

GESTÃO DO INGRESSO À UNIVERSIDADE: UM ESTUDO DE CASO

MANAGEMENT OF ADMISSIONS TO UNIVERSITY: A CASE STUDY

Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes

Faculdades Ibmecc

Luis Alberto Duncan Rangel

Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda

Antonio de Araújo Freitas Júnior

Faculdades Ibmecc

RESUMO

Este artigo mostra como um método analítico de apoio à decisão pode ser utilizado numa situação tipicamente encontrada na gestão de universidades: a avaliação de candidatos aos seus cursos. O caso aqui relatado aborda a avaliação dos candidatos ao curso de engenharia de produção da Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro. A análise empregada no estudo fez uso do método multicritério UTA e de uma variante do mesmo que considera os pesos dos critérios de avaliação. Os dois métodos fizeram uso de critérios de avaliação tanto quantitativos como qualitativos, partindo de uma classificação *a priori* de um subconjunto ou do próprio conjunto de candidatos e da matriz de avaliação. Esses métodos, lidando simultaneamente com múltiplos critérios de avaliação, produziram resultados consistentes com a classificação global dos candidatos provida pelo exame vestibular tradicional.

ABSTRACT

This article shows how an analytical method for decision support can be used in the management of admissions to a university. The case study presented here relied on the application of the UTA multicriteria method as well as of a variant of such method that makes use of weights assigned to evaluation criteria. The study was conducted at the production engineering course of the Industrial Metallurgical Engineering School in Volta Redonda, in the State of Rio de Janeiro, Brazil. Both methods made use of quantitative and qualitative criteria, starting from an a priori rank of a subset or of the set of candidates itself and from an evaluation matrix. These two methods, dealing simultaneously with multiple evaluation criteria, led to results that were fully consistent with the global rank of candidates as provided by the traditional entrance examination.

PALAVRAS-CHAVE

Educação; Análise multicritério de decisão; Programação linear; Teoria da utilidade.

KEY WORDS

Education; Multicriteria decision analysis; Linear programming; Utility theory.

INTRODUÇÃO

A Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda (EEIMVR), com sede em Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro, e integrante da Universidade Federal Fluminense (UFF), foi criada apenas com o curso de engenharia metalúrgica em 1961. A EEIMVR, desde sua fundação, passou por três etapas distintas: Universidade Nacional do Trabalho, Escola Fluminense de Engenharia e, finalmente, Universidade Federal Fluminense. Visando a atender às necessidades da região sul-fluminense, que tem tido grande desenvolvimento nos últimos anos, dois novos cursos de engenharia foram recentemente criados na EEIMVR: o curso de engenharia mecânica e o de engenharia de produção.

No exame vestibular do curso de engenharia de produção da EEIMVR, quatro são os critérios de avaliação utilizados pela UFF para classificar os candidatos. O primeiro (C_1) diz respeito ao total de pontos da primeira fase do vestibular, englobando as disciplinas de português, língua estrangeira, matemática, física, química, biologia, história e geografia, com um peso de 7,69%; o segundo (C_2), terceiro (C_3) e quarto (C_4) critérios têm exatamente o mesmo peso de 30,77% cada um e referem-se à segunda etapa, composta das seguintes provas discursivas: redação, matemática e física.

Este artigo mostra, através de estudo de caso, como a aplicação de uma variante do método multicritério UTA leva a resultados

globais suficientemente próximos à ordenação final dos candidatos que prestaram concurso vestibular para ingressar no ano de 2001 no curso de engenharia de produção da EEIMVR. Embora o método UTA original não leve em consideração os pesos atribuídos aos critérios, sua variante aqui utilizada faz uso de tais pesos, uma vez que cada um dos quatro critérios do exame vestibular possui efetivamente um peso.

A proximidade da ordenação obtida foi possível com a introdução de novas restrições aos modelos matemáticos que descrevem o método UTA, representando uma faixa de variação da importância que cada critério pode ter, de acordo com as preferências dos decisores, de modo a obter funções de utilidades mais realistas. Portanto, o novo conjunto de soluções viáveis assim obtido expressa mais fielmente as preferências dos decisores, como pode ser visto através das funções de utilidades obtidas no exemplo implementado.

O ESTUDO DE CASO

As notas dos candidatos que prestaram vestibular para o curso de engenharia de produção da EEIMVR foram fornecidas pela Coordenadoria de Seleção Acadêmica da Pró-Reitoria de Assuntos Acadêmicos da UFF. Neste estudo, a UFF é o decisor e os agentes de decisão são professores universitários experientes consultados, já tendo trabalhado em avaliações de candidatos em diversos concursos.

O exame vestibular para aquele curso compõe-se de duas etapas. Numa primeira etapa, os candidatos fazem provas de múltipla escolha de português, língua estrangeira, matemática, física, química, biologia, história e geografia. Numa segunda etapa, os candidatos fazem provas discursivas de física e de matemática, além de uma redação. Assim, têm-se os critérios apresentados na Tabela 1.

Os pesos normalizados dos critérios C_1 , C_2 , C_3 e C_4 foram 7,69%, 30,77%, 30,77% e 30,77%, respectivamente. Esses pesos, considerados na variante do método UTA empregada no estudo de caso, são os mesmos que se utilizam na ordenação final dos candidatos no exame vestibular.

Para se empregar o método UTA, necessita-se da ordenação de um subconjunto, denominado conjunto de referência, das alternativas que, no presente estudo de caso, foram os candidatos ao curso de engenharia de produção da EEMVR da UFF. Deve-se inicialmente selecionar as alternativas com o melhor e o pior desempenho em cada critério, de modo a identificar a faixa dos desempenhos de cada critério. A partir da lista de candidatos ao referido curso, as alternativas selecionadas foram: A174, com o melhor desempenho no critério C_1 ; A105, com o melhor desempenho no critério C_2 ; A148, com o melhor desempenho no critério C_3 ; A140, com o melhor desempenho no critério C_4 ; e A179, como o pior desempenho em todos os critérios.

Os outros candidatos selecionados para comporem o conjunto de referência (neste estudo de caso, os agentes de decisão adotaram um conjunto de 12 elementos, que estão numa faixa de 5% a 10% do conjunto original, composto de 184 elementos) foram obtidos empregando um gerador de variáveis aleatórias (a função "aleatório" do *software* Excel). Selecionaram-se assim, mais sete candidatos: A17, A68, A77, A89, A106, A111 e A157, completando-se dessa maneira o conjunto de referência. A Tabela 2 apresenta o desempenho dos candidatos desse conjunto. A última coluna da tabela representa a ordenação final de cada candidato no exame vestibular fornecido pela UFF.

Identificados assim os candidatos do conjunto de referência, bem como os critérios de avaliação e as notas daqueles com relação aos critérios, tem-se formada a denominada matriz de candidatos *versus* critérios, apresentada na Tabela 2. Dessa forma, pode-se em seguida começar a aplicar o método UTA original [2]. Para isso, no entanto, necessita-se ainda de uma ordenação do conjunto de referência que, neste estudo de caso, foi a própria ordenação final obtida pelos candidatos no exame vestibular. A Tabela 3, que constitui mera arrumação dos dados já incluídos na Tabela 2, apresenta os candidatos ordenados de acordo com seus respectivos desempenhos finais.

TABELA 1 - Critérios de avaliação dos candidatos

C_1	Número de respostas certas da primeira etapa
C_2	Nota da redação da segunda etapa
C_3	Nota da prova de matemática da segunda etapa
C_4	Nota da prova de física da segunda etapa

TABELA 2 - Matriz de candidatos versus critérios

Candidatos	Critérios				Ordenação final no exame vestibular
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
A17	49	3,5	0,3	1,3	128
A68	59	4,5	3,9	4,8	43
A77	54	4,5	1,8	0,5	102
A89	42	1,0	1,7	2,4	136
A105	73	9,0	4,7	5,8	6
A106	63	5,5	0,8	3,3	60
A111	53	7,5	0,9	1,3	79
A140	82	5,0	4,8	8,7	5
A148	83	6,0	7,0	7,5	2
A157	68	7,5	3,4	6,5	16
A174	85	6,5	6,7	7,7	1
A179	41	0,0	0,0	0,0	184

TABELA 3 - Ordenação das alternativas

Candidatos	Critérios				Ordenação do conjunto de referência
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
A174	85	6,5	6,7	7,7	1
A148	83	6	7	7,5	2
A140	82	5	4,8	8,7	5
A105	73	9	4,7	5,8	6
A157	68	7,5	3,4	6,5	16
A68	59	4,5	3,9	4,8	43
A106	63	5,5	0,8	3,3	60
A111	53	7,5	0,9	1,3	79
A77	54	4,5	1,8	0,5	102
A17	49	3,5	0,3	1,3	128
A89	42	1	1,7	2,4	136
A179	41	0	0	0	184

A ordenação das alternativas representa a primeira restrição no problema de programação linear embutido na formulação do método UTA [2]. Essa restrição indica que a alternativa A174 é preferível à alternativa A148, que a alternativa A148 é preferível à alternativa A140 e assim sucessivamente. Por considerar a transitividade entre as alternativas, não há necessidade de analisar relações entre alternativas não sucessivas, tais como A174 com A140, nem A174 com A68. As outras restrições são monotonicidade dos critérios, somatório dos valores extremos máximos de cada critério igual à unidade e que os valores mínimos de cada critério sejam iguais a zero. A última restrição do problema de programação linear (PL) diz respeito à não negatividade das variáveis.

Apresentam-se na Tabela 4 os valores dos limites inferiores (g_{i*}) e superiores (g_i^*) de cada critério, o número de pontos (α_i) que irão descrever cada critério e o parâmetro (s_i) que indica uma folga de dois pontos consecutivos da função de utilidade que descreve o critério. Os dois últimos parâmetros são definidos pelos agentes de decisão.

Outro parâmetro desse método é o δ , empregado nos modelos matemáticos do método UTA, cujo valor no estudo de caso fez-se igual a 0,01. Esse valor foi definido pelos agentes de decisão e pertence ao intervalo sugerido pelos autores do método UTA,

conforme o número de classes Q consideradas no problema abordado. O valor de δ sugerido pelos agentes de decisão está no intervalo [0,0083;0,0833]. Neste estudo, cada alternativa foi considerada como uma classe – como o conjunto de referência possui 12 elementos, 12 é o número de classes consideradas neste estudo. A descrição apresentada indica que não existe relação de indiferença entre as alternativas, pois somente foram consideradas relações de preferência entre as alternativas presentes na análise.

Para resolver os problemas de programação linear dos dois métodos analíticos utilizados no estudo de caso, empregou-se o *software* Lindo. Na primeira análise feita, implementou-se o método UTA original proposto por JACQUET-LAGRÈZE e SISKOS em 1982 [1]. Na função objetiva do PL1 busca-se determinar o somatório do valor do erro associado ao valor global de cada alternativa, de modo a obter a mesma ordenação, *a priori*, sugerida pelo decisor. Após sua implementação, o valor da função objetiva calculada foi igual a zero, isto é, não houve necessidade de atribuir nenhum valor diferente de zero a essas variáveis adicionadas às utilidades das alternativas. Quando o valor da função objetiva é zero, isso indica que o modelo conseguiu reproduzir a ordenação das alternativas proposta pelo decisor, podendo dar continuidade ao estudo sem necessitar de uma reanálise da ordenação das alternativas.

TABELA 4 - Dados para implementação do método UTA

Critério	g_{i*}	g_i^*	α_i	s_i
C_1	41	85	8	0
C_2	0	9	8	0
C_3	0	6,7	8	0
C_4	0	8,7	8	0

TABELA 5 - Resultados dos problemas de programação linear do método UTA, sem considerar e considerando os pesos dos critérios

Critérios	Variáveis	Sem considerar os pesos dos critérios		Considerando os pesos dos critérios	
		PL1 (F*=0)	Análise de pós-otimização	PL1 (F*=0)	Análise de pós-otimização
C ₁	U1G1	0,000	0,000	0,000	0,000
	U1G2	0,000	0,014	0,000	0,000
	U1G3	0,000	0,016	0,000	0,000
	U1G4	0,000	0,025	0,000	0,012
	U1G5	0,000	0,025	0,000	0,012
	U1G6	0,000	0,038	0,000	0,012
	U1G7	0,000	0,067	0,000	0,012
	U1G8	0,880	0,519	0,097	0,087
	U2G1	0,000	0,000	0,000	0,000
C ₂	U2G2	0,000	0,116	0,000	0,003
	U2G3	0,000	0,117	0,072	0,003
	U2G4	0,021	0,125	0,128	0,062
	U2G5	0,035	0,129	0,128	0,067
	U2G6	0,035	0,135	0,295	0,093
	U2G7	0,035	0,135	0,295	0,095
	U2G8	0,048	0,194	0,295	0,312
	U3G1	0,000	0,000	0,000	0,000
	C ₃	U3G2	0,000	0,001	0,000
U3G3		0,000	0,001	0,000	0,018
U3G4		0,000	0,002	0,000	0,025
U3G5		0,000	0,003	0,051	0,029
U3G6		0,000	0,004	0,051	0,029
U3G7		0,000	0,066	0,280	0,271
U3G8		0,000	0,073	0,280	0,292
U4G1		0,000	0,000	0,000	0,000

(continua)

TABELA 5 - Resultados dos problemas de programação linear do método UTA, sem considerar e considerando os pesos dos critérios (conclusão)

Critérios	Variáveis	Sem considerar os pesos dos critérios		Considerando os pesos dos critérios	
		PL1 (F*=0)	Análise de pós-otimização	PL1 (F*=0)	Análise de pós-otimização
C ₄	U4G2	0,004	0,001	0,000	0,000
	U4G3	0,010	0,003	0,116	0,020
	U4G4	0,060	0,020	0,147	0,022
	U4G5	0,060	0,132	0,147	0,029
	U4G6	0,060	0,132	0,147	0,029
	U4G7	0,072	0,207	0,147	0,029
	U4G8	0,072	0,214	0,328	0,310

Os valores obtidos pelas variáveis através do PL1, apresentados na terceira coluna da Tabela 5, não constituem ainda a solução pelo método UTA. Foi necessário fazer uma análise de pós-otimização, o que permitiu determinar outras soluções ótimas que representam adequadamente as preferências dos agentes de decisão. Faz-se a análise de pós-otimização calculando-se os limites inferiores e superiores do valor extremo máximo de cada critério e, dessa maneira, os valores de todas as variáveis. Obtém-se a melhor solução pelo cômputo da média das variáveis.

Efetou-se a análise de pós-otimização através dos PL2 e PL3. Estes possuíam o mesmo número de variáveis do PL1, porém ambos tinham mais uma restrição, com $F^* + k(F^*)$ apresentando uma folga no entorno da solução ótima. Considerou-se o valor adotado para $F^* + k(F^*)$ na análise igual a 0,05. Implementaram-se oito problemas de programação linear, quatro PL2 e quatro PL3, a fim de se

determinar os valores das funções de utilidades dos critérios, valores apresentados na quarta coluna da Tabela 5.

Na segunda análise feita, resolveu-se a variante do método UTA que levou em conta os pesos atribuídos aos critérios através dos PL1', PL2' e PL3'. Para isso, consideraram-se as mesmas restrições dos PL1, PL2 e PL3, além das restrições aos pesos dos critérios. Nessa análise, o valor da função objetivo do PL1' também foi igual a zero, indicando que o modelo conseguiu obter a mesma ordenação sugerida pelo decisor. Apresentam-se os resultados de tal variante também na Tabela 5, na quinta coluna (os valores das variáveis para $F^* = 0$) e na sexta coluna (análise de pós-otimização).

A Figura 1 apresenta as funções de utilidade dos critérios C1, C2, C3 e C4 a partir da análise de pós-otimização, para duas situações distintas: sem considerar e considerando os pesos dos critérios.

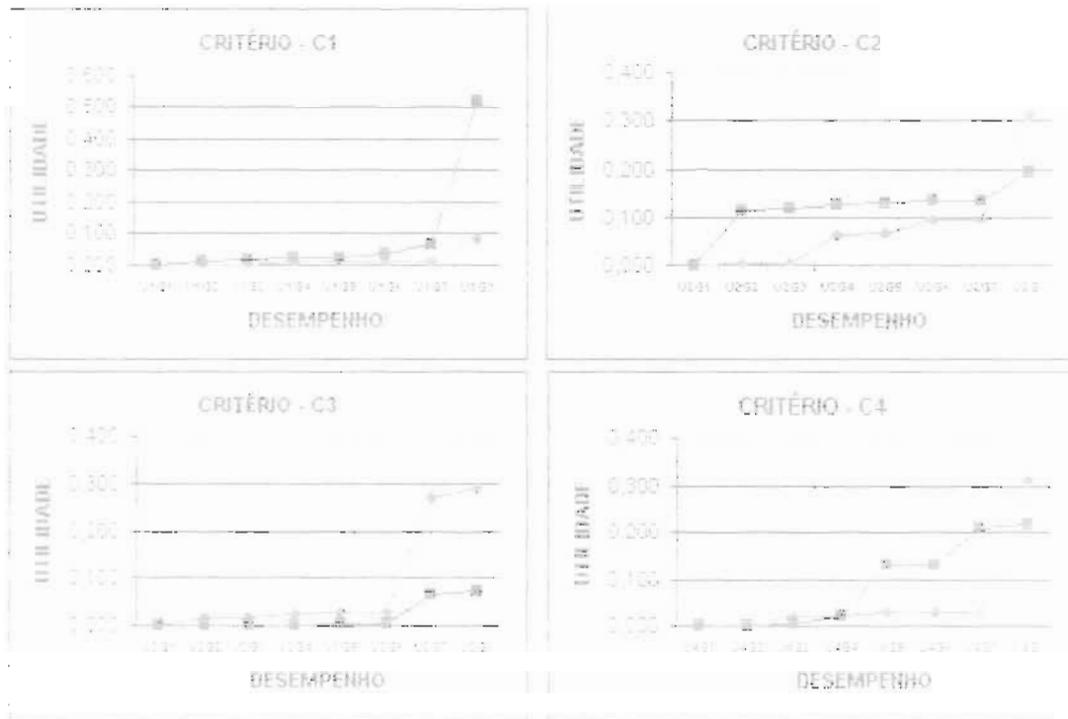


Figura 1 - Funções de utilidade dos critérios - C_1 , C_2 , C_3 e C_4 da análise de pós-otimização, sem considerar (—) e considerando (- - -) os pesos dos critérios.

CONCLUSÃO

Empregaram-se dois métodos analíticos de apoio à decisão no estudo de caso relatado no presente artigo: o método UTA, na sua formulação original, sem levar em conta os pesos atribuídos aos critérios pelo decisor e uma variante do referido método, em que se consideraram os pesos dos critérios.

Os valores médios obtidos por cada variável na análise de pós-otimização, o que consiste no resultado do método UTA, são apresentados na Tabela 5. Na coluna 4 dessa tabela são mostrados os resultados das implementações, em que não se consideraram os pesos (método UTA original) e na coluna 6, em que foram considerados os pesos dos critérios (variante do método UTA).

O valor máximo do critério C_1 obtido na implementação do método UTA original foi de 0,519, segundo a variante desse método foi de 0,087. Vê-se que o método UTA original

atribuiu grande importância ao critério C_1 , em relação à preferência do decisor, que era de 0,0769. Por outro lado, o valor obtido pela variante do método está próximo a esse valor. Em relação aos outros critérios presentes na análise, o método UTA original atribuiu-lhes pouca importância, os valores máximos de C_2 , C_3 e C_4 foram de 0,194, 0,073 e 0,214 respectivamente e o decisor atribuiu a todos eles o mesmo valor de 0,3077. Já a variante do método determinou para os critérios C_2 , C_3 e C_4 os seguintes valores: 0,312, 0,292 e 0,310 respectivamente, que estão bem próximos dos valores atribuídos pelo decisor.

Verifica-se, através da comparação dos gráficos gerados pelos dois métodos analíticos, que as funções de utilidades dos critérios geradas pelos cálculos daqueles apresentam formas diferentes, apesar de ambos os métodos fornecerem a mesma ordenação do conjunto de referência dada pelo decisor ($F = 0$ tanto na implementação do PL1 como

de PL1'). Isso ocorre porque o modelo matemático que representa o método UTA apresenta solução degenerada, isto é, inúmeras soluções conseguem representar perfeitamente a ordenação sugerida pelo decisor.

Portanto, as funções de utilidades obtidas pela variante do método UTA, considerando os pesos dos critérios, são mais coerentes com as preferências do decisor, uma vez que este reflete-se no modelo através de duas restrições para cada critério. A inclusão de novas restrições ao modelo matemático que descreve o método UTA reduz o conjunto de soluções viáveis do problema, ao mesmo tempo em que busca soluções mais próximas das preferências do decisor. ➤

Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes, PhD

Professor titular, Faculdades Ibmec
Av. Rio Branco, 108 / 5º andar
20040-001, Rio de Janeiro, RJ
E-mail: autran@ibmecrj.br

Luis Alberto Duncan Rangel, MSc

Professor assistente, Escola de Engenharia
Industrial Metalúrgica de Volta Redonda
Av. dos Trabalhadores, 420, Vila Sta. Cecília
27255-125, Volta Redonda, RJ
E-mail: duncanuff@hotmail.com

Antonio de Araújo Freitas Júnior, PhD

Professor titular, Faculdades Ibmec
Av. Rio Branco, 108 / 5º andar
20040-001, Rio de Janeiro, RJ
E-mail: afreotas@ibmecrj.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBA-ROMERO, S.C., POMEROL, J.C. *Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos y utilización práctica*. Madrid: Universidade de Alcalá, 1997.
- JACQUET-LAGRÈZE, E., SISKOS, J. Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making the UTA method. *European Journal of Operational Research*, 10, 1982, p. 151-164.