

TÉCNICA MULTICRITÉRIO APLICADA À POLÍTICAS PÚBLICAS: DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE CLASSIFICAÇÃO HIERÁRQUICA

Jackson Savio de Vasconcelos Silva
Prof. Titular – Universidade de Fortaleza
Dipl.Ing. Technische Universität Wien
Mestre em Administração – Universidade de Fortaleza

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo elaborar uma revisão teórica nos conceitos envolvidos com a ciência da decisão, e apresentar uma aplicação em gestão pública, através de um exemplo de classificação de municípios de uma dada região segundo um grupo de critérios estabelecidos.

Palavras-chave: Teoria da decisão, planejamento regional, metodologia multicritério.

Abstract

The present work has as objective elaborate a theoretical revision based upon the concepts involved with the science of decision, and present a way of applying in public management, through an example of borough classification of a given area according to established criterions.

Key-words: Decision support systems, strategia planning, resource allocation, multicriteria analysis.

Introdução

As regiões semi-áridas apresentam um variado e complexo sistema com características físicas moduladas pela escassez de água e suas inter-relações com a pobreza do solo, levando a um círculo de miséria em constante expansão.

Os maiores questionamentos quanto aos modelos de decisão utilizados para a solução de problemas de políticas públicas para áreas subdesenvolvidas ou pouco industrializadas no semi-árido, passa pelo uso eficiente e eficaz do bem mais precioso para estas regiões à ÁGUA, especialmente no que diz respeito a sua disponibilização, utilização e conservação.

O atual avanço das técnicas de modelagem numérica e dos sistemas computacionais, possibilita a concepção de um sistema de simulação que integre as covariáveis envolvidas no desenvolvimento sustentável do semi-árido, através da aplicação de análise múltiplos objetivos e técnicas estatísticas, permitindo a redução dos riscos advindos de políticas de uso e ocupação do solo, que pressionam a gestão dos recursos naturais.

É indispensável que o gestor público passe a dispor de modelos apropriados, para a tomada de decisões objetivas e fundamentadas no que concerne à gestão eficiente dos recursos de uma região.

I. Objetivo

O objetivo deste trabalho é subsidiar à tomada de decisão em políticas públicas através do desenvolvimento de um modelo de classificação hierárquica dos municípios de uma determinada região segundo um grupo de critérios definidos.

II. Justificativa

A gestão pública é melhor exercitada quando, no seu planejamento, leva-se em consideração uma ampla gama de fatores representativos da:

- geografia física da região: solo, vegetação, relevo, clima, recursos hídricos etc.
- demografia: populações urbana e rural, PEA, estrutura fundiária etc.
- sócio-economia: PIB, renda *per capita*, taxa de analfabetismo, taxa de mortalidade infantil etc.

A estes se adicionam critérios subjetivos, de natureza política, tecendo uma rede complexa de relacionamentos entre fatores e critérios a serem analisados na solução de um problema.

A propensão humana de ficar confuso na presença deste grande número de dados, exige a adoção de uma metodologia baseada numa visão integrada e sistêmica de apoio ao processo decisório.

O processo de tomada de decisões segundo SIMON (1960) é dividido em três fases: inteligência, projeto e escolha.

A fase de inteligência caracteriza-se pela busca da compreensão do problema de decisão, a identificação das variáveis envolvidas e dos objetivos do problema.

A fase de projeto é marcada pelo estabelecimento dos critérios de escolha, e concepção das alternativas de solução, que possibilitam a formulação dos modelos representativos do problema.

Na fase de escolha procede-se a escolha da melhor alternativa, através da análise de sensibilidade e estudos de simulação de cenários.

Pode-se então dizer que Sistemas de Suporte à Decisões – SSD, são sistemas que têm por objetivo auxiliar os gerentes na resolução de problemas que não obedecem a uma estruturação própria, ou seja, são métodos para auxiliar à tomada de decisão com base na utilização de bases de dados acopladas a modelos matemáticos.

Em PORTO (1997), o problema de decisão é caracterizado por:

- a) Complexidade;
- b) Incerteza de diversas naturezas;
- c) Existência de conflitos;
- d) Investimentos de porte elevado;
- e) Necessidade de planejamento a longo prazo;
- f) Dinamismo ao longo da vida útil;
- g) Repercussões econômicas, sociais e ambientais significativas, e
- h) Participação de grupos heterogêneos no processo decisório.

Entre as principais formulações matemáticas para suporte à decisão, podemos relacionar:

i) Programação linear - PL

É uma ferramenta matemática formulada por Dantzig em 1947, e constitui-se na técnica mais utilizada na solução de problemas de otimização.

ii) Programação não linear - PNL

É uma ferramenta que surgiu por volta de 1951 para se contrapor a tendência vigente de se linearizar os problemas para posterior emprego de técnicas de PL, em face da inexistência, na época, de recursos computacionais compatíveis.

Os problemas de PNL podem ser classificados segundo às técnicas utilizadas em:

- Técnicas analíticas – As soluções ótimas são determinadas através da resolução de sistemas de equações, como o Método dos Multiplicadores de Lagrange, Método do Cálculo Diferencial e a Programação Geométrica;
- Técnicas de busca numérica – Utiliza-se métodos numéricos para resolução de problemas sem solução através de métodos analíticos. Constituem-se exemplos de métodos numéricos: Método de Fibonacci, Método DSC-Powell, Método de Newton-Raphson, Método de Rosenbrock, Método do maior gradiente, Método de Hooke e Jeeves, entre outros.

iii) Análise Multiobjetivo

Este método é bastante utilizado em áreas de gestão pública pela capacidade de tratamento simultâneo de aspectos ambientais, econômicos, sociais, políticos, culturais e outros em um problema de decisão. Na atualidade é essencial o tratamento dos problemas dentro de uma visão integrada, o que recomenda com maior atenção à aplicação destas técnicas.

Segundo PORTO (1997), os principais métodos de análise multiobjetivo podem ser divididos segundo a técnica empregada em:

- Métodos que geram o conjunto das soluções não dominadas:

Nestes métodos não são consideradas as preferências do decisor, mas apenas as restrições físicas do proble-

ma. Exemplos destes métodos: Método das restrições (Zadach, 1963) e Método multiobjetivo linear (Philip, 1972).

- Métodos que usam uma articulação antecipada das preferências:

- Método da função utilidade multidimensional (Keeney e Raiffa, 1976);

- Método da programação por metas (Charney e Cooper, 1961);

- Método de Electre (Roy, 1971);

- Método Promethee (Brans e Vincke, 1985);

- Método do valor substituto de troca (Haimes e Hall, 1974);

- Método da matriz de prioridades (Saaty, 1977);

- Método da análise-Q (Hiessl et al., 1985).

- Métodos que usam uma articulação progressiva das preferências:

A principal característica destas técnicas é a iteração com o decisor, pois logo se encontra uma solução, o decisor interage sobre a necessidade ou não de busca de uma nova solução. Algumas destas técnicas são: Método de passo (Benayoun, 1971) e Método da programação de compromisso (Yu, 1973).

III. Metodologia

Este trabalho consiste em um estudo exploratório, que seguirá os seguintes passos:

Apresentação dos conceitos envolvidos com o processo de tomada de decisão segundo uma bibliografia de referência.

Elaboração de um estudo de caso, utilizando uma metodologia baseada na bibliografia pesquisada.

Análise estatística de dados, utilizando o software SGPLUS.

IV. Estudo de Caso

Este estudo de caso, de caráter exploratório, apresenta a hierarquização dos municípios situados na bacia hidrográfica do Banabuiú, FIGURA 1, levando em conta as variáveis mostradas na TABELA 1, com os respectivos dados numéricos.



Figura 1- Localização da bacia do banabuiú no Ceará

Tabela 1 - Dados Numéricos dos Municípios da bacia do Banabuiu

Mun.	Popurb	Poprur	Pibtot	Pibagro	Nfund	Poços	Açude
BAN	7207	8218	17740.37	3405.49	244	0	1
BVI	18452	29229	49778.07	9684.09	816	47	1
MAD	5376	9112	14818.85	10063.11	96	10	0
MBC	15154	23650	39040.83	8472.76	865	37	1
MON	7399	8020	17656.29	3832.25	356	19	0
MOR	31797	29264	93907.69	19625.69	1149	188	2
PDB	15712	21701	40254.79	4576.17	1493	49	1
PQC	5361	7265	15030.11	1265.97	290	16	1
QXA	45759	19943	111050.12	12509.69	864	88	2
QXE	27286	28404	51859.83	9010.41	895	108	2
SPP	14435	10128	33046.38	5658.51	666	36	1

Legenda:

Mun. - Municípios	Variáveis
BAN = Banabuiu	popurb = POPULAÇÃO URBANA
BVI = Boa Viagem	poprur = POPULAÇÃO RURAL
MAD = Madalena	pibtot = PIB TOTAL
MBC = Mombaça	Pibagro = PIB AGRÍCOLA
MON = Monsenhor Tabosa	nfund = Número de MINIFUNDIOS
MOR = Morada Nova	pocos = Número de POÇOS
PDB = Pedra Branca	acud = Número de AÇUDES
PQC = Piquet Carneiro	
QXA = Quixadá	
QXE = Quixeramobim	
SPP = Senador Pompeu	

FONTE: IPLANCE -Perfil Básico Municipal 1997

i) Análise dos dados:

a) População e PIB

A TABELA 2 mostra uma análise a respeito das relações entre “população e PIB”, mediante o cálculo de coeficientes de correlação.

Do exame dessa tabela, conclui-se que o **pibtot** (PIB total) está fortemente correlacionado com a **popurb** (população urbana), com **R = 0,9748** e **p = 0,0000** (correlação altamente significativa, pois o “nível de significância”, medida pela “probabilidade de erro”,

é igual a 0,0000).

Já para o **pibagro** (PIB agropecuária) e a **poprur** (população rural), tem-se um coeficiente de correlação bem menor dado por **R = 0,666** (correlação significativa ao nível **p = 2,53 %**). Aliás, inferior à correlação entre o próprio **pibagro** (PIB agropecuária) e a **popurb** (população urbana), com **R = 0,7075** (**p = 1,49 %**).

Em resumo, a **poprur** (população rural), não está bem correlacionada com o **pibtot** (PIB total) dos Municípios, tampouco com o próprio **pibagro** (PIB agropecuária).

TABELA 2 - Correlações envolvendo população e PIB

	popurb	poprur	pibtot	pibagro	
popurb	1.0000	0.6542	0.9748	0.7075	A
	(11)	(11)	(11)	(11)	B
	0.0000	0.0290	0.0000	0.0149	C
poprur		1.0000	0.6622	0.6660	A
		(11)	(11)	(11)	B
		0.0000	0.0264	0.0253	C
pibtot			1.0000	0.7875	A
			(11)	(11)	B
			0.0000	0.0040	C
pibagro				1.0000	A
				(11)	B
				0.0000	C

A - coeficiente de correlação B - tamanho da amostra C - nível de significância (probabilidade de erro)

As relações entre população e o PIB, estão mostradas na TABELA 3. O exame desta tabela permite concluir-se que os percentuais do **pibagro** com respeito ao **pibtot** são sempre menores (e geralmente bem menores) que os percentuais da **poprur** com respeito à

poptot. Uma exceção é o município de **MAD** (Madalena, com 37,1% e 67,9%, resp.), que possui uma estrutura econômica peculiar, em que predomina o “setor agropecuário” sobre “serviços” e “indústria”.

Tabela 3 - % da pop. Rural e do PIB agropecuário sobre os totais

Município	% poprur (1)	% pibagro
BAN	46,7	19,2
BVI	38,7	19,5
MAD	37,1	67,9
MBC	39,1	21,7
MON	48,0	21,7
MOR	52,1	20,9
PDB	42,0	11,4
PQC	42,5	8,4
QXA	69,6	11,3
QXE	49,0	17,4
SPP	58,8	17,1

(1) por cento da população rural sobre a população total

(2) por cento do PIB agropecuário sobre o PIB total

Pode-se também obter uma análise e explicação de uma variável (**pibagro**) em função de outras covariáveis, vide a TABELA 4.

Tabela 4 - Modelo de Regressão Multipla para pibagro (PIB AGRÍCOLA)

Covariáveis	coeficiente	prob. erro
CONSTANTE	$\alpha = 3591.238717$	0.1325
poprur (1)	$\beta = 0.213454$	0.2858
pocos (2)	$\gamma = 75.976007$	0.0205
mfund (3)	$\eta = -4.97059$	0.2028

Onde:

$$\text{pibagro} = \alpha + \beta (\text{poprur}) + \gamma (\text{pocos}) + \eta (\text{mfund}) + \varepsilon$$

Obs: ε é a flutuação aleatória ou “erro” do modelo

Covariáveis: (1) **poprur** = População Rural

(2) **pocos** = # de Poços

(3) **mfund** = # de Minifúndios

R = 0,877 (coef. de correlação entre os valores observados e os valores previstos)

R2 = 76,9% (percentual de explicação da variância)

N = 11 observações ajustadas **p = 0,0125 = 1,25 %** (probabilidade de erro ou nível de significância < 5%)

Como então se percebe pela TABELA 4 precedente, o **pibagro** pode ser explicado, razoavelmente, em termos da **popurb**, do **pocos** (número de poços) e do **nfund** (número de minifúndios). O **pocos** tem uma influência muito grande. Já o **nfund** influi fracamente e, além do mais, negativamente (isso deve ser devido a uma estrutura produtiva utilizando pouca tecnologia, com respeito às pequenas propriedades agrícolas). O **acud** (número de açudes) não é uma variável considerada na análise pelo fato de assumir apenas três valores discretos, 0, 1 e 2. Mas será considerada no contexto de uma Análise de Variância, mais adiante.

Note-se que a **popurb** (população urbana) e a **poptot** (população total = **popurb** + **poprur**) influi menos que a **poprur** (população rural), pois conduziria a valores de R e de R² menores, no Modelo de Regressão.

Por outro lado, na FIGURA 2 temos os “valores ajustados” contra os “valores observados”, para este Modelo de Regressão. Note-se o “ponto” correspondente a MOR = Morada Nova, de certa maneira é anômalo com respeito aos demais pontos; donde, certamente, será responsável por um valor mais elevado do coeficiente R e do percentual de explicação da variância (R²).

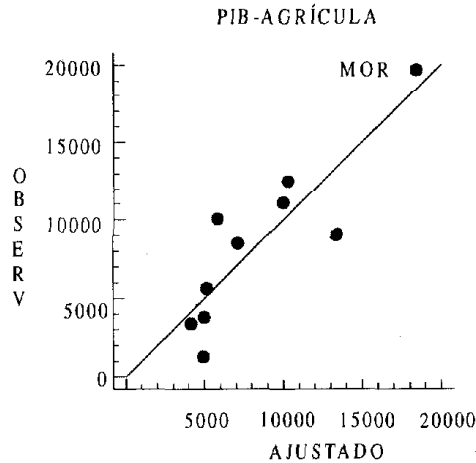


Figura 2 - PIB Agropecuário - Modelo de regressão

Na FIGURA 3, apresenta-se o “Probability Plot” para os “resíduos”, mostrando que o modelo é aceitável

sob esse ponto de vista (ou seja, que os “resíduos” parecem não se desviar da “normalidade”).

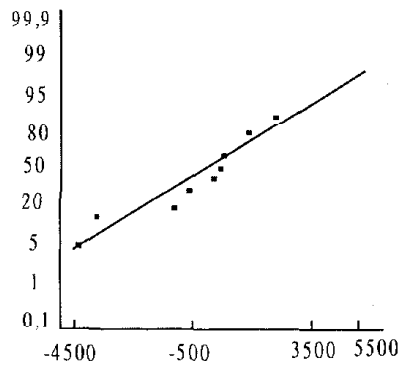


Figura 3 - PIB Agropecuário - Probability Plot

Para avaliar-se a influência do número de açudes sob o PIB agropecuário fez-se uma Análise de Variância Clássica com respeito à variável **pibagro**, com três Classes correspondentes a açudes (número de açudes): $r = 0, 1, 2$.

Os “Intervalos de Confiança” ao nível de 95% , para as três Classes, são apresentados na FIGURA 4,

onde nota-se que para açudes com $r = 2$, já ocorre um aumento significativo do **pibagro**. Contudo, este resultado ainda é duvidoso, tendo em vista: (i) o pequeno tamanho da amostra ($N = 11$); (ii) não é satisfeito o critério de “normalidade” exigido pela Análise de Variância clássica.

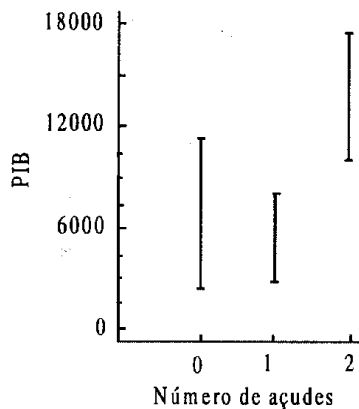


Figura 4 - PIB Agropecuário X Número de açudes

ii) MODELO DE SUPORTE À DECISÃO – Análise multiobjetivo

Embora este trabalho seja exploratório, apresentou-se uma análise multiobjetivo com a finalidade de apresentar o processo de montagem de um modelo de auxílio ao processo decisório.

Ressaltamos o aspecto didático deste trabalho, chamando atenção para o pequeno volume de critérios.

Utilizaremos os seguintes critérios parametrizados:

- a) População rural / População total;
- b) PIB agropecuário / PIB total;
- c) Número de minifúndios;
- d) Números de poços e
- e) Número de açudes com capacidade superior a 1000 m³.

Logo, o QUADRO 1 apresenta a matriz de dados.

QUADRO 1 - Matriz de decisão

Municípios	Poprur/ /Poptotal	Pibagro/ /pibttotal	nfund	pocos	Acud
BAN	0.532771	0.191963	244	0	1
BVI	0.613011	0.194545	816	47	1
MAD	0.628934	0.679075	96	10	0
MBC	0.609473	0.217023	865	37	1
MON	0.520137	0.217047	356	19	0
MOR	0.479258	0.208989	1149	188	2
PDB	0.580039	0.113680	1493	49	1
PQC	0.575400	0.084229	290	16	1
QXA	0.303537	0.112649	864	88	2
QXE	0.510038	0.173745	895	108	2
SPP	0.412327	0.171229	666	36	1

Normalizando a matriz, obtem-se:

QUADRO 2 - Matriz de decisão normalizada

Municípios	Poprur/ /Poptotal	Pibagro/ /pibttotal	nfund	pocos	Acud
BAN	0.092416	0.03664	0.038653	0.081196	0.031549
BVI	0.106335	0.102808	0.109916	0.082289	0.105508
MAD	0.109097	0.030606	0.114218	0.287235	0.012413
MBC	0.105721	0.080632	0.096168	0.091797	0.111844
MON	0.090224	0.036466	0.043497	0.091807	0.046031
MOR	0.083133	0.193951	0.222756	0.088398	0.148565
PDB	0.100615	0.08314	0.05194	0.048084	0.193044
PQC	0.09981	0.031042	0.014369	0.035627	0.037497
QXA	0.052652	0.229356	0.141988	0.047648	0.111715
QXE	0.088473	0.107108	0.10227	0.073491	0.115723
SPP	0.071523	0.068252	0.064225	0.072427	0.086113

Neste exemplo exploratório, utilizaremos pesos (critérios de ranking) iguais para os grupos de dados, assim obtendo o seguinte resultado:

QUADRO 3 - Matriz de decisão

Municípios	Ranking	Classificação
BAN	0.056091	10
BVI	0.101371	4
MAD	0.110714	3
MBC	0.097232	6
MON	0.061605	9
MOR	0.147361	1
PDB	0.095365	7
PQC	0.043669	11
QXA	0.116672	2
QXE	0.097413	5
SPP	0.072508	8

V. Conclusão

A análise dos dados permitiu demonstrar a aplicação da metodologia multicritério na elaboração de um ranking municipal, que sirva de lastro a um processo decisório, no qual os critérios envolvidos são múltiplos e conflitantes. A metodologia empregada é robusta e posta à prova através de várias medidas estatísticas.

A aplicação prática do presente estudo deve ser estendida à todos os municípios do Estado, pois é relevante uma análise de variância clássica, o que só deve ser empregada para amostras maiores. Em um trabalho futuro deveremos aplicar uma análise de Variância não paramétrica (teste de Kruskal-Wallis), melhor aplicada em pequenas amostras.

Referências Bibliográficas

COELHO NETO, A. *Planejamento estratégico para*

a melhoria da qualidade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

DRUCKER, P. *A quarta revolução da informação*. Exame, São Paulo, v. 32, n. 18, p. 56-57, ago. 1998.

KLEINDORFER, P. R. et al. *Decision sciences: an integrative perspective*. Cambridge: University Press, 1993.

PORTO, R. L. et al. *Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos*. Porto Alegre: Ed. Universidade, 1997.

SAATY, T. L. *Fundamentals of decision making and priority theory*. Pittsburgh: RWS publications, 1994.

SAMSON, D. *Managerial decision analysis*. Illinois: Homewood, 1988.

SILVA, J. S. V. *Climatologia como fator integrante a um sistema de suporte à decisão para a gestão pública*

Jackson Savio de Vasconcelos Silva

em regiões do semi-árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998, Brasília. *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998.

SIMOM, H. A. *A capacidade de decisão e de liderança.* São Paulo: Fundo de Cultura, 1960.

YOURDON, E. *Análise estruturada moderna.* Rio de Janeiro: Campus, 1992.