

UMA PROPOSTA PARA ESCOLHA DE ARMAZÉNS COM TRIGO DE MELHOR QUALIDADE INDUSTRIAL SEGUNDO METODOLOGIA MULTICRITÉRIO

Simone Aparecida Miloca¹
Neida Maria Patias Volpi²
Anselmo Chaves Neto³

Resumo: Situações envolvendo tomada de decisão surgem com frequência em diversas áreas. Este trabalho mostra um problema desta natureza, trata-se de decidir em qual armazém, dentre um total de 37, escolher trigo para a fabricação do produto pão levando-se em consideração a qualidade industrial, que é avaliada através de análises laboratoriais feitas em amostras coletadas em cada armazém. Devem-se observar os parâmetros definidos para cada análise e também o grau de importância que cada um possui. Dentre os métodos que podem ser utilizados, uma proposta é apresentada segundo o método PROMETHEE, que é um dos métodos da metodologia multicritério. Tal método permite fazer um ranqueamento em ordem decrescente de importância destes armazéns.

Palavras-chave: Metodologia Multicritério, indústria do trigo, PROMETHEE.

Abstract: Situations involving decision-making often appear in several areas. This paper shows a problem of such nature in which we have to decide out of thirty-seven warehouses the one whose wheat will be sold to make bread considering industrial quality which is evaluated by laboratory analysis that were done in samples collected in each warehouse. Besides, it should be observed the parameters defined for each analysis as well as the degree of importance that each one has in order to manufacture bread. Among many methods, which could be used, a solution is presented according to the PROMETHEE method, one of the multi-Criteria methodologies. Such a method permits to rank those warehouses in decreasing order of importance.

Keywords: Multicriteria decision-aid; Wheat industrial index; PROMETHEE

1. INTRODUÇÃO

Situações envolvendo tomada de decisão surgem com frequência em diversas áreas como na gestão de empresas, negócios, nas engenharias, em diversos níveis do setor público administrativo e empresarial entre outros. Decidir tendo em vista várias escolhas possíveis nem sempre é uma tarefa fácil. As metodologias multicritério de apoio à tomada de decisão oferecem ao decisor algumas ferramentas objetivando resolver tais problemas.

Segundo Vincke (1992), um problema de decisão multicritério é uma situação em que, tendo definido um

conjunto A de ações (alternativas) e uma família consistente de critérios F sobre o conjunto A , deseja-se

- Determinar um subconjunto de ações considerados como o melhor de todos com relação a F .
- Dividir A em subconjuntos de acordo com algumas normas estabelecidas pelo decisor.
- Classificar as ações de A em ordem decrescente de importância.

A característica básica de tais problemas é a presença de vários objetivos (critérios) de decisão, normalmente conflituosos entre si, no

¹Centro de Ciências Exatas, UNIOESTE- Cascavel, Paraná. smiloca@unioeste.br

²Departamento de Matemática, UFPR, Curitiba, Paraná. nmpv@mat.ufpr.br

³Departamento de Estatística, UFPR, Curitiba, Paraná. anselmo@est.ufpr.br
ENGEVISTA, v. 8, n. 1, p. 16-26, junho 2006

sentido de que uma melhoria num deles pode ser acompanhada de um decréscimo de performance em algum outro. Este tipo de problema não é em geral um problema de otimização pois na maioria dos casos, não se tem uma solução $\bar{a} \in A$ que maximize todos os critérios simultaneamente, consistindo então a resolução do problema na busca da solução de melhor compromisso.

Os métodos da teoria multicritério são apresentados segundo duas escolas, uma de inspiração norte-americana da Teoria da Utilidade Segundo Múltiplos Atributos (MAUT) apresentados em Keeney e Raiffa (1992) e a outra de inspiração francesa da família "subordinação" introduzida por Roy (cf. Vincke, 1992). Desde que Bernard Roy e seus colaboradores introduziram o Método ELECTRE I, muitos métodos multicritérios da família "subordinação" foram desenvolvidos. Uma descrição geral de vários destes métodos pode ser visto em Vincke (1992).

Apresenta-se neste trabalho uma proposta de solução para um problema de tomada de decisão envolvendo a área de trigo. Normalmente, o trigo produzido é

transformado em farinha, farelo e gérmen que são matérias primas para diversos produtos. Na maior parte dos países, a avaliação do trigo para o mercado tem métodos e procedimentos semelhantes e diferem apenas no tipo de análise que normalmente é feita em laboratórios especializados, através da farinha extraída do trigo.

As indústrias, ao efetuarem a compra do trigo levam em consideração estas análises, pois através delas é dado o destino do trigo, cujas farinhas tem utilização industrial para panificação, bolos, biscoitos, produção de massas e pastas alimentícias. Em outras palavras, pode-se dizer que uma farinha com determinada característica pode ser boa para fabricação de um determinado produto e não ser indicada para fabricação de outro produto. A tabela 1 apresenta parâmetros, de algumas análises de trigo, a serem observados para certos tipos de produtos. A cada análise é atribuído um valor numérico que é usado para avaliar a qualidade. Mais informações sobre tais parâmetros podem ser encontradas em BRUNETTA (1997), GUARIENTI (1999) e IAPAR ((2001).

Tabela 1. Parâmetros de Qualidade Industrial

Análises	Massas	Pães	Pizzas	Bolos	Biscoitos Fermentados	Biscoitos Doces
Glúten úmido (%) (GU)	> 28	> 26	25 - 30	20 - 25	25 - 30	20 - 25
Glúten seco (%) - (GS)	> 9,0	> 8,5	8,0 - 10,0	7,0 - 8,5	8,0 - 10,0	7,0 - 8,5
Falling number (Seg) (FN)	> 350	225 - 275	225 - 275	200 - 250	225 - 275	200 - 250
Estabilidade (min) (EST)	> 15	12 - 18	6 - 12	2 - 4	6 - 12	2 - 4
P/L - (PL)	> 2,0	1,0 - 1,5	0,5 - 0,9		0,5 - 0,9	0,3 - 0,5
Força de glúten (10^{-4} J)- (W)	> 280	180 - 275	150 - 200	< 100	150 - 200	< 100
Absorção de água (AA)		< 60%			Média 54-58	Média 54-58

Segundo Guarienti (1999), o trigo é o único cereal que possui uma proteína

(glúten) com a habilidade de formar uma massa quando se mistura farinha e água.

O glúten é responsável pela retenção de gás carbônico produzido durante a fermentação da massa e consequentemente pelo crescimento da mesma. Assim, na panificação, por exemplo, o glúten tem um significado especial pois juntamente com a ação de proteínas insolúveis na água durante a fermentação do pão retém o gás produzido formando pequenas bolhas que quando levado ao forno, se dilata dando como resultado um pão de alto volume e leve, o que é desejado que ocorra. Por isso a importância do conteúdo de proteína (GS, GU) e da força de glúten W.

Já o Falling-Number é um método que mede a atividade das enzimas alfa e beta-amilase. De acordo com Guarienti (1999), a beta amilase possibilita a fermentação e a alfa amilase é responsável pela formação do miolo. O quociente P/L é uma relação entre P (pressão máxima de ruptura), que é um índice de estabilidade da massa e L (extensibilidade) que é um indicativo de volume. A Estabilidade (EST) é um indicativo da resistência da massa ao tratamento mecânico e ao tempo do processo fermentativo. A absorção de água (AA) é quantidade, em porcentagem, de água absorvida pela farinha.

Nem todas as análises têm o mesmo grau de importância na confecção dos produtos finais, normalmente atribui-se ao Falling Number e a Força de Glúten pesos maiores. Neste trabalho, denota-se IQI (índice de qualidade industrial) ao conjunto formado pelas análises citadas na tabela 1.

Considere uma indústria que deseja comprar trigo (ou farinha) para fabricar pães (produto de maior consumo) tomando como referência os valores das análises apontadas na tabela 1. Normalmente o trigo fica estocado em diversos armazéns, e muitas vezes situados em diferentes cidades. A escolha de um deles não é uma decisão fácil, pois não se tem um armazém onde todos os índices de qualidade industrial estão

conforme o desejado. Eis uma situação onde uma decisão precisa ser tomada.

Propor-se-á neste trabalho uma solução para tal problema, segundo um dos métodos da teoria multicritério, o método PROMETHEE. Tal método pode ser utilizado para se ranquear os armazéns, ajudando na decisão de escolha. A escolha de tal método se deve a alguns fatores, o primeiro deles é que o problema pode ser modelado de forma que se cumpram as hipóteses exigidas pelo método PROMETHEE (De Keyser et al. 1996; Vincke, 1992). Outro fator está no fato de ser possível uma visualização geométrica do problema. Destaca-se ainda que o PROMETHEE tem sido aplicado com sucesso em vários problemas de diferentes naturezas conforme Vincke (1992), Le Tenó (1998), Ulengin (2001) e De Leeneer (2002) entre outros. Ulengin (2001) relata algumas vantagens do uso do método PROMETHEE como por exemplo o fato de ser mais estável que o ELECTRE II e apresentar melhor performance que o AHP.

Uma breve explanação de tal método será feita na próxima seção e um estudo mais detalhado pode ser visto em Brans e Mareschal (1988, 1992, 1999).

2. O MÉTODO PROMETHEE

Apresenta-se aqui o método PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), que é um dos métodos tratados na teoria multicritério. Ele foi desenvolvido por Brans e Mareschal (1988) e será brevemente descrito na sequência.

Para um melhor entendimento, as seguintes definições são apresentadas.

Definição 2.1 Define-se conjunto das *alternativas* (ações)

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$$

como sendo o conjunto dos objetos, decisões ou candidatos a ser explorado durante o procedimento da decisão.

Definição 2.2 Define-se *critério* como sendo uma função f definida em A , tomando seus valores num conjunto totalmente ordenado e representando a performance das alternativas. Notação

$$F = \{f_j(a_i), i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, k\}$$

O conjunto F deve ser consistente no sentido de representar todos os diferentes aspectos do problema.

Seja a matriz M onde estão representadas as avaliações das alternativas em relação a cada critério considerado

$$M = \begin{bmatrix} f_1(a_1) & f_2(a_1) & \dots & f_j(a_1) & \dots & f_k(a_1) \\ f_1(a_2) & f_2(a_2) & \dots & f_j(a_2) & \dots & f_k(a_2) \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ f_1(a_j) & f_2(a_j) & \dots & f_j(a_j) & \dots & f_k(a_j) \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ f_1(a_n) & f_2(a_n) & \dots & f_j(a_n) & \dots & f_k(a_n) \end{bmatrix}$$

A cada critério associam-se dois tipos de informações. A primeira é a associação de um peso. O decisor deve atribuir um peso $w_j, j = 1, \dots, k$ que pode

ser normalizado, ou seja, $\sum_{j=1}^k w_j = 1$ e

$w_j \geq 0$. Denota-se $\underline{w}^t = [w_1, \dots, w_k]$ vetor peso. Os pesos indicam o que usualmente é chamado de "trade-offs" entre os critérios, ou seja, se o decisor atribuir um peso w_i ao critério i e um peso w_j ao critério j , ele deve estar ciente de que ele está trocando um decréscimo de Δ_i no valor da função de preferência do critério i por um acréscimo de $\Delta_i \frac{w_i}{w_j}$ no valor da

função de preferência do critério j .

A segunda informação a ser associada a cada critério é a função de preferência que indica a preferência do decisor de uma alternativa a sobre uma alternativa b segundo o critério j . É um valor definido no intervalo $[0,1]$ e indica como o decisor escolhe entre duas

alternativas. Sua definição é apresentada a seguir.

Definição 2.3 A função de preferência associada ao critério j , é determinada pela função composta

$$P_j : A \times A \rightarrow [0,1] \\ (a,b) \rightarrow \varphi(d(a,b))$$

onde

$$d : A \times A \rightarrow \mathfrak{R} \\ (a,b) \rightarrow d(a,b)$$

e

$$\varphi : \mathfrak{R} \rightarrow [0,1] \\ d(a,b) \rightarrow \varphi(d(a,b))$$

sendo d denominada função desvio e $d(a,b) = f_j(a) - f_j(b)$ num problema de maximização. No caso do critério ser minimizado, a função de preferência será dada por $P_j(a,b) = \varphi[-d_j(a,b)]$.

Apresentam-se na literatura seis tipos de funções de preferência que são mais utilizadas e suas definições podem ser encontradas em Brans e Mareschal (1999) e Gonçalves (2001). A próxima definição se refere a um índice de preferência utilizado para se fazer o ranqueamento.

Definição 2.4 O índice de preferência de uma alternativa a sobre b e representado por $\pi(a,b)$, é dado pelo somatório ponderado das preferências de todos os critérios, ou seja,

$$\pi : A \times A \rightarrow [0,1] \\ (a,b) \rightarrow \sum_{j=1}^k P_j(a,b) \cdot w_j$$

Definição 2.5 O índice de preferência $\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$, é dado por

$$\phi^+ : A \rightarrow [0,1] \\ a \rightarrow \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a,x)$$

e

$$\phi^- : A \leftarrow [0,1]$$

$$a \rightarrow \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a)$$

O ranqueamento completo das alternativas (PROMETHEE II) é dado por

$$\begin{cases} aPb & \text{se } \phi(a) > \phi(b) \\ aIb & \text{se } \phi(a) = \phi(b) \end{cases}$$

onde P e I indicam respectivamente preferência e indiferença.

O valor $\phi(a)$ representa o quanto a alternativa a é melhor que as demais, retirando do seu índice de preferência positivo $\phi^+(a)$, o quanto as outras alternativas são melhores do que ela ($\phi^-(a)$).

Com o objetivo de visualizar geometricamente fatores que fazem parte do problema como, informações sobre as alternativas e informações sobre os critérios, desenvolveu-se o plano GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Assistance) apresentados por Brans e Mareschal (1988,1999). Neste plano as alternativas são representadas por pontos e os critérios por vetores.

A idéia é substituir a matriz M pela matriz G que contém as informações dadas pelas funções de preferência, informações estas que indicam o quanto uma alternativa é preferível as outras segundo o critério j .

$$G = \begin{bmatrix} \phi_1(a_1) & \cdots & \phi_j(a_1) & \cdots & \phi_k(a_1) \\ \phi_1(a_2) & \cdots & \phi_j(a_2) & \cdots & \phi_k(a_2) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \phi_1(a_i) & \cdots & \phi_j(a_i) & \cdots & \phi_k(a_i) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \phi_1(a_n) & \cdots & \phi_j(a_n) & \cdots & \phi_k(a_n) \end{bmatrix}$$

onde $\phi_j(a_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} (P_j(a_i, x) - P_j(x, a_i))$
e $-1 \leq \phi_j(a) \leq 1$.

Denotando $\alpha_i, i = 1, \dots, n$ os vetores cujas coordenadas são formadas

pelos linhas da matriz G , tem-se que eles representam pontos $A_i, i = 1, \dots, n$ das alternativas, em relação a base canônica do R^k . Como uma representação geométrica de cada A_i escolhido no R^k não é possível, faz-se uma projeção das alternativas e critérios em um plano escolhido de forma que se tenha perda mínima de informações. Tal representação é obtida com base na técnica estatística de Componentes Principais. Os resultados a seguir indicam como este plano é construído.

Resultado 2.1 Seja $C = G^t G$. C é simétrica e positiva-definida.

Resultado 2.2 Sejam $\alpha_i, i = 1, \dots, n$ os vetores cujas coordenadas determinam o ponto $A_i, i = 1, \dots, n$, que representam as alternativas. O sistema de referência que melhor representa os vetores α_i 's em termos de mínimos quadrados tem a base formada pelos autovetores $\underline{u}_1, \underline{u}_2, \dots, \underline{u}_k$ da matriz C .

Resultado 3.3 Seja $S_2 = \{\underline{u}_1, \underline{u}_2\}$. S_2 é a base do plano, utilizado para se representar as alternativas e critérios, com perda mínima de informações, sendo que o percentual de informações "ganhas" são dadas por

$$\delta = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_k}$$

Denomina-se o plano gerado por S_2 de plano GAIA.

3. ESTUDO DE CASO

Procedimentos de recebimento e armazenamento de trigo foram observados na COAMO, Cooperativa Agrícola de Campo Mourão, que possui vários armazéns situados em diversas localidades do Estado do Paraná. Antes do envio ao armazenamento, amostras de

trigo são coletadas e encaminhadas ao laboratório para que sejam feitas as análises de qualidade industrial mencionadas na tabela 1. Como a cooperativa algumas vezes vende o trigo a outros moinhos ou indústrias, é preciso decidir de qual armazém vender o trigo de forma a atender os parâmetros de qualidade industrial do produto solicitado. Tendo em vista que não é uma tarefa fácil avaliar todos os parâmetros simultaneamente, a cooperativa avalia somente os valores obtidos das análises de Força de Glúten e Falling Number, pelo fato destas terem um maior grau de importância do que as demais. Neste trabalho, apresenta-se uma proposta de classificação segundo o método PROMETHEE, pois este permitirá observar também os valores das outras análises.

Dados amostrais de análises feitas no trigo estocado em 37 armazéns foram fornecidos pela cooperativa e o problema a ser abordado será fazer um ranqueamento dos armazéns que possuem trigo com melhores *IQI* para se fabricar o produto pão, haja vista que este é o produto com maior demanda. Como o método PROMETHEE será utilizado, o próximo passo é definir quais as alternativas e critérios a serem utilizados bem como a matriz de entrada de dados.

Os locais de armazenamento de trigo constituirão o conjunto das alternativas denotado por $A = \{A_1, A_2, \dots, A_{37}\}$.

O conjunto de critérios a serem avaliados será constituído pelas análises realizadas em amostras do trigo estocado em cada armazém, a saber: Força de Glúten, Relação P/L, Falling Number, Glúten Seco, Glúten Úmido, Absorção de Água e Estabilidade. Denota-se:

$$F = \left\{ \begin{array}{l} f_W(\cdot), f_{PL}(\cdot), f_{FN}(\cdot), f_{GS}(\cdot) \\ f_{GU}(\cdot), f_{AA}(\cdot), f_{EST}(\cdot) \end{array} \right\}$$

o conjunto de critérios.

3.1 Matriz de entrada de dados

Inicialmente os dados da matriz M são obtidos em função das análises realizadas para cada amostra de origem conhecida. Como os valores de referência para W , PL , FN e EST pertencem a um intervalo I , e deste modo qualquer valor neste intervalo é bom para produção de pão, o ponto médio do intervalo será considerado como valor ótimo. Desta forma, quando houver necessidade de escolher entre dois valores pertencentes ao intervalo I , a preferência maior será dada ao armazém que possuir o valor mais próximo do ponto médio do intervalo.

Por exemplo, considerando-se duas alternativas e o critério FN , a preferência recairá sobre a alternativa cuja distância ao valor médio do intervalo seja menor, assim para dois valores $f_{FN}(a_1)$ e $f_{FN}(a_2)$ do Falling Number FN , pertencente a $I=[225,275]$ onde $f_{FN}(a_1) < f_{FN}(a_2)$, tem-se que

$$d(f_{FN}(a_1), f_{FN}(a_2)) =$$

$$|f_{FN}(a_1) - 250| - |f_{FN}(a_2) - 250| > 0,$$

logo - $d(f_{FN}(a_1), f_{FN}(a_2)) < 0$ (pois este é um critério a ser minimizado), e assim a_2 será preferível a a_1 , ou seja, escolha-se a alternativa cujo valor está mais próximo do ponto médio.

Raciocínio análogo foi considerado para os índices W , PL e EST , devendo portanto estes critérios serem minimizados.

Com relação aos índices GS e GU indica-se na tabela 1, como valor de referência, uma quantidade acima 8,5% para o glúten seco (GS) e acima de 26% para o glúten úmido (GU). Assim, tem-se que quanto maiores os valores para estes índices, melhor será a qualidade do trigo e, portanto estes critérios serão maximizados.

Por exemplo, para $f_{GS}(a_1)$ e $f_{GS}(a_2)$ onde $f_{GS}(a_1) > f_{GS}(a_2)$ tem-se

$d(f_{GS}(a_1) - f_{GS}(a_2)) = f_{GS}(a_1) - f_{GS}(a_2) > 0$
e assim a_1 é preferível a a_2 .

Para o índice AA tem-se como especificação, que seu valor não deve ser superior a 60%. Como todos os valores amostrais para estes índices são menores que 60%, os valores mais próximo de 60% terão preferência, sendo portanto este critério minimizado.

3.2 Vetor de pesos

Em consulta a profissionais da área, chegou-se ao vetor de peso dado por V3, apresentado na tabela 2. Para efeitos de comparação e avaliação da importância do peso atribuído a cada critério, foram considerados outros três vetores.

Tabela 2. Vetores de pesos.

Matriz de Pesos	<i>W</i>	<i>PL</i>	<i>FN</i>	<i>GS</i>	<i>GU</i>	<i>AA</i>	<i>EST</i>
Vetor de pesos 1 (V1)	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7
Vetor de pesos 2 (V2)	1/4	2/25	1/4	1/10	1/10	7/100	3/20
Vetor de pesos 3 (V3)	7/20	1/25	7/20	2/25	1/25	1/25	1/10
Vetor de pesos 4 (V4)	7/20	1/50	1/2	1/25	1/50	1/50	1/20

3.3 Funções de preferência

Nem sempre é fácil avaliar qual a função de preferência a ser adotada para determinado critério. Dentre as funções de preferência citadas por BRANS e MARECHAL (1999), foi tomado para os critérios *W*, *PL*, *FN*, *AA* e *EST*, a função do tipo 6.

Esta função é definida por:

$$P(a,b) = \begin{cases} 0 & \text{se } d(a,b) < 0 \\ 1 - e^{-\frac{[d(a,b)]^2}{2s^2}} & \text{se } d(a,b) \geq 0 \\ 1 & \text{se } d(a,b) \rightarrow \infty \end{cases}$$

A escolha se deve ao fato de a mesma permitir uma certa flexibilidade na decisão de trocar uma alternativa por outra, indicando uma preferência relativa de uma alternativa sobre a outra.

Para o critério *W*, utilizou-se $s = 10$. Logo, tem-se que quando $d(a,b) = 12$, a preferência de a sobre b é de aproximadamente 0,5, ou seja, 50% e $P_j(a,b)$ se aproxima de 1 a medida que

$d(a,b)$ aumenta. Neste caso, quando $d(a,b)$ se aproxima de 48 unidades, o que indica que os valores estão se afastando muito do ponto ótimo e saindo do intervalo em que W está definido segundo a tabela 1, tem-se que a alternativa a tem preferência total sobre a alternativa b .

Para os critérios *PL*, *FN*, *AA* e *EST*, os valores para s foram definidos de maneira análoga, ou seja, a partir de determinado valor para o desvio, tem-se uma troca parcial de uma alternativa por outra e uma troca total ocorre quando os desvios passam a sair do intervalo I, apontado na tabela 1. Pode-se observar que uma alternativa a tem preferência de aproximadamente 0,5 (50%) sobre a alternativa b , quando tem-se que se $d(a,b) = 0,12$ no critério 2 (*PL*), $d(a,b) = 9,5$ no critério 3 (*FN*), $d(a,b) = 3,5$ no critério 6 (*AA*) e $d(a,b) = 0,8$ no critério 7 (*EST*).

Com relação aos critérios *GS* e *GU*, a função de preferência considerada foi a do tipo 1 pois é desejável a maximização, ou seja, quanto maior seus

índices, melhor a alternativa. Esta função é definida por

$$P(a,b) = \begin{cases} 0 & \text{se } d(a,b) \leq 0 \\ 1 & \text{se } d(a,b) > 0 \end{cases}$$

Assim, tem-se que para dois armazéns A e B , se $d(a,b) > 0$ o

armazém A é preferível ao armazém B no que se refere ao teor de glúten seco e glúten úmido.

Portanto a configuração final das funções de preferências utilizadas no método PROMETHEE será conforme apresentada na tabela 3.

Tabela 3. Matriz de entrada de dados

Critérios	Funções de Preferência	Alternativas
W (Min)	Tipo 6 ($s = 10$)	$ f_W(a_i) - 228 $
PL (Min)	Tipo 6 ($s = 0,1$)	$ f_{PL}(a_i) - 1,25 $
FN (Min)	Tipo 6 ($s = 8$)	$ f_{FN}(a_i) - 250 $
GS (Max)	Tipo 1	f_{GS}
GU (Max)	Tipo 1	f_{GU}
AA (Min)	Tipo 6 ($s = 3$)	$ 60 - f_{AA}(a_i) $
EST (Min)	Tipo 6 ($s = 0,7$)	$ f_{EST}(a_i) - 15 $

4. RESULTADOS

Para obter o ranqueamento dos armazéns cujo trigo estocado tem

melhores IQI para se fabricar pão, de acordo com o método PROMETHEE, e construir o plano GAIA utilizou-se o software Matlab. A classificação dos armazéns pode ser vista na tabela 4.

Tabela 4 Resultados da classificação total do PROMETHEE.

Class.	V1	ϕ	V2	ϕ	V3	ϕ	V4	ϕ
1°	A4	0.500	A27	0.493	A27	0.622	A27	0.698
2°	A21	0.403	A21	0.486	A21	0.536	A21	0.581
3°	A27	0.351	A4	0.438	A11	0.473	A11	0.543
4°	A8	0.337	A10	0.315	A10	0.362	A10	0.451
5°	A2	0.299	A12	0.310	A2	0.334	A2	0.428
6°	A10	0.260	A11	0.301	A4	0.327	A23	0.407
7°	A30	0.256	A2	0.301	A23	0.324	A28	0.361
8°	A12	0.254	A8	0.257	A12	0.321	A26	0.321

9°	A24	0.198	A23	0.230	A28	0.252	A12	0.290
10°	A13	0.192	A24	0.196	A24	0.221	A9	0.262
11°	A23	0.144	A30	0.185	A9	0.200	A24	0.235
12°	A15	0.104	A9	0.155	A8	0.199	A8	0.193
13°	A32	0.090	A13	0.130	A26	0.148	A33	0.177
14°	A11	0.070	A19	0.127	A19	0.133	A29	0.172
15°	A19	0.069	A28	0.097	A33	0.090	A31	0.162
16°	A1	0.056	A33	0.049	A30	0.079	A6	0.155
17°	A6	0.056	A6	0.037	A13	0.062	A4	0.133
18°	A9	0.046	A26	0.025	A29	0.046	A19	0.071
19°	A33	-0.008	A14	-0.000	A22	0.036	A22	0.060
20°	A7	-0.013	A29	-0.013	A6	0.013	A13	-0.60
21°	A14	-0.025	A22	-0.063	A31	-0.000	A30	-0.103
22°	A29	-0.032	A1	-0.066	A14	-0.028	A14	-0.111
23°	A5	-0.044	A7	-0.080	A3	-0.109	A34	-0.138
24°	A28	-0.045	A15	-0.081	A7	-0.131	A20	-0.144
25°	A26	-0.082	A3	-0.103	A1	-0.193	A3	-0.242
26°	A25	-0.115	A32	-0.110	A20	-0.219	A32	-0.256
27°	A3	-0.133	A31	-0.172	A15	-0.220	A7	-0.242
27°	A18	-0.178	A5	-0.203	A32	-0.224	A36	-0.276
29°	A17	-0.189	A36	-0.223	A36	-0.233	A1	-0.302
30°	A20	-0.197	A20	-0.225	A16	-0.243	A5	-0.316
31°	A22	-0.202	A16	-0.238	A34	-0.246	A16	-0.348
32°	A36	-0.207	A18	-0.268	A5	-0.304	A15	-0.357
33°	A16	-0.277	A25	-0.286	A18	-0.380	A18	-0.415
34°	A31	-0.286	A17	-0.310	A25	-0.406	A37	-0.478
35°	A34	-0.357	A34	-0.312	A17	-0.434	A25	-0.479
36°	A37	-0.572	A37	-0.579	A37	-0.559	A17	-0.520
37°	A35	-0.725	A35	-0.803	A35	-0.852	A35	-0.892

Nota-se que os armazéns A27 e A21 aparecem nas duas primeiras posições. Isso ocorre mesmo com a mudança dos pesos atribuídos aos critérios. Este fato também pode ser observado através dos valores de ϕ , eles são bem maiores nas primeiras colocações do que nas demais. Isto ocorre pois o *IQI* determinado nestes armazéns são bem melhores que nos demais.

Na figura 1 apresenta-se o plano GAIA com o vetor de peso 3. Apesar de se ter uma perda considerável de informações ao se projetar as alternativas e critérios no plano, pois a porcentagem da variância explicada foi de 60%, é possível fazer as seguintes avaliações.

- ❖ Os critérios que tem melhor representação no plano são *EST*, *W*, *GS* e *GU* que correspondem aos vetores de maior comprimento. Observe que o critério *AA* não possui boa representação;

- ❖ As primeiras classificações são constituídas por alternativas que estão na direção de vários critérios como as alternativas (armazéns) A4, A21, A27 e A12 entre algumas outras;
- ❖ Pode-se observar a formação de alguns grupos de armazéns como: $G1 = \{A29, A5, A6, A25\}$, $G2 = \{A37, A35, A31, A34, A20, A26\}$, $G3 = \{A33, A17, A28, A36\}$ e $G4 = \{A18, A22, A16, A9\}$. Tais armazéns possuem trigo com características semelhantes;
- ❖ As alternativas presentes no grupo G2 não são boas para nenhum critério pois não estão na direção de nenhum deles. O mesmo ocorre com alternativas do grupo G4. Observe que as alternativas destes grupos ficam nas últimas classificações segundo o PROMETHEE.

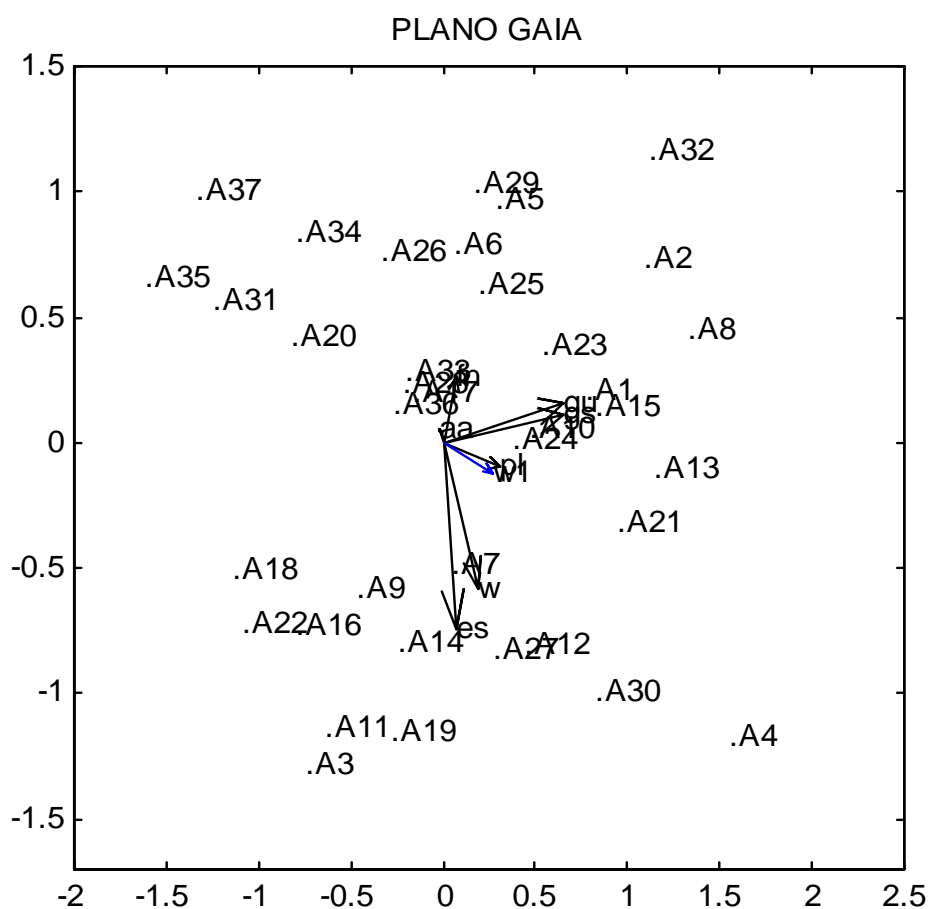


Figura 1. Plano Gaia

5. CONCLUSÕES

Através deste trabalho foi possível mostrar mais uma aplicação da metodologia multicritério. Pode-se destacar que o ranqueamento efetuado pelo método PROMETHEE depende fortemente das funções de preferência escolhidas e do grau de importância (vetor de pesos) dado a cada critério, por isso as informações dadas pelo decisor são de extrema importância.

Pode-se indicar o uso de tal metodologia a moínhos que desejam comprar trigo de vários fornecedores e precisam decidir de qual comprará levando-se em consideração o grau de importância que o mesmo dá a cada análise realizada nos grãos de trigo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à gerência da COAMO que gentilmente nos recebeu em diversas visitas e nos forneceu dados necessários para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BRANS, J.P.; MARESCHAL, B., Multicriteria decision-aid: The Promethee-Gaia solution. Pesquisa Operacional, 1999, V19, N1, pp.1-23.
- BRANS, J.P.; MARESCHAL, B., Geometrical Representations for MCDA, European Journal of Operational Research 34, 1988, pp.69-77.
- BRANS, J.P.; MARESCHAL, B., PROMETHEE V: MCDM problems with segmentations constraints. 1992, NFOR 30/2, pp.85-96.
- BRUNETTA, D.; DOTTO, S.R.; FRANCO, F. de A; BASSOI, M.C. Cultivares de trigo no Paraná: rendimento, características agronômicas e qualidade industrial. Londrina: EMBRAPA - CNPSo, 1997. 48p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 18).
- De KEYSER, W., PEETERS, P., An note on the use of PROMETHEE multicriteria methods, European Journal of Operational Research 89, 457-461, 1996.
- De LEENEER, I., PASTIJN S., Selecting land mine detection strategies by means of outranking MCDM techniques, European Journal of Operational Research 139, 327-338, 2002.
- GONÇALVES, João do Carmo Lopes, Aplicação do algoritmo PROMETHEE num problema de decisão multiobjetivo, UFPR, Curitiba, 2001.
- GUARIENTI, E.M. Qualidade Industrial do trigo. Passo Fundo: EMBRAPA - CNPT, 1993. 27p. (EMBRAPA - CNPT. Documentos, 8)
- GUARIENTI, E. MIRANDA, M. Métodos de análise recomendados para o programa interlaboratorial de análises de trigo e farinha de trigo. Embrapa-CNPCT. Passo Fundo -RS. 1999. P 03-18.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Londrina, PR. Informações técnicas para a cultura do trigo no Paraná. 2001- Londrina 2001. 174p. (IAPAR. Circular, 116)
- LE TÉNO, J.F., MARESCHAL, B., An interval version of PROMETHEE for the comparison of building product's design with ill-defined data on environmental quality, European Journal of Operational Research 139, 522-529, 1998.
- MILOCA, Simone A., Aplicação da Teoria de Correlação Canônica e método PROMETHEE num problema de qualidade industrial do trigo, Curitiba, 2002, UFPR.
- ULENGIN, F., TOPCU, Y.I., SAHIN, S.O. An integrated decision aid system for Bosphorus water-crossing problem, European Journal of Operational Research 134, 179-192, 2001.
- VINCKE, Philippe. Multicriteria Decision Aid. John Wiley e Sons. 1992.