of Operational Research*, 107, 542-551. 1998.

ROGER, M.; BRUEN, M. & MAYSTRE, L. *Electre and decision support*. Kluwer. Academic Publishers. 2000.

ROY, B. & BOUYSSOU, D. *Aide multicritère à la décision: Méthodes et cas*. Paris, Economica, mai. 1993.

ROY, B. ELECTRE III: Un algorithme de methode de classements fonde sur une representation floue des préférences en presence de critères multiples. *Cahieres de CERO*, v. 20, n. 1, p. 3-24. 1978.

ROY, B. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Kluwer. 1996.

SHIMIZU, T. *Decisão nas organizações*. Ed. Atlas 2ª Ed. São Paulo – SP, 419p, 2006.

VINCKE, PH. *Multicriteria Decision Aid*. Wiley, Chichester. 1992.

ZADEH, L. The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning. *Information Sciences*, 1975.