

APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO FITRADEOFF PARA ESCOLHA DE USINA SUCROALCOOLEIRA PARA SUPRIMENTO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Luiz Gonzaga Carneiro Leao Neto (UFPE)
luizgclneto@hotmail.com

Rodrigo Jose Pires Ferreira (UFPE)
rodjpf@gmail.com

Adiel Teixeira de Almeida (UFPE)
adielta@gmail.com



Este artigo tem por objetivo estruturar o problema de decisão de escolha de uma usina sucroalcooleira para suprimento de cana-de-açúcar do ponto de vista do fornecedor. Considera-se que vários fatores podem influenciar esta decisão, tais como: o preço ofertado pelas usinas, a distância da fonte até as usinas, o tempo médio de descarregamento da cana-de-açúcar nas usinas, a credibilidade das usinas e a qualidade das estradas do percurso até as usinas. O procedimento de elicitação flexível e interativo de Tradeoff para modelos aditivos multicritério, FITradeoff, é utilizado para apoiar o processo decisório de escolha de uma usina levando em conta os fatores mencionados. A flexibilidade e interatividade do FITradeoff pode ajudar o decisor a escolher qual a alternativa mais atrativa sem a necessidade de especificar precisamente os pesos dos critérios explorando menos esforço cognitivo do decisor e evitando inconsistências.

Palavras-chave: Usina Sucroalcooleira, Decisão Multicritério, FITradeoff

1. Introdução

A cana-de-açúcar sempre teve papel importante na economia brasileira. De acordo com CEPEA (2016), o agronegócio teve uma participação de 21,46% no PIB do Brasil em 2015 indo na contra-mão da crise, tendo um leve crescimento de 0,39% em detrimento à recessão de 3,9% na economia do país.

O Brasil é o maior produtor mundial do complexo sucroalcooleiro. De acordo com UNICA (2016), as exportações de etanol e açúcar totalizaram um valor US\$ 8,5 bilhões entre abril de 2015 e março de 2016. A produção nacional de cana-de-açúcar na safra 2014/2015 girou em torno de 632 milhões de toneladas, sendo o setor centro-sul do país responsável por 90,38% desse valor.

Porém o setor não vem passando por bons momentos, a crise na economia e o dólar em baixa vêm prejudicando o setor, diminuindo a produção de cana-de-açúcar em 3,2% comparando as safras de 2013/2014 e 2014/2015. Outro ponto importante foi a queda na produtividade recente das plantações, devido a uma temporada de chuvas irregulares, aumentando os custos para os agricultores. Alguns programas do governo, durante esse tempo estagnaram o preço de combustíveis como gasolina e etanol, o que impediu um repasse dos custos extras, prejudicando o setor como um todo (ZUQUETT ET AL., 2015).

Alguns autores já discutiram sobre como agentes se comportam em contratos do ramo sucroalcooleiro. Para Picanço Filho e Marin (2012) as agroindústrias canavieiras, por terem ciência acerca de leis e instruções normativas que nem sempre são de conhecimento dos produtores rurais, elaboram contratos vantajosos para as indústrias, ao custo de menos direitos e mais obrigações para os fornecedores.

Para Silveira e Sicsú (2008) existe uma discrepância entre os parques industriais sucroalcooleiros no Brasil, dado que a região Centro-Sul se apoiou na difusão de tecnologias para aumentar os níveis de produtividade agrícola e industrial. Enquanto o parque industrial nordestino, apesar de recentemente ter melhorado a sua performance com base em práticas de gestão modernas, não consegue acompanhar essa mesma eficiência devido, entre outros fatores, a dificuldade de mecanização da lavoura, causados por condições topográficas e climáticas menos favoráveis na região. Para Ribeiro et al. (2008) outras regiões também

apresentaram defasagem tecnológica em relação a outros pólos sucroalcooleiros nacionais. A região Norte Fluminense, no estado do Rio de Janeiro, teve grande influência no cenário nacional de cana-de-açúcar durante os anos 70 e 80, porém vem perdendo relevância desde a década de 90. Ressalta-se que, mesmo com o crescimento na atividade de motores movidos a etanol, a região não se beneficiou desse novo paradigma.

Diante desse cenário, o objetivo desse artigo é estruturar o problema de decisão de escolha de uma usina sucroalcooleira do ponto de vista dos produtores de cana-de-açúcar, de modo a escolher os seus clientes de forma estruturada.

2. Descrição do Problema

Os agricultores possuem vários critérios que devem levar em consideração na hora de escolher a usina para a qual fornecerá sua produção. O agricultor tem o direito de escolher por mais de uma usina para o fornecimento de sua produção, mas devido a capacidade de processamento das usinas serem normalmente bem maiores do que a capacidade produtiva do fornecedor e levando em conta também que a safra, ou seja, o período do ano que a matéria prima é refinada, durar apenas 6 meses, é mais comum que cada agricultor forneça sua produção para apenas uma usina por safra.

O agricultor no seu papel de decisor precisa avaliar cada possível comprador de sua produção, nesse caso visto como as usinas, para que possa aproveitar ao máximo de sua safra. Em geral alguns fatores são essenciais nesta decisão. O preço de venda da tonelada de cana oferecida pela usina é um fator primordial, já que o decisor deseja ter a maior receita possível. Considerando que o transporte é de responsabilidade do produtor, alguns aspectos importantes precisam ser avaliados tais como a distância e a qualidade das estradas do percurso que as mercadorias são transportadas, dado que em geral o transporte é realizado por meio de caminhões pesados e de difícil locomoção.

O custo de transporte de material tem um impacto significativo na lucratividade dos produtores de cana-de-açúcar e o tempo com que os veículos são descarregados tem influencia direta neste custo. Assim como a credibilidade da usina também desempenha um papel fundamental na lucratividade dos produtores de cana-de-açúcar, pois normalmente os pagamentos aos fornecedores só são feitos ao fim da safra, sendo de interesse do decisor que os prazos acertados de pagamento sejam cumpridos.

Diante das considerações citadas, o problema de escolha de usina sucroalcooleira para suprimento de cana-de-açúcar pode ser tratado como um problema de decisão multicritério envolvendo os seguintes critérios:

- C_1 - Maximizar preço do produto para uma determinada usina;
- C_2 - Minimizar distância do percurso do fornecedor até a usina;
- C_3 - Minimizar tempo de descarregamento na usina;
- C_4 - Maximizar credibilidade da usina;
- C_5 - Maximizar qualidade das estradas do fornecedor até a usina.

3. O procedimento de elicitación flexível e interativo de *tradeoff* - FITradeoff

Uma das maiores dificuldades no uso de modelos de apoio a decisão envolvendo múltiplos critérios envolve a obtenção de parâmetros necessários a avaliação inter-critério dos métodos multicritério. A fase de avaliação inter-critério que considera a combinação dos diferentes critérios pode ser considerada uma das mais difíceis para os decisores quanto ao uso de um método multicritério (DE ALMEIDA, 2013). O método FITradeoff (*Flexible and Interactive Tradeoff*) usa o conceito de elicitación flexível que requer menos esforço do decisor e conseqüentemente pode levar a menos inconsistências durante o processo de elicitación.

O FITradeoff é um novo procedimento flexível e interativo de elicitación de *tradeoff* para modelos aditivos multicritério criado para situações de escolha (DE ALMEIDA et al., 2016). Dentre as principais características do método FITradeoff pode-se citar: o uso do procedimento de *tradeoff* para elicitación pesos de um modelo aditivo, o uso do conceito de elicitación flexível incorporado em um sistema de apoio a decisão, a natureza das informações solicitadas é cognitivamente mais fácil para o decisor compreender e a redução da quantidade de informação requerida do decisor.

O FITradeoff permite um processo decisório transparente e facilita o entendimento do problema. O método permite ao decisor um processo de elicitación dos pesos de forma efetiva, e ajuda a evitar o típico erro de assumir que os pesos dos critérios de um modelo multicritério aditivo representam apenas uma medida de importância relativa para um determinado

conjunto de critérios, sem levar em consideração a escala dos critérios. Além disso, o método FITradeoff contribui para superar algumas inconsistências decorrentes da dificuldade cognitiva para o decisor em fornecer alguns parâmetros para o funcionamento de um determinado método multicritério. O procedimento de elicitação flexível permite exigir menos esforço cognitivo do decisor por tentar auxiliá-lo no processo de escolha de alternativas com a menor quantidade de informação possível. Se o decisor não for capaz de fornecer informação completa, esta característica é incorporada no processo de elicitação de maneira flexível.

A flexibilidade e interatividade do processo de elicitação do FITradeoff permite avaliar a possibilidade de encontrar a solução do problema durante o processo de elicitação. Informações relativas a relações de preferência sobre pares de alternativas são obtidas, o que pode ajudar encontrar a melhor solução a partir da informação obtida do decisor e aplicada para resolver um problema de programação linear que busca eliminar alternativas dominadas com base nas informações já fornecidas (DE ALMEIDA ET AL., 2016).

4. Aplicação Numérica

Nesta seção, uma aplicação numérica do método e sistema de apoio a decisão FITradeoff para apoiar a escolha de usina sucroalcooleira para suprimento de cana-de-açúcar é apresentada. Através desta aplicação, resultados são mostrados para checar a consistência do modelo proposto. Esta aplicação é baseada em um estudo de caso hipotético. Embora os números e outros aspectos sejam fictícios, eles foram convenientemente avaliados com intuito de representar um contexto realista e consistente. Baseado em um modelo aditivo determinístico levando em consideração os critérios apresentados na seção 2 deste artigo, o primeiro passo para utilização do método FITradeoff consiste do levantamento da matriz de conseqüências com as avaliações dos critérios para cada uma das alternativas consideradas. A matriz de conseqüências desta aplicação está ilustrada na Tabela 1. Para este problema, 10 usinas e 5 critérios foram considerados.

Tabela 1 – Matriz de Conseqüências

Alternativas	Preço (R\$)	Distância (Km)	Tempo de Descarregamento (min)	Credibilidade	Qualidade das estradas
Usina 1	40,09	282	98	5	4
Usina 2	57,59	56	37	4	2

Usina 3	48,3	189	132	5	2
Usina 4	53,17	114	38	5	3
Usina 5	44,32	295	133	2	3
Usina 6	49,51	234	26	3	2
Usina 7	49,45	59	145	1	2
Usina 8	42,89	144	87	4	2
Usina 9	50,88	72	126	3	4
Usina 10	44,78	162	48	3	3

A identificação de alternativas dominadas pode auxiliar o processo de escolha, pois alternativas dominadas podem ser removidas do conjunto de alternativas reduzindo o esforço do decisor na seleção da melhor alternativa. Com base nos valores da matriz de conseqüências da Tabela 1, pode-se perceber que as Usinas 5 e 8 são dominadas e podem ser removidas da matriz.

É importante destacar que o decisor para o qual o modelo está sendo proposto é o fornecedor de cana-de-açúcar. Assume-se que o modelo proposto reflete as preferências deste específico decisor e que diferentes decisores podem levar a diferentes resultados do modelo. Outro detalhe importante é que geralmente os decisores, neste caso os agricultores, tem dificuldade em avaliar o *tradeoff* entre os critérios estabelecidos. Para lidar com esta dificuldade, o sistema FITradeoff sugere que primeiro seja levantada a ordem dos pesos dos critérios. Utilizando a abordagem tradicional do método de *tradeoff* (KEENEY, 1992; KEENEY E RAIFFA, 1976), a ordem dos critérios foi C_1 , C_2 , C_3 , C_4 e C_5 . A ilustração de como este processo foi realizado no sistema do FITradeoff é ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Processo de eliciação da ordem dos pesos dos critérios

If you must choose one alternative, and you could select ONE criterion to improve its performance to the maximum, which one would you choose? (If you feel indifferent between some criteria, please select them together)

Consequences:

Alternative Consequences:

Alternative	Criterion	Weight (Wi)	Benefit (Bi)
C1	Preço	40,09	57,59
C2	Distância	282	56
C3	Tempo de descarregamento	145	26
C4	Credibilidade	1	5
C5	Qualidade da estrada	2	4

Weight Criteria Order

Change to Pairwise Comparison

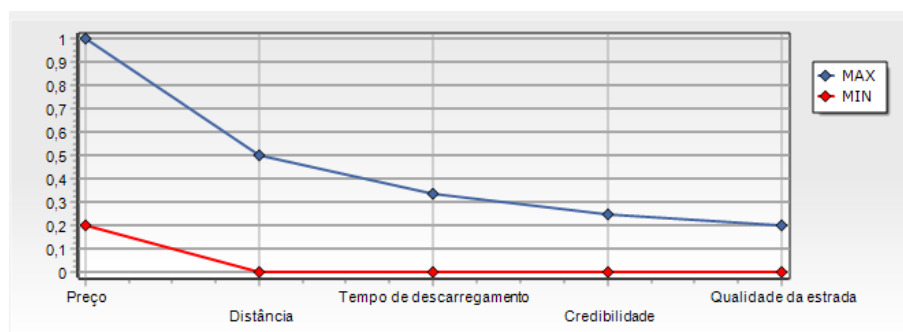
Note: Select the criteria to see the changes.

Chosen Order:

Step 2 (Flexible Elicitation)

Após restringir o espaço dos pesos com a definição da ordem dos pesos dos critérios, o sistema informa que apenas duas usinas permanecem como não dominadas, ou seja, nenhuma das seis usinas consideradas dominadas pode obter uma avaliação global superior a alguma das duas alternativas não dominadas. Como o espaço de alternativas sofreu uma significativa redução, isto pode levar a uma escolha mais facilitada devido ao fato que várias análises gráficas podem ser feitas para auxiliar o decisor no entendimento do problema e conseqüente escolha da melhor alternativa. O espaço de pesos após o processo de elicitação da ordem dos pesos dos critérios é mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Espaço de pesos após o processo de elicitação da ordem dos pesos dos critérios



O sistema FITradeoff informa os valores das máximas avaliações globais que podem ser obtidas pelas Usinas 2 e 4 e respectivos valores de pesos que chegariam a esta avaliação. A Usina 2 pode obter avaliação máxima de 1, considerando que ela é a melhor alternativa no critério preço e o peso do critério pode variar no intervalo entre 0,2 e 1 de acordo o espaço de

pesos definido. Por outro lado, a Usina 4 pode obter avaliação máxima de 0,8065. A Figura 3 e a Figura 4 ilustram um interessante comparativo entre as usinas potencialmente ótimas. Nestes gráficos, percebe-se que a Usina 2 leva vantagem nos três primeiros critérios mais importantes e a Usina 4 leva vantagem nos dois menos importantes, mostrando que o decisor pode já decidir qual a melhor alternativa com esta informação sem a necessidade informar os valores exatos dos pesos para uso do modelo aditivo, o que pode ser considerada uma flexibilidade positiva no processo decisório.

Figura 3 – Gráfico de barras após o processo de elicitação da ordem dos pesos dos critérios

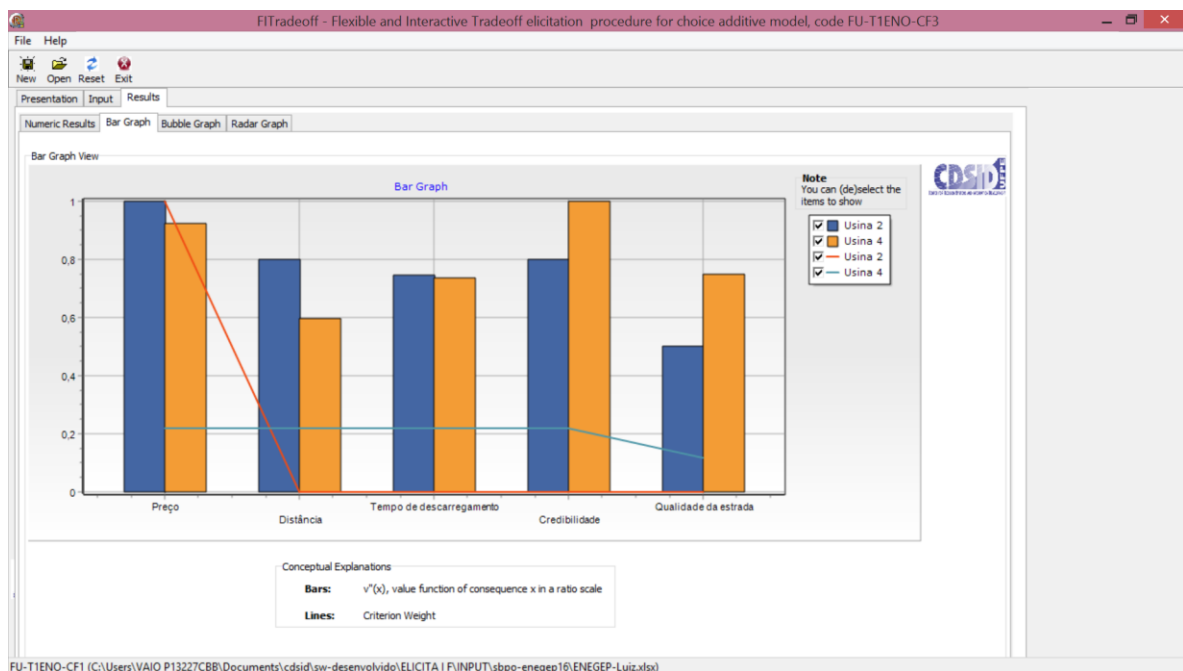
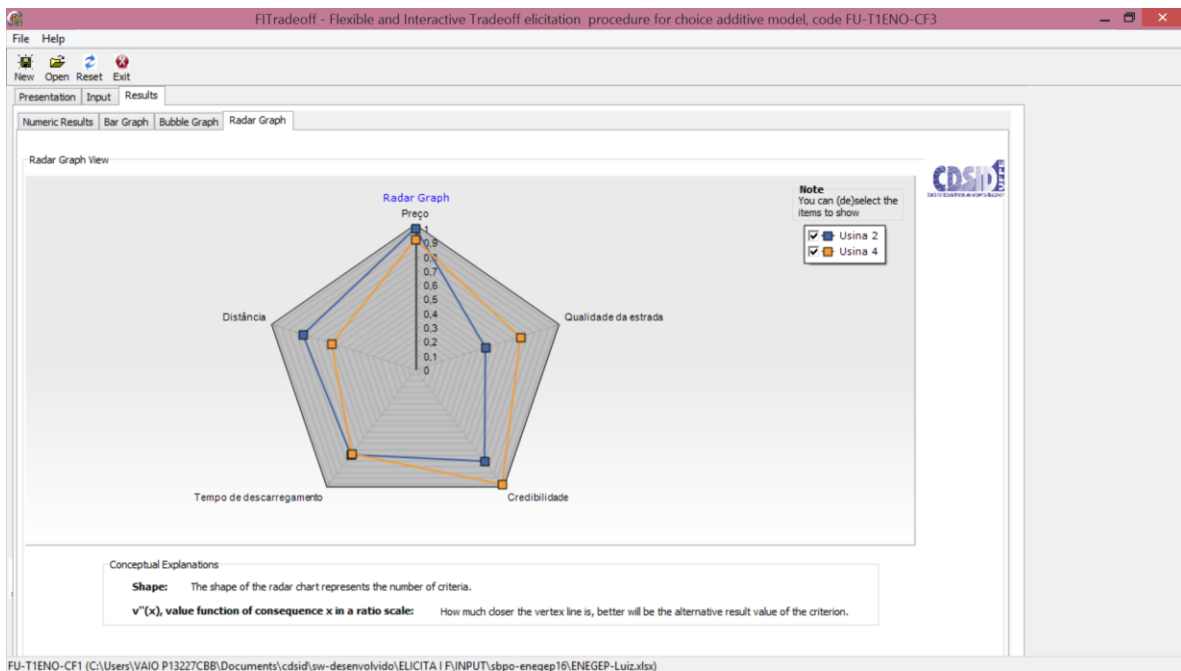
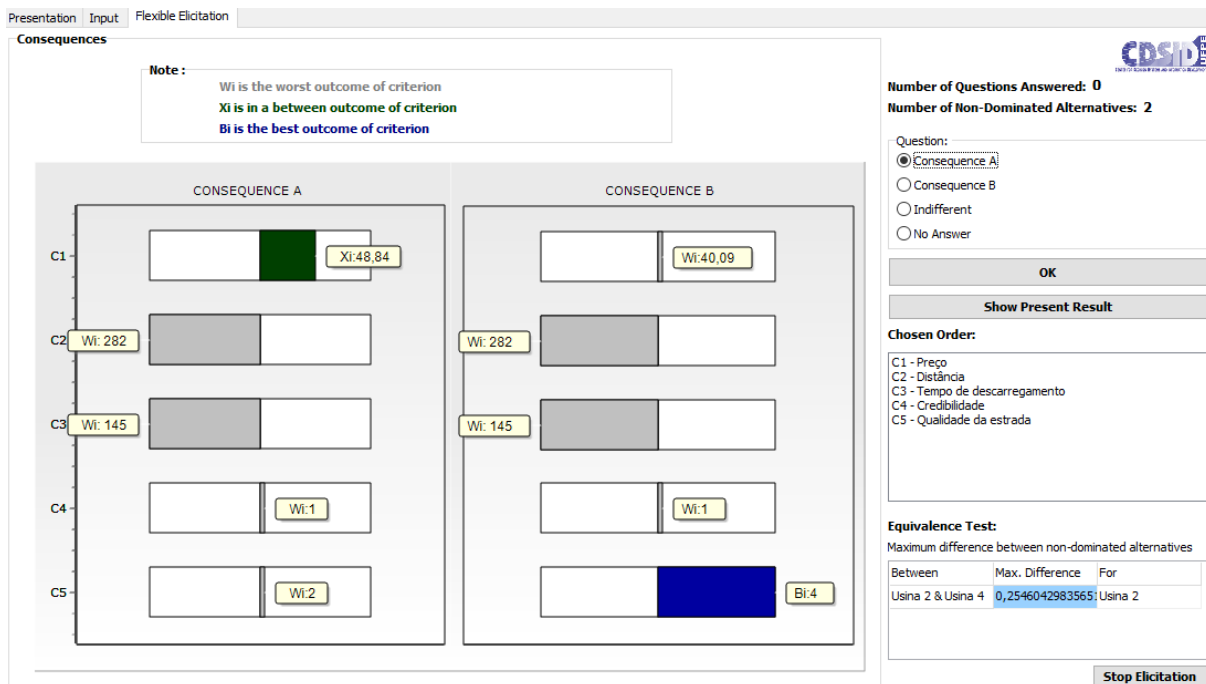


Figura 4 – Gráfico radar após o processo de elicitação da ordem dos pesos dos critérios



Caso o decisor não se sinta confortável para decidir entre as duas usinas com base nas informações apresentadas, ele pode seguir no processo de elicitación flexível conforme é ilustrado na Figura 5. Nesta etapa, uma pergunta considerando duas consequências, denominadas A e B, são apresentadas ao decisor. A consequência A é uma alternativa fictícia com um desempenho intermediário no critério preço e o pior desempenho nos demais critérios e a consequência B é outra alternativa fictícia com o melhor desempenho no critério qualidade das estradas. O decisor deve escolher qual das duas alternativas é a mais atrativa, mas ele também pode responder ser indiferente ou sem resposta. No canto inferior direito da tela é possível perceber que a Usina 2 pode obter uma vantagem de 0,25 em relação a Usina 4, que significa a máxima diferença de avaliação global que pode ser obtida entre as duas alternativas.

Figura 5 – Processo de elicitación flexível dos pesos dos critérios



Note:
 Wi is the worst outcome of criterion
 Xi is in a between outcome of criterion
 Bi is the best outcome of criterion

Criterion	Consequence A	Consequence B
C1	Xi: 48,84	Wi: 40,09
C2	Wi: 282	Wi: 282
C3	Wi: 145	Wi: 145
C4	Wi: 1	Wi: 1
C5	Wi: 2	Bi: 4

Control Panel:
 Number of Questions Answered: 0
 Number of Non-Dominated Alternatives: 2
 Question: Consequence A
 Consequence B
 Indifferent
 No Answer
 OK
 Show Present Result
 Chosen Order:
 C1 - Preço
 C2 - Distância
 C3 - Tempo de descarregamento
 C4 - Credibilidade
 C5 - Qualidade da estrada
 Equivalence Test:
 Maximum difference between non-dominated alternatives
 Between Max. Difference For
 Usina 2 & Usina 4 0,2546042983565 Usina 2
 Stop Elicitation

Ao responder a primeira pergunta do processo de elicitación flexível, informando que a consecuencia A é preferível a consecuencia B, o sistema já é capaz de encontrar a Usina 2 como a melhor alternativa para fornecimento de cana-de-açúcar. Diante desta aplicação é possível constatar a flexibilidade e interatividade do método FITradeoff. O método e o sistema permitiram exigir pouco esforço cognitivo do decisor para a escolha da Usina 2 como a melhor opção.

5. Conclusões

A proposta deste artigo foi desenvolver um modelo multicritério para apoiar agricultores produtores de cana-de-açúcar na escolha de uma usina sucroalcooleira para suprimento. O modelo proposto baseia-se em um modelo aditivo determinístico considerando cinco fatores fundamentais na escolha de uma usina. O método FITradeoff foi utilizado para uma elicitación flexível e interativa dos pesos dos critérios definidos.

Este tipo de abordagem é especialmente útil quando o decisor tem dificuldades para estimar os valores precisos dos pesos dos critérios. Com uma aplicação numérica, foi possível destacar a adequação e a praticidade do método FITradeoff, permitindo de uma forma simples e consistente extrair as preferências do decisor para resolução do problema de decisão em questão.

REFERÊNCIAS

DE ALMEIDA, A. T. **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. Editora Atlas, 2013.

DE ALMEIDA, A. T., DE ALMEIDA, J. A., COSTA, A. P. C. S. E ALMEIDA-FILHO, A. T. A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. **European Journal of Operational Research**, 250(1): 179-191, 2016.

KEENEY, R. L. *Value-Focused thinking: A path to creative decision making*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1992.

KEENEY, R. L., RAIFFA, H. *Decision making with multiple objectives, preferences, and value tradeoffs*. Wiley, New York, 1976.

SILVEIRA, S. K.; SICSU, A. B. Desempenho recente e perspectivas para o setor sucroalcooleiro de Pernambuco, **RAI: revista de administração e inovação, Brasil**, 5(1): 87-96, 2008

ZUQUETTE, G.; BOZUTTI, D. F. ; DA COSTA, M. A. B. Análise dos fatores críticos de sucesso na logística de abastecimento de empresas do setor sucroalcooleiro. 2015

RIBEIRO, A. C.; DE ATHAYDE K. R.; DE CASTRO, R. A. R. O Novo ciclo da agroindústria canavieira no Brasil: perspectivas de inserção do estado do Rio de Janeiro In:XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 2008, Rio de Janeiro . Anais do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008

PICANÇO FILHO, A. F.; MARIN, J. O. B.. Contratos de fornecimento de cana-de-açúcar: as assimetrias de poder entre os agentes. **Interações (Campo Grande)**, Campo Grande , v. 13, n. 2, p. 191-202, 2012 .

CEPEA. PIB Agro CEPEA-USP/CNA. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em 29 abr. 2016.

UNICA. Histórico de produção e moagem. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4>>. Acesso em 29 abr. 2016.