

UTILIZAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO POR METAS COMO AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO EM TRANSPORTES

Aline de Pinho Uliana
Gregório Coelho de Moraes Neto
Universidade Federal do Espírito Santo

RESUMO

Este artigo apresenta uma síntese da utilização da Programação por Metas, que permite o tratamento de problemas com vários objetivos, conflitantes e/ou incomensuráveis, e tem grande aplicabilidade nos processos de tomada de decisão. Inicialmente, faz uma abordagem conceitual do método e da sua formulação matemática, e em seguida apresenta os resultados de uma revisão bibliográfica de suas aplicações na área de transportes no período de 1985 a 2009. Os principais aspectos observados foram a finalidade de uso, a formulação e priorização das metas, o modal de transporte e o programa computacional utilizado. Os resultados evidenciam que a Programação por Metas permanece em pleno desenvolvimento e tem aplicação em diversas áreas, entre elas a de transportes.

ABSTRACT

This article presents a synthesis of the use of Goal Programming, which allows the treatment of problems with several conflicting and/or incommensurable objectives, and has great applicability in decision making processes. Initially, it makes a conceptual approach of the method and its mathematic formulation, and then it presents the results of a bibliographic revision of its applications in the transports sector from 1985 to 2009. The main observed aspects were the purpose of its use, the formulation and prioritization of goals, the transport modal and the computer software used. The results show that the Goal Programming remains under full development and has its applications in diverse areas, among them the transport sector.

1. INTRODUÇÃO

Devido à importância dos transportes para economia, uma grande quantidade de métodos tem sido utilizada para auxiliar o processo de tomada de decisões em transportes. Em diversas situações, o decisor de transportes, diante da complexidade dos problemas existentes, pode se ver diante de situações em que seja necessário considerar um conjunto de objetivos a serem alcançados, alguns conflitantes e até mesmo incomensuráveis. A tomada de decisão com objetivos múltiplos é um campo do conhecimento humano que trata desses tipos de problemas.

Segundo Jones (2004), a programação com objetivos múltiplos tem sua origem em 1961 com os trabalhos de Charnes e Cooper, que buscavam uma forma de resolver problemas de programação linear que se apresentavam inviáveis devido a conflitos existentes em suas equações de restrição. Como resultado de pesquisas neste campo, foram desenvolvidos e aprimorados modelos para diversos tipos de programação multicritério, ou de Programação com Objetivos Múltiplos.

A Programação por Metas, ou *Goal Programming*, é tradicionalmente vista como uma extensão da programação linear que permite estabelecer objetivos múltiplos, expressos como metas a serem atingidas. Uma importante característica da Programação por Metas é a de permitir a minimização de desvios em relação às suas metas, segundo prioridades previamente estabelecidas (Lee, Kang e Chang, 2008).

Neste contexto, a tomada de decisão pelo método de Programação por Metas tem se mostrado como uma alternativa interessante para a solução de problemas de transportes com vários objetivos, mesmo conflitantes e/ou incomensuráveis, ou seja, com unidades de medidas

diferentes. O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados de uma revisão bibliográfica de trabalhos que utilizam esta alternativa de análise multicritério como auxílio à tomada de decisão em diversos setores e, em particular, no setor de transportes.

2. TOMADA DE DECISÃO COM OBJETIVOS MÚLTIPLOS

Segundo Gomes (2006), decisão é um processo que leva, direta ou indiretamente, à escolha de ao menos uma dentre diferentes alternativas candidatas a resolver determinado problema. Em situações em que a pressão do tempo é grande, recorre-se com facilidade para modelos muito simples, em que apenas um dos critérios de decisão assume particular relevância. Contudo, cada vez mais os tomadores de decisão são forçados a considerar uma grande variedade de critérios para avaliação das diferentes alternativas que lhe são oferecidas, como por exemplo, atendimento a prazos, minimização de custos e riscos, maximização do lucro, atendimento aos deveres e responsabilidades com a sociedade e governo.

A tomada de decisão com objetivos múltiplos tem como principal meta auxiliar o decisor a articular suas preferências em presença de ambigüidades, conflitos e incertezas, tornando sua decisão mais coerente com seus interesses (Maranhão, 2006). Nos últimos 40 anos houve uma transformação no desenvolvimento de novas metodologias para auxiliar o processo de tomada de decisão, especialmente no desenvolvimento de procedimentos de programação multicritério para tomada de decisão (Aouni e Kettani, 2001).

Dentre os vários métodos de tomada de decisão com objetivos múltiplos, a Programação por Metas tem sido bastante utilizada e se tornou objeto de estudo em diversas pesquisas, por permitir diferentes abordagens (Ertuğrul, 2007). É considerada por Aouni e Kettani (2001) o modelo mais conhecido de programação multicritério com crescente utilização, dada a ampla rede de pesquisadores e usuários continuamente evoluindo em seu desenvolvimento teórico e em suas aplicações, todas bem sucedidas.

3. A PROGRAMAÇÃO POR METAS – *GOAL PROGRAMMING (GP)*

Alguns conceitos são fundamentais para a compreensão do modelo de Programação por Metas (Moraes Neto, 1988):

- Objetivo: expressão que reflete o desejo do decisor, como maximização de lucro, minimização de custos, etc.;
- Nível de aspiração: valor associado ao nível de atingimento de um objetivo que se deseja alcançar;
- Meta: equação formada pela associação entre objetivo e nível de aspiração;
- Desvio da meta: é a diferença que poderá ocorrer entre o nível de atingimento alcançado para uma meta e o nível de atingimento inicialmente desejado. Portanto, podem existir desvios positivos (quando a meta é superada) ou negativos (quando a meta não é atingida).

Dentre os tipos de classificação da Programação por Metas, Jones (2004) e Mirrazzavi, Jones e Tamiz (2001) destacam:

- Programação por Metas Ponderadas (ou *Weighted Goal Programming*): para cada desvio associado às metas é estabelecido um peso em função da importância relativa dada pelo decisor à meta. Para meta menos importante, cuja minimização de seus desvios é irrelevante, deve-se atribuir para o peso um valor zero ou próximo de zero; caso contrário, deve-se atribuir um valor mais alto. Todas as metas ponderadas são

consideradas simultaneamente. Para objetivos incomensuráveis, é possível estabelecer desvios percentuais para possibilitar a soma direta dos valores ponderados na função execução;

- Programação por Metas Lexicográficas (ou *Pre-Emptive Goal Programming*): minimização seqüencial dos desvios previamente ordenados e priorizados. Os desvios das metas com maior prioridade são minimizados ao máximo, para posteriormente serem considerados os desvios seguintes. Este método é utilizado quando o processo de tomada de decisão possui uma ordenação natural dos objetivos e na qual prevalece a comparação relativa entre eles.

A formulação geral do modelo de Programação por Metas compreende as seguintes etapas (Ramos, 1995):

- Formulação dos objetivos: definidos de acordo com os desejos do decisor e formulados em expressões matemáticas que relacionem as variáveis de decisão. Devem ser selecionados de forma a eliminar aqueles que forem redundantes;
- Transformação dos objetivos em metas: para cada um dos objetivos deve ser estabelecido um nível de aspiração a ser incluído no membro direito da equação correspondente à meta, juntamente com as variáveis de desvios a serem incluídas no membro esquerdo;
- Priorização das metas: para Programação por Metas Ponderadas devem ser estabelecidos pesos para os desvios das metas, em função da importância de cada meta. Para Programação por Metas Lexicográficas, deve ser definida uma ordem de importância das metas para que as com menores prioridades só sejam consideradas após o atingimento das metas de maiores níveis de prioridade;
- Formação da função execução: a solução da Programação por Metas é obtida através da minimização dos valores das variáveis de desvio das metas.

Cabe ressaltar que o sucesso da modelagem pela Programação por Metas depende da acuidade e experiência do decisor no estabelecimento das metas, critérios e restrições (Perçin, 2006; El-Wahed e Leeb, 2006; Wey e Wu, 2007).

Para facilitar o entendimento da formulação da Programação por Metas, Morais Neto (1988) propõe uma comparação com o modelo da Programação Linear. A formulação padrão da Programação Linear visa encontrar $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, tal que maximize ou minimize a Função Objetivo:

$$Z = \sum_{j=1}^j d_j \cdot x_j \quad (1)$$

Sujeita às restrições:

$$\sum_{j=1}^j c_{ij} \cdot x_j \stackrel{\geq}{\leq} b_i, \text{ para todo } i, j \quad (2)$$

com:

$$x_j \geq 0$$

onde:

$$i = 1, 2, \dots, I;$$

$j = 1, 2, \dots, J$;
 d_j : coeficiente da variável de decisão x_j na função objetivo;
 c_{ij} : coeficiente da variável de decisão x_j na restrição i ;
 b_i : membro direito da restrição i .

Na Programação Linear, a solução ótima só será viável se todas as restrições forem cumpridas.

Já a formulação da Programação por Metas visa encontrar $x = (x_1, x_2, \dots, x_j)$ tal que minimize a Função Execução:

$$a = \{ g_1(n_i, p_i), g_2(n_i, p_i), \dots, g_k(n_i, p_i) \} \quad (3)$$

e tal que:

$$\sum_{j=1}^J c_{ij} \cdot x_j + n_i - p_i \equiv b_i, \text{ para todo } i, j \quad (4)$$

com:

$$x_i, n_i, p_i \geq 0$$

onde:

$i = 1, 2, \dots, I$;
 $j = 1, 2, \dots, J$;
 $g_k(n_i, p_i)$: função linear das variáveis de desvio no nível de prioridade k ;
 x_j : variável de decisão j ;
 n_i, p_i : variáveis de desvio, negativo e positivo da meta i ;
 c_{ij} : coeficiente da variável de decisão x_j na meta i ;
 b_i : nível de aspiração da meta i .

O conceito de programação por metas é bastante semelhante ao conceito tradicional de programação matemática, linear ou não-linear. Entretanto, no conceito tradicional, os modelos são desenvolvidos considerando apenas um objetivo a ser minimizado ou maximizado, e já na técnica de programação por metas é possível estabelecer diversas metas a serem atingidas, segundo prioridades estabelecidas (Cunha e Caixeta Filho, 2002).

Ahern e Anandarajah (2007) ressaltam que as maiores limitações da Programação Linear são a otimização de um único objetivo e utilização de restrições rígidas. Por exemplo, se há uma restrição de que o volume transportado deve ser maior que um determinado valor, mesmo pequenos desvios negativos não são permitidos na Programação Linear. Segundo Ragsdale (2004), diversos problemas de decisão gerenciais podem ser modelados com maior acuidade utilizando metas ao invés de restrições. Geralmente estes problemas não possuem uma função objetivo explícita a ser minimizada ou maximizada, e sim metas que podem incluir variáveis flexíveis e restrições.

A Programação por Metas permite utilização tanto de variáveis rígidas quanto flexíveis, através do estabelecimento de níveis de desvios com relação às metas. Em seus trabalhos, Lee (1972) e Ignizio (1985) já ressaltavam esta limitação da Programação Linear em não permitir trabalhar com objetivos múltiplos e variáveis flexíveis.

4. APLICAÇÕES DA PROGRAMAÇÃO POR METAS

Como referência mais recente de aplicações gerais, cabe ressaltar o trabalho de Jones (2004),

que analisa a aplicação da Programação por Metas entre 1990 e 2000, através de artigos publicados em periódicos de referência contendo descrição, modificação ou avanços relacionados ao método. Os artigos foram classificados por Jones (2004) em 16 campos de aplicação, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Aplicações da Programação por Metas entre 1990 e 2000

Campo de aplicação	Nº artigos por campo	%
Gerenciamento acadêmico	4	1,5%
Gerenciamento agrícola	20	7,5%
Planejamento da demanda de suprimentos	9	3,4%
Planejamento e produção energética	18	6,8%
Engenharias	19	7,2%
Gestão ambiental e de resíduos	14	5,3%
Finanças	5	1,9%
Planejamento em saúde	5	1,9%
Tecnologia da informação e computação	10	3,8%
Planejamento estratégico e gerencial	15	5,7%
Planejamento militar	4	1,5%
Gerenciamento de recursos naturais	26	9,8%
Planejamento da produção	27	10,2%
Planejamento sócio-econômico	7	2,6%
Desenvolvimento teórico	71	26,8%
Transportes e distribuição	11	4,2%
Total	265	100,0%

Fonte: Jones (2004)

Como o autor classificou cada artigo em apenas uma categoria, observou-se que alguns deles poderiam também ter sido classificados como aplicação no setor de transportes. Por isso, foi feita uma nova análise dos artigos, visando identificar os que estão também relacionados a Transportes, e constatou-se que o percentual de aplicação da Programação por Metas aumenta de 4,2% para 12,8%, conforme consta da Tabela 2, que foi elaborada a partir do artigo de Jones (2004).

Tabela 2: Aplicações da Programação por Metas em Transportes entre 1990 e 2000

Campo de aplicação	Nº artigos em Transportes	%
Gerenciamento agrícola	1	0,4%
Planejamento da demanda de suprimentos	2	0,8%
Planejamento e produção energética	6	2,3%
Engenharias	1	0,4%
Gestão ambiental e de resíduos	2	0,8%
Planejamento estratégico e gerencial	1	0,4%
Gerenciamento de recursos naturais	3	1,1%
Planejamento da produção	6	2,3%
Planejamento sócio-econômico	1	0,4%
Transportes e distribuição	11	4,2%
Total	34	12,8%

Jones (2004) conclui, através de sua pesquisa, que a Programação por Metas ainda está sendo bastante utilizada em diversos campos, tanto em desenvolvimento teórico quanto em aplicações práticas. Afirmar ainda que o percentual de 26,5% de artigos classificados como em

“desenvolvimento teórico” mostra-se adequado para uma disciplina que está muito bem estabelecida, mas ainda sendo adaptada e refinada.

4.1 Aplicações em Transportes

Visando a análise da aplicação da Programação por Metas na área de Transportes, foi realizada uma revisão bibliográfica de trabalhos (artigos, dissertações e teses) publicados em periódicos nacionais e internacionais, selecionados através do portal da CAPES e de instituições de ensino nacionais conceituadas, no período de 1985 a 2009.

A Tabela 3 sintetiza os trabalhos analisados, discriminando o ano, o autor, a finalidade de uso, o método de priorização das metas e o modal de transporte. Observa-se que a maior parte dos trabalhos se refere ao modal rodoviário, representando 58,3% do total analisado, enquanto 16,7% correspondem ao modal ferroviário, 20,8% ao multimodal e os restantes 4,2% ao marítimo.

Tabela 3: Aplicações da Programação por Metas em Transportes

Ano	Autor	Finalidade	Método	Modal
2009	Chang, Wey e Tseng	Seleção de projetos de revitalização ferroviária	Ponderada	Ferroviário
2009	Ho e Emrouznejad	Rede de distribuição logística	Ponderada	Multimodal
2008	Vansteenwegen	Planejamento de transporte público e turístico	Ponderada	Ferroviário
2008	Tsai, You e Lin	Escolha de canal de distribuição na indústria do aço	Lexicográfica	Multimodal
2008	Selim e Ozkarahan	Planejamento de depósitos e fábricas	Ponderada	Rodoviário
2008	Pati, Vrat e Kumar	Sistema de distribuição de papel reciclado	Lexicográfica	Rodoviário
2007	Dajie	Alocação estática de vagões	Ponderada	Ferroviário
2007	Leung	Distribuição de viagens em engenharia de tráfego	Ponderada	Rodoviário
2007	Wey e Wu	Alocação de recursos de transporte	Ponderada	Multimodal
2007	Ahern e Anandarajah	Priorização de investimentos ferroviários	Ponderada	Ferroviário
2007	Calvete	Roteirização de veículos	Ponderada	Rodoviário
2006	Perçin	Seleção de fornecedores	Lexicográfica	Rodoviário
2005	Costa, Souza e Pinto	Alocação estática de caminhões	Ponderada	Rodoviário
2003	Çebi e Bayraktar	Seleção de fornecedores	Lexicográfica	Rodoviário
2002	Cunha e Caixeta Filho	Gerenciamento de coleta de resíduos	Lexicográfica	Rodoviário
2000	Duff-Ridell	Projetos de redes de transportes	Ponderada	Rodoviário
1995	Ramos	Terminais marítimos petroleiros	Lexicográfica	Marítimo
1995	Niemeier et al.	Seleção de projetos de transportes	Ponderada	Multimodal
1994	Chalam	Atendimento a demandas de transporte	Ponderada	Rodoviário
1992	Brauer e Naadimuthu	Planejamento de centros de distribuição	Lexicográfica	Rodoviário
1991	Min	Análise intermodal de transporte internacional	Ponderada	Multimodal
1988	Morais Neto	Alocação de fluxo de cargas militares	Lexicográfica	Rodoviário
1987	Sinha e Sastry	Planejamento de localização de infra-estruturas	Lexicográfica	Rodoviário
1985	Kwak e Schniederjans	Transporte rodoviário	Ponderada	Rodoviário

Observa-se que 62,5% das aplicações utilizam a Programação por Metas Ponderada, enquanto 37,5% utilizam a Lexicográfica. Pode-se atribuir o maior percentual de utilização do método Ponderado à facilidade computacional da formulação das equações. Isto porque ferramentas

de comum acesso aos usuários, como o Excel, permitem que a formulação ponderada seja minimizada em uma única célula através do suplemento *Solver*. Já o método Lexicográfico, exige uma formulação mais específica para busca das soluções por etapas.

O exemplo utilizado por Hagsdale (2004) para explicar a aplicação do método de Programação por Metas, resolvido através do *Solver*, é apresentado na Figura 1. Pode-se verificar que para cada um dos cinco objetivos a serem alcançados foi atribuído um peso para desvios positivos e negativos, caracterizando o método utilizado como Ponderado. É importante destacar que, como os objetivos são incomensuráveis, a formulação é feita a partir de desvios percentuais. A utilização do método Ponderado de Programação por Metas permitiu a formulação através da minimização do valor de apenas uma célula, a “B23”.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Davis McKeown Hotel Expansion						
2								
3								
4	Problem Data	Small	Medium	Large				
5	Square Footage	400	750	1,050				
6	Building Cost	\$18,000	\$33,000	\$45,150				
7								
8	Goal Constraints	Small	Medium	Large	Sq. Ft.	Cost		
9	Actual Amount	5	10	15	25,250	\$1,097,250		
10	+ Under	0	0	0	0	\$0		
11	- Over	0	0	0	250	\$97,250		
12	= Goal	5	10	15	25,000	\$1,000,000		
13	Target Value	5	10	15	25,000	\$1,000,000		
14								
15	Percentage Deviation							
16	Under	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
17	Over	0.00%	0.00%	0.00%	1.00%	9.73%		
18								
19	Weights							
20	Under	1	1	1	1	0		
21	Over	0	0	0	1	1		
22								
23	Objective	0.11						
24								
25								

Figura 1: Exemplo de aplicação da Programação por Metas

Fonte: Hagsdale (2004)

Dentre os programas utilizados, destacam-se o LINDO (17%), o LINGO (13%), WinQSB (8%) e GAMS (4%), com utilização mais frequentes (Tabela 4). Entretanto, identificou-se que em 21% dos trabalhos houve desenvolvimento pelos autores de programas específicos para a solução dos problemas de Programação por Metas, como o SISDIN (Moraes Neto, 1988) e ORMCDM (Ho e Emrouznejad, 2009). Em 29% dos trabalhos não foi possível identificar a ferramenta utilizada.

Tabela 4: Programas utilizados

Programa	Nº de trabalhos
Não identificado	7
LINDO	4
LINGO	3
Programas específicos	2
ORMCDM	1
SISDIN	2
WINQSB	2
GAMS	1
WIPRO-Z650	1
XMP ZOOM version	1
Total geral	24

Com relação à formação das funções objetivo, identificou-se que normalmente foi abordada a minimização de desvios positivos em metas que limitam recursos ou fatores prejudiciais aos objetivos, como custo, risco e tempo, e minimização do desvio negativo em fatores benéficos ao sistema como nível de serviço, atendimento à demanda e retorno financeiro. Para algumas metas foram consideradas tanto a minimização de um dos desvios (Pati, Vrat e Kumar, 2008), como também da soma dos desvios positivo e negativo (Kwak e Schniederjans, 1985; Moraes Neto, 1988; Ho e Emrouznejad, 2009).

Os exemplos abaixo permitem a diferenciação entre as formulações da Função Execução:

- com minimização ponderada de desvios positivos e negativos:

$$\min \ddot{W}\ddot{g} + \sum_{i=2}^n \hat{W}_i \hat{g}_i^- + \sum_{i=2}^n \tilde{W}_i \tilde{g}_i^+ + \sum_{k=1}^V \dot{W}_k \dot{g}_k^- + \sum_{k=1}^V \check{W}_k \check{g}_k^- \quad (5)$$

onde W representa a ponderação das metas e g os desvios (Calvete, 2005);

- com minimização lexicográfica de desvios positivos e negativos:

$$\min \{d_c^+, d_q^+, d_e^-\} \quad (6)$$

onde d representa o desvio de cada meta, apresentado na ordem de prioridade para a solução lexicográfica (Pati, Vrat e Kumar, 2008);

- com minimização ponderada da soma dos desvios:

$$\min z = \sum_k P_k (d_r^+ + d_r^-) + \sum_k P_k (d_s^+ + d_s^-) \quad \forall r, \forall s \quad (7)$$

onde P representa a ponderação das metas e d os desvios (Ho e Emrouznejad, 2009);

- com minimização lexicográfica de um dos desvios ou da soma de desvios positivos e negativos:

$$\min a = \left[\left(\sum_{n=1}^N \rho_n \right), \left(\sum_{j=1}^J w_j (n_{N+j} + \rho_{N+1}) \right), (\rho_{N+J+1}), (\eta_{N+J+2}), (\eta_{N+J+3}) \right] \quad (8)$$

onde ρ representa o desvio positivo e η o negativo das metas (Moraes Neto, 1988).

Quanto aos tipos de metas utilizadas nos 24 trabalhos analisados, observou-se que algumas foram bastante freqüente, como custo, presente em 18% dos trabalhos analisados, nível de serviço, em 16%, função utilidade, em 10%, e atendimento à demanda e volume transportado, ambos em 8%. A Tabela 5 apresenta as 15 principais classes de metas utilizadas.

Tabela 5: Metas utilizadas na formulação dos problemas

Metas	Nº de artigos	%
Custo	14	18%
Nível de serviço	13	16%
Demanda	6	8%
Volume transportado	6	8%
Risco	5	6%
Capacidade	5	6%
Tempo	5	6%
Função utilidade	8	10%
Retorno	3	4%
Investimento	3	4%
Eficiência	3	4%
Distância	2	3%
Estoque	2	3%
Recursos	2	3%
Produtividade	2	3%
Total geral	79	100%

Com relação à priorização entre as metas, algumas particularidades foram observadas. Quando uma meta apresenta relevância muito maior que as demais, considera-se esta meta como de prioridade um na formulação de Programação por Metas Lexicográfica, já que o modelo buscará minimizar ao máximo os desvios desta meta antes de analisar as de prioridades menores. Outra forma observada foi através de atribuição de pesos significativamente maiores a estas metas, como fizeram Ho e Emrouznejad (2009) ao atribuir 32% a tempo de atendimento contra 7% para valor agregado e, também, Chang, Wey e Tseng (2009) ao atribuir 50% para benefícios e 5% para riscos. Em alguns trabalhos, porém, não houve diferenciação entre as metas e os pesos foram considerados iguais, como nos de Leung (2007) e de Chalam(1994).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Programação por Metas é um importante avanço na modelagem e na análise de problemas de decisão nos quais existem vários objetivos, mesmo conflitantes e/ou incomensuráveis, a serem atingidos; permite flexibilidade no nível de atingimento às metas, de forma que seja possível considerar mais de um cenário de acordo com os desvios e prioridades estabelecidas. Tal característica representa um diferencial para o decisor, devido à grande quantidade de fatores, interesses e variáveis envolvidas na maioria dos processos decisórios.

Através da pesquisa realizada, foi possível constatar que a Programação por Metas permanece em pleno desenvolvimento e aplicação na tomada de decisão em diversas áreas, entre elas a de transportes. Os resultados obtidos se mostram bastante satisfatórios, sendo os principais fatores relacionados à flexibilidade e robustez.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHERN, Aoife; ANANDARAJAH, Gabriel. Railway projects prioritisation for investment: Application of goal programming. *Transport Policy Journal*, v.14, p. 70-80, jan.2007.
- AOUNI, Belaid; KETTANI, Ossama. Goal programming model: a glorious history and a promising future. *European Journal Of Operational Research*, 133, p. 225-231. 2001.
- BRAUER, D. C.; NAADIMUTHU, G.. A GOAL PROGRAMMING MODEL FOR AGGREGATE INVENTORY AND DISTRIBUTION PLANNING. *Mathematical And Computer Modelling*, v.16, n.3, p. 81-90. 1992.
- CALVETE, Herminia I. et al. A goal programming approach to vehicle routing problems with soft time windows. *European Journal Of Operational Research*, v.177, n.3, p. 1720-1733. mar. 2007.
- ÇEBI, Ferhan; BAYRAKTAR, Demet. An integrated approach for supplier selection. *Logistics Information Management*, v.16, n.6, p. 395-400. 2003.
- CHALAM, G. Aruna. Fuzzy goal programming (FGP) approach to a stochastic transportation problem under budgetary constraint. *Fuzzy Sets And Systems*, v.66, n.3, p. 293-299. set. 1994
- CHANG, Yu-hern; WEY, Wann-ming; TSENG, Hsiao-yu. Using ANP priorities with goal programming for revitalization strategies in historic transport: A case study of the Alishan Forest Railway. *Expert Systems With Applications*, v.36, n.4, p. 8682-8690. mai. 2009.
- COSTA, Felipe Pereira da; SOUZA, Marcene Jamilson Freitas; PINTO, Luiz Ricardo. Um modelo de programação matemática para alocação estática de caminhões visando ao atendimento de metas de produção e qualidade. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, v.1, n.58, p.77-81, jan.-mar. 2005.
- CUNHA, Valeriana; CAIXETA FILHO, José Vicente. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. *Gestão e Produção*, São Paulo, v.9, n.2, p.143-161, ago. 2002.
- DAJIE, Zuo. STOCHASTIC STATIC WAGON-FLOW ALLOCATION MODEL IN A MARSHALLING STATION. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TRANSPORTATION ENGINEERING, 1., 2007, Chengdu. *Proceeding. Chengdu: Asce*, 2007. p. 3959 - 3964.
- DHAHRI, Issam; CHABCHOUB, Habib. Nonlinear goal programming models quantifying the bullwhip effect in supply chain based on ARIMA parameters. *European Journal Of Operational Research*, v.177, n.3, p. 1800-1810. mar. 2007.
- DUFF-RIDDELL, Wayne. A Practical Transit Network Design Method. In: TRAFFIC AND TRANSPORTATION STUDIES, 2., 2000, Beijing. *Proceedings...*. Beijing: Asce, 2000. p. 220 - 227.
- EL-WAHED, Wael F. Abd; LEEB, Sang M.. Interactive fuzzy goal programming for multi-objective transportation problems. *Journal Omega*, v.34, n.3, p. 158-166. abr. 2006
- ERTUĞRUL, Irfan; GUNES, Mustafa. Fuzzy Goal Programming and an Application of Production Process. *Anal. And Des. Of Intel. Sys. Using Sc Tech., ASC* 41, p. 649-659. 2007.
- GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro. *Teoria da Decisão*. São Paulo: Cengage Learning, 2006. 116 p.
- HO, William; EMROUZNEJAD, Ali. Multi-criteria logistics distribution network design using SAS/OR. *Expert Systems With Applications*, v.36, n.3, p. 7288-7298. abr 2009.
- IGNIZIO, J. P. *Introduction to Linear Goal Programming*. Beverly Hills: Sage, 1985.
- JONES, Dylan F.. Goal Programming in the Period 1990-2000. In: EHRGOTT, Matthias; GANDIBLEUX, Xavier. *Multiple Criteria Optimization: State of the Art Annotated Bibliographic Surveys*. United Kingdom: Springer Verlag, 2004. p. 129-170. (International Series in Operations Research & Management Science, v.52).
- KWAK, N. K.; SCHNIEDERJANS, Marc J.. GOAL PROGRAMMING SOLUTIONS TO TRANSPORTATION PROBLEMS WITH VARIABLE SUPPLY AND DEMAND REQUIREMENTS. *Socio-economic Planning Sciences*, v.19, n.2, p. 95-100. 1985.
- LEE, Amy H.i.; KANG, He-yau; CHANG, Ching-ter. Fuzzy multiple goal programming applied to TFT-LCD supplier selection by downstream manufacturers. *Expert Systems With Applications*, 2008. DOI:10.1016/j.eswa.2008.08.044. Disponível em: <<http://www.doi.org>>. Acesso em 24 jan.2009.
- LEE, S. M. *Goal Programming for Decision Analysis*. Philadelphia: Auerbach, 1972
- LEUNG, Stephen C.h.. A non-linear goal programming model and solution method for the multi-objective trip distribution problem in transportation engineering. *Optimization And Engineering*, v.8, n.3, p. 277-298. ago. 2007.
- MARANHÃO, Francisco José Coelho. A exploração de gás natural em Mexilhão: análise multicritério pelo método Todim. 2006. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, 2006.
- MIN, Hokey. INTERNATIONAL INTERMODAL CHOICES VIA CHANCE-CONSTRAINED GOAL PROGRAMMING. *Transportation Research Part A*, v.25, n.6, p. 351-362. nov. 1991.

- MIRRAZAVI, S. Keyvan; JONES, Dylan F.; TAMIZ, M.. A comparison of genetic and conventional methods for the solution of integer goal programmes. *European Journal Of Operational Research*, v.132, n.3, p. 594-602. ago. 2001.
- MORAIS NETO, Gregório Coelho de. Sistema Decisório Interativo de Alocação de Fluxo de Cargas. 1988. 168 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós Graduação em Sistemas e Computação, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1988.
- NIEMEIER, Debbie A. et al. Optimization Models for Transportation Project Programming Process. *Journal Of Transportation Engineering*, v.121, n.1, p. 14-26. jan-fev.1995.
- PATI, Rupesh Kumar; VRAT, Prem; KUMAR, Pradeep. A goal programming model for paper recycling system. *Journal Omega*, v.36, n.3, p. 405-417. jun.2008
- PERÇIN, Selçuk. An application of the integrated AHP-PGP model in supplier selection. *Measuring Business Excellence*, Bradford, v.10 n°4, p. 34-49. abr. 2006.
- RAGSDALE, Cliff T.. Goal Programming and Multiple Objective Optimization. In: RAGSDALE, Cliff T.. *Spreadsheet Modeling & Decision Analysis: A practical introduction to the management science*. 4. ed. New York: Southwestern Colleg Publishing, 2004. Cap. 7, p. 313-325.
- RAMOS, Abdias Fernandez. Procedimento para tomada de decisão em terminais marítimos petroleiros. 1995. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Sistemas e Computação, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1995.
- SELIM, Hasan; OZKARAHAN, Irem. A supply chain distribution network design model: An interactive fuzzy GP-based solution approach. *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, v.36, n.3-4, p. 401-418. jan.2008.
- SINHA, S. B.; SASTRY, S. V. C.. A GOAL PROGRAMMING MODEL FOR FACILITY LOCATION PLANNING. *Socio-economic Planning Sciences*, v.20, n.5, p. 251-255. 1987
- TSAI, Kune-muh; YOU, Shiau-yuan; LIN, Yu-hsin. A fuzzy goal programming approach with priority for channel allocation problem in steel industry. *Expert Systems With Applications*, v.34, n.3, p. 1870-1876. abr. 2008.
- VANSTEENWEGEN, Pieter. PLANNING IN TOURISM AND PUBLIC TRANSPORTATION: Attraction selection by means of a personalised electronic tourist guide and train transfer scheduling. 2008. 282 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universiteit Leuven, Leuven, 2008.
- WEY, Wann-ming; WU, Kuei-yang. Using ANP priorities with goal programming in resource allocation in transportation. *Mathematical And Computer Modelling*, v.46, n.7-8, p. 985-1000. out. 2007.