

## A TÉCNICA DE ANÁLISE E ESTRUTURAÇÃO DE MODELOS APLICADA AO PROÁLCOOL\*

James T.C. Wright\*\*

A Análise e Estruturação de Modelos (ISM)\* é uma nova técnica para o trabalho em grupo em situações complexas. Um computador é utilizado para auxiliar um grupo de trabalho a comunicar, compreender e modelar uma questão complexa, sendo extremamente útil em situações como a estruturação de objetivos, análise de prioridades, a hierarquização de políticas e diretrizes etc. A aplicação realizada mostra como esta técnica permite estruturar um grande número de informações não quantitativas, contribuindo para a análise e tomada de decisão ao nível de políticas e diretrizes, onde os modelos quantitativos em geral não captam muitos dos condicionantes críticos dos problemas que representam.

Nos dias atuais, a complexidade parece tornar-se progressivamente mais generalizada à medida que aumentam a comunicação e a interdependência entre os elementos da sociedade. Há hoje um reconhecimento de que muitos dos problemas que afligem as organizações e a própria sociedade são questões complexas e de múltiplas facetas, cuja solução envolve, obrigatoriamente, diversas áreas de conhecimento como a sociologia, psicologia, economia, engenharia e tecnologia, medicina, ecologia etc, e que faltam métodos adequados para tratar de problemas complexos de natureza interdisciplinar.

Uma das maneiras tradicionais de lidar com estes problemas é de formar grupos de trabalho incluindo indivíduos capacitados nas diversas disciplinas envolvidas. Uma dificuldade que surge nesta situação é a de comunicação entre especialistas que, em função de sua formação acadêmica e experiência profissional, aplicam aos trabalhos conceitos e linguagem que não são comuns a todos os membros do grupo. Por outro lado, especialistas de alto nível em geral têm pouco tempo disponível para uma efetiva integração em um grupo de trabalho. Ademais, a estrutura de comitê apresenta uma série de deficiências para o trabalho de investigação coletiva. A capacidade de persuasão aliada ao prestígio acadêmico ou profissional de um indivíduo tende a dar peso desproporcional a

seus argumentos, independentemente de sua validade real; as pressões de grupo também tendem a abafar as posições minoritárias e o próprio processo de comunicação verbal entre os elementos do grupo torna-se bastante moroso com o crescimento do número de participantes.

Surgem também dificuldades inerentes à própria complexidade, pois o ser humano tem a capacidade de lidar simultaneamente com um número limitado de variáveis, com vários autores estimando que a nossa memória de curto prazo usualmente consegue "manipular" cerca de 5 a 7 "itens" de informação onde cada "item" compõe-se de uma variável de suas relações com as demais variáveis. Para lidar com um problema com mais variáveis e relações, precisamos de algum tipo de suporte analítico. Uma equação matemática, por exemplo, pode fornecer este apoio, mas infelizmente os modelos matemáticos não parecem ser muito adequados à representação de complexos problemas humanos e nem são geralmente acessíveis ao trabalho interdisciplinar.

Com vistas a superar estes problemas, o processo de ISM busca, inicialmente, extrair do contexto em estudo um conjunto de componentes ou elementos do problema. Usando a seguir um computador para ordenar, armazenar e fazer inferências lógicas sobre o relacionamento entre os elementos identificados constrói-se um modelo estrutural do problema considerado. O modelo resultante é representado por um gráfico direcionado, obtido através da aplicação de noções básicas

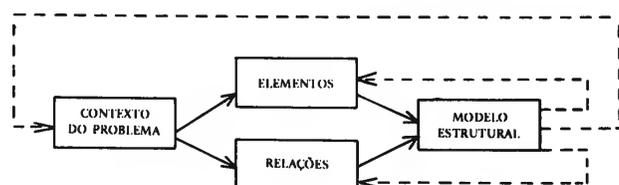


FIGURA 1:  
Processo de AEM (Kawamura, 1977)

de topologia, somadas ao julgamento humano do grupo e a capacidade dos computadores de processarem grande número de dados e fazerem inferências lógicas. Os gráficos direcionados são na verdade estruturas de uso bastante comuns; apenas, em geral, não as consideramos desta forma, como mostra o quadro a seguir:

\* *Interpretative Structural Modeling* (ISM) em inglês. Esta técnica foi desenvolvida e testada no Brasil através de um convênio de colaboração científica entre o Centro Científico da IBM no Brasil e o Instituto de Administração da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo.

\*\* Professor do Depto. de Administração da FEA-USP; Integrante do grupo do Programa de Estudos do Futuro e participante da Supervisão do Projeto Avaliação do Proálcool.

QUADRO 1

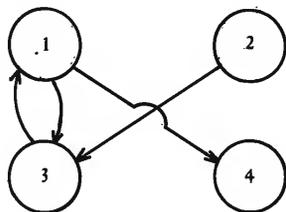
Estruturas comuns, usualmente representadas por gráficos direcionados

ELEMENTOS e RELAÇÕES compõem: ESTRUTURAS		
Pessoas	... subordinado a ...	organograma
Variáveis	... é função de ...	modelo matemático
Atividades	... precede ...	rede PERT
Objetivos	... apóia ...	árvore de objetivos

Em uma situação mais complexa, como a situação sócio-econômica brasileira, poderíamos isolar alguns fatores, e listar relações entre eles:

- “a queda no consumo (1) agrava o desemprego (3)”;
- “a política recessiva (2) agrava o desemprego (3)”;
- “a queda no consumo (1) agrava a inquietação social (4)”;
- “o desemprego (3) agrava a inquietação social (4)”;
- “o desemprego (3) agrava a queda no consumo (1)”

Estas informações podem ser representadas em um gráfico direcionado, onde os fatores estão numerados, e a relação “agrava” é indicada pela seta:



Um gráfico deste tipo pode ser matematicamente representado por uma matriz binária, utilizada por um computador, e uma operação matemática simples, (potenciações booleanas sucessivas) permite transformá-la de forma a evidenciar de modo claro todas as inferências e níveis hierárquicos contidos nas informações originais, resultando, em nosso exemplo, na estrutura:

\* Uma representação deste gráfico como matriz binário toma a forma abaixo e é denominada “matriz de adjacência”, onde um elemento é “adjacente” a outro quando ligado naquela direção pela relação R, cuja presença é indicada pelo número 1.

está adjacente ao elemento:

O elemento:	1	2	3	4
1	0	0	1	1
2	0	0	1	0
3	1	0	0	1
4	0	0	0	0

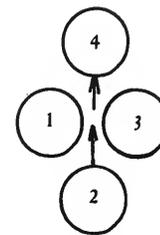
$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Considerando as leis da transitividade, pode-se obter matematicamente uma matriz M, definida como “matriz de acesso”, que mostra todos os elementos que podem ser alcançados a partir de determinado elemento através da Relação R. A matriz M é obtida por potenciações booleanas sucessivas tais que:  $M = (A + I)^n = (A + I)^{n+1}$  onde: I = matriz identidade; a = matriz de adjacência.

(por convenção, inclui-se a matriz identidade, significando que cada elemento pode ser alcançado a partir de si mesmo).

Para o exemplo dado, a matriz de acesso é:

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 0 & 1 \\ 4 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



O modelo estrutural apresenta agora uma forma singlela, que evidencia os diferentes níveis, com o elemento 2 na base, a interligação dos elementos 1 e 3, e todos contribuindo para agravar a inquietação social. Claro está que neste exemplo esta forma poderia ser identificada por simples inspeção do gráfico original. A utilidade da técnica se evidencia no entanto quando tratamos com sistemas que possuem um elevado número de elementos, e onde não existe *a priori* uma estrutura definida; como na aplicação feita adiante.

A atuação do grupo de trabalho utilizando ISM consiste portanto em, definido o contexto do problema, extrair inicialmente um conjunto bem definido de elementos pertinentes. A seguir, o grupo analisa a existência de uma relação transitiva entre pares de elementos, fornecendo os dados necessários à obtenção pelo computador de todas as inferências lógicas possíveis, produzindo assim o modelo estrutural. A definição clara dos componentes do problema e de suas relações, a interpretação e o aperfeiçoamento do modelo estrutural são de extrema valia para melhorar o entendimento do grupo sobre a questão, sistematizar o raciocínio dos integrantes e facilitar a comunicação sobre o problema. É interessante observar que o grupo não precisa ter nenhum conhecimento sobre os procedimentos matemáticos realizados, analisando apenas o relacionamento entre pares de elementos do problema. Por sua vez, o computador faz inferências lógicas com base apenas nas informações fornecidas pelo grupo, minimizando o número de perguntas necessárias à determinação do modelo estrutural.

### Uma aplicação do ISM

Foi realizada uma experiência de utilização do ISM na estruturação dos objetivos do PROÁLCOOL. Participaram dos trabalhos os integrantes de uma equipe interdisciplinar que havia realizado uma apreciação tecnológica do PROÁLCOOL, e que desejava agora desenvolver um conjunto de proposições de políticas com base nos resultados deste estudo. Esta equipe era bastante heterogênea, incluindo economistas, administradores, sociólogos e engenheiros, e havia trabalhado durante cerca de três anos sobre os mais variados aspectos do PROÁLCOOL, adquirindo assim um conhecimento bastante profundo e abrangente do problema. O objetivo era agora sintetizar um conjunto de proposições que refletisse a visão do grupo sobre os objetivos governamentais que deveriam ser estabelecidos em relação ao PROÁLCOOL.

Com esta finalidade foi realizada uma reunião desta equipe, na qual para o passo inicial de geração de elementos do problema foi adotada uma técnica de “Grupo Nominal”\*, em que cada pessoa trabalha inicialmente de forma individual, registrando uma lista de idéias sobre a questão formulada. No caso a questão colocada foi “Quais devem ser os objetivos governamentais relacionados com o Programa Nacional do Alcool?” Cada pessoa do grupo procurou desenvolver individualmente uma lista de respostas a esta pergunta, colocadas

(\*) *Nominal Group Technique*. Para maiores detalhes vide Delbecq, et. al (?).

em frases objetivas e curtas, de preferência contendo apenas um objetivo por frase. No passo seguinte, cada integrante comunica uma de suas idéias aos demais, e esta é registrada em painéis visíveis a todos. Assim, prossegue-se em turnos, com as pessoas seguintes colocando suas idéias, eliminando-se a repetição de frases de mesmo significado. Ao fim do último turno, todas as idéias originais e distintas estarão registradas. Nesta reunião, 53 idéias diferentes foram geradas, apresentadas a seguir no Quadro 2.

**QUADRO 2:**  
Sessão ISM Objetivos do Proálcool

Pergunta inicial: Quais devem ser os objetivos governamentais relacionados com o PNA?	
1. Reduzir despesas com importação de petróleo	29. Incentivar o transporte coletivo
2. Pesquisar fontes alternativas de energia	30. Maximizar rendimento energético no uso de combustíveis líquidos
3. Aumentar emprego rural	31. Reduzir necessidade de investimentos
4. Aumentar a oferta de meios de transporte	32. Aumentar eficiência da produção industrial
5. Reduzir dependência de energia externa	33. Desenvolver uma estrutura gerencial adequada ao programa
6. Manter índices positivos de crescimento econômico	34. Dar encomendas para a indústria de equipamentos
7. Reduzir custos de produção de álcool	35. Garantir combustível nacional para uma parcela ponderável da frota rodoviária
8. Produzir carros mais eficientes	36. Aproveitar economicamente resíduos das destilarias
9. Maximizar período de operação de destilarias	37. Evitar os efeitos negativos da monocultura
10. Melhorar condições de vida no campo	38. Exportar tecnologia de produção/ utilização do álcool
11. Incentivar a adoção de tecnologias agrícolas mais aprimoradas	39. Criar pólos de desenvolvimento no interior
12. Incentivar melhoria na produtividade da matéria-prima	40. Criar mercados para outros setores (indústria e serviços) através do PNA
13. Evitar prejuízos para qualquer grupo social	41. Incentivar cooperativas agrícolas policultoras
14. Procurar equidade na distribuição dos benefícios	42. Ocupar o cerrado
15. Reduzir migração do campo para a cidade	43. Promover uso eficiente de recursos escassos (terra, K, capacidade técnica/administrativa)
16. Adequar a produção energética e de alimento	44. Proporcionar acesso mais amplo ao automóvel
17. Conseguir substitutos para o óleo diesel	45. Fazer melhores previsões de safra
18. Atender à demanda adicional por transporte com combustível nacional	46. Prevenir deterioração da qualidade de vida nos municípios produtores
19. Desenvolver motores especificamente para o uso do álcool	47. Acelerar estudos sobre microdestilarias
20. Desenvolver variedades de cana mais produtivas	48. Evitar ocupação de terras férteis, para alimentos
21. Reduzir disparidades regionais	49. Localizar a produção para racionalizar escoamento
22. Reduzir sazonalidade do emprego na produção do álcool	50. Desenvolver recursos humanos para produção de álcool
23. Evitar a concentração fundiária	51. Equilibrar oferta e demanda ao longo do tempo
24. Planejar a localização da produção agrícola de álcool	52. Evitar problemas de produção
25. Permitir maior participação política dos pequenos produtores	53. Limitar a proporção de cana própria das destilarias.
26. Adequar a estrutura de refino à demanda	
27. Dar a melhor utilização ao vinhoto	
28. Viabilizar a produção do álcool de mandioca	

(\*) Peso 5 para o mais importante, peso 1 para o menos importante e analogamente para os demais.

(\*) Nº de perguntas possíveis =  $n^2$  onde  $n$  = número de elementos.

A seguir é realizada uma discussão detalhada para homogeneizar o entendimento sobre cada uma das idéias levantadas e, ao seu final, uma votação para identificar os elementos prioritários da lista. Nesta sessão, a identificação foi feita pela ordenação dos cinco elementos mais importantes segundo cada membro do grupo. O resultado foi calculado dando-se uma ponderação\* em função da ordenação. Os 21 elementos considerados mais importantes, formaram o conjunto de elementos usados na aplicação do ISM, e são apresentados no Quadro 3.

**QUADRO 3:**  
Objetivos prioritários do PNA

1. Reduzir despesas com importação de petróleo
2. Pesquisar fontes alternativas de energia
3. Aumentar emprego rural
4. Aumentar oferta de transporte
5. Reduzir dependência de energia externa
6. Crescimento econômico
7. Reduzir custo de produção de álcool.
8. Produzir carros mais eficientes
9. Maximizar período de operação de destilarias
10. Melhorar condições de vida no campo
11. Incentivar a adoção de tecnologias agrícolas mais aprimoradas
14. Procurar equidade na distribuição de benefícios
21. Reduzir disparidades regionais
12. Melhorar produtividade da matéria-prima
13. Evitar prejuízos para qualquer grupo social.
15. Reduzir migração do campo para a cidade
16. Adequar a produção energética e de alimento
17. Conseguir substitutos para o óleo diesel
26. Adequar a estrutura de refino à demanda
27. Dar a melhor utilização ao vinhoto
32. Aumentar a eficiência de processamento

O próximo passo no processo é a estruturação, ou criação de um modelo estrutural do problema considerado. O tipo de estrutura desejado era uma árvore de objetivos, cujos elementos estariam interligados pela relação do tipo "Contribui para"

Assim, uma vez introduzido o texto dos elementos e da relação (com um preâmbulo) no programa de computador, este passa a formular perguntas ao grupo, que aparecem em uma tela da forma:

"A REALIZAÇÃO DO OBJETIVO" (preâmbulo)  
 "PRODUZIR CARROS MAIS EFICIENTES" (elemento)  
 CONTRIBUIR PARA A REALIZAÇÃO DO OBJETIVO (relação)  
 "ADEQUAR A ESTRUTURA DE REFINO À DEMANDA" (elemento) (término)

À cada pergunta, o grupo tem a oportunidade de discutir e deve responder *sim* ou *não*. É comum chegar-se a um consenso na maioria das perguntas, mas isto não é essencial e, em geral, algumas poucas respostas são definidas por votação após algum tempo para a exposição dos diferentes pontos de vista.

Nesta sessão foi possível analisar as relações entre os 21 elementos respondendo-se a 141 das 420 perguntas possíveis\* graças a identificação das inferências lógicas feitas pelo programa. Gastou-se cerca de duas horas neste processo (note-se que um grande número de perguntas é rapidamente respondido por consenso pelo grupo, sem necessidade de discussão). No fim desta etapa foi obtido o modelo estrutural apresentado na Figura 2.

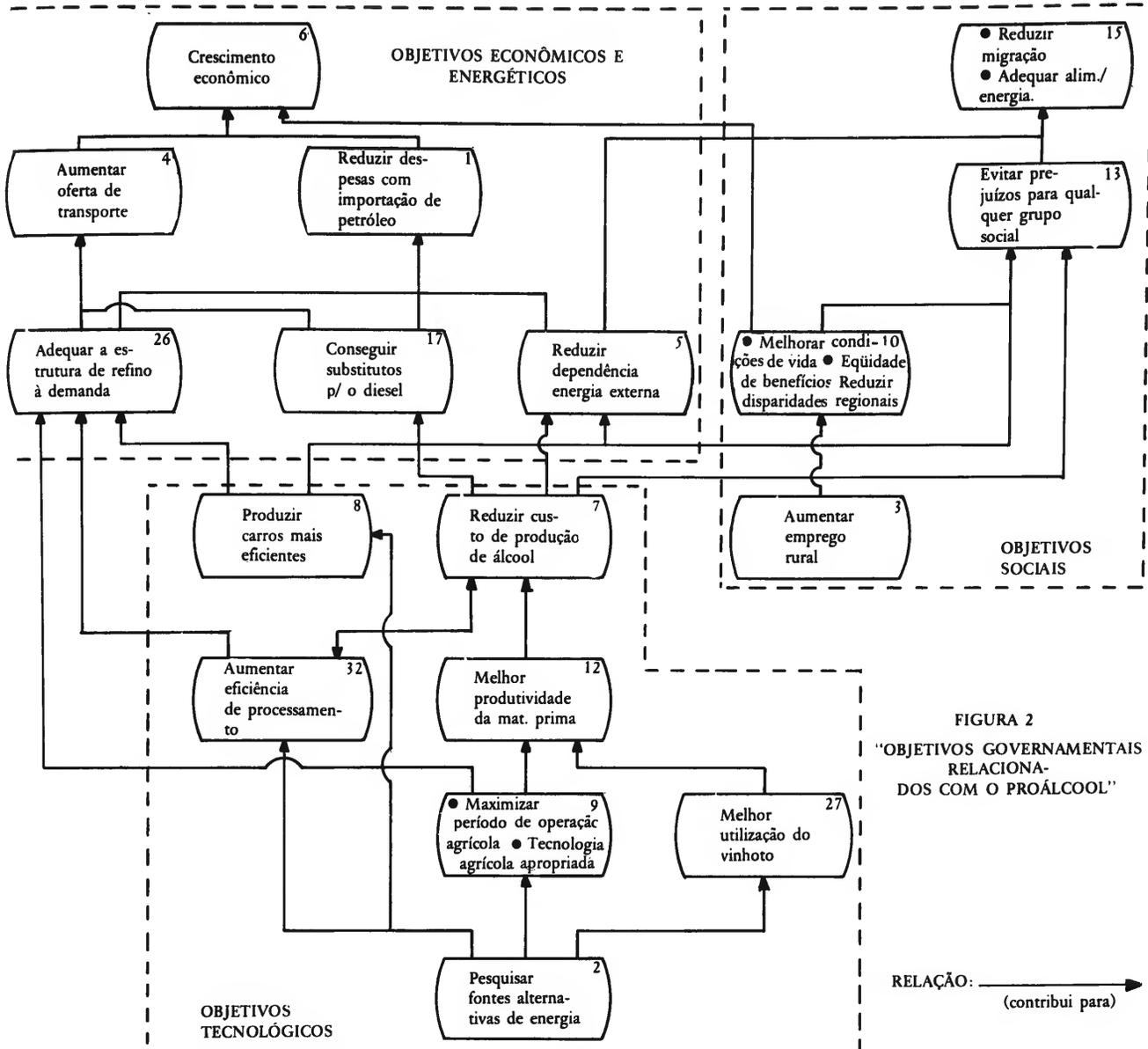


FIGURA 2  
"OBJETIVOS GOVERNAMENTAIS RELACIONADOS COM O PROÁLCOOL"

RELAÇÃO: → (contribui para)

A análise da estrutura resultante, eventuais mudanças ou retoques e sua interpretação e uso formam a última etapa do ISM. Neste exercício o grupo não achou necessário fazer retoques na estrutura, havendo consenso geral sobre o resultado fornecido pelo computador.

A interpretação da Figura 2 permite de imediato uma organização das conclusões, definindo-se três áreas distintas de objetivos na estrutura: uma área de objetivos econômicos/energéticos, uma de objetivos sociais e outra de objetivos tecnológicos. Destas, aparece no nível inferior ou na base da estrutura, o conjunto de objetivos tecnológicos que, de fato, são apenas instrumentos para a realização dos objetivos superiores do PROÁLCOOL, de natureza econômica, energética e social.

Dos objetivos tecnológicos, o objetivo mais genérico PESQUISAR FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA contribui para a realização de todos os demais; o AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE PROCESSAMENTO INDUSTRIAL, PRODUIR CARROS MAIS EFICIENTES e REDUZIR CUSTO DE PRODUÇÃO DE ÁLCOOL levam aos objetivos superiores de ADEQUAR A ESTRUTURA DE REFINO À DEMANDA, CONSEGUIR SUBSTITUTOS PARA O ÓLEO

DIESEL, (através da redução do custo do álcool) e REDUZIR DEPENDÊNCIA EM ENERGIA EXTERNA. Ainda na área tecnológica, os elementos PRODUIR CARROS MAIS EFICIENTES e REDUZIR CUSTO DE PRODUÇÃO DO ÁLCOOL levam ao objetivo de EVITAR PREJUÍZOS PARA QUALQUER GRUPO SOCIAL, através da redução dos subsídios e incentivos para o uso do álcool carburante.

Na área dos objetivos econômicos, o de nível superior, MANTER O CRESCIMENTO ECONÔMICO é obtido por AUMENTAR A OFERTA DE TRANSPORTE, REDUZIR DESPESAS COM IMPORTAÇÃO DE PETRÓLEO e MELHORAR CONDIÇÕES DE VIDA NO CAMPO.

Entre os objetivos sociais, há um ciclo de elementos no nível superior onde REDUZIR A MIGRAÇÃO e ADEQUAR PRODUÇÃO DE ENERGIA e ALIMENTOS (limitando a substituição de alimentos) reforçam-se mutuamente entre si. Mais abaixo há outro ciclo, com três objetivos interligados: MELHORAR CONDIÇÕES DE VIDA NO CAMPO, PROCURAR EQUIDADE NA DISTRIBUIÇÃO DOS BENEFÍCIOS (DO PNA) e REDUZIR AS DISPARIDADES REGIO-

NAIS. Este ciclo contribui para viabilizar os objetivos econômicos e sociais de nível mais alto, assim como o faz o objetivo AUMENTAR O EMPREGO RURAL.

De forma análoga, todas as demais relações indicadas pelo modelo estrutural podem ser analisadas e interpretadas em maior detalhe. Com vistas à proposição de políticas, cada um dos objetivos de estrutura pode então ser estudado em relação à sua contribuição para a realização dos outros objetivos do modelo. A estrutura sugere que os objetivos em sua parte inferior são instrumentos para a realização dos objetivos superiores, que são de fato a razão de ser do PROÁLCOOL.

Segundo Kawamura e Christakis (1976), ISM é muito útil como um auxílio aos *policy-makers* para identificar as rela-

ções entre elementos de uma questão, contribuindo para se evitar surpresas indesejadas na formulação de políticas.

Nesta sessão, o uso do ISM permitiu ao grupo de pesquisa criar, em menos de um dia de trabalho, um modelo estrutural propondo 21 objetivos relacionados ao PROÁLCOOL, apresentando-os de forma organizada e facilitando a comunicação e compreensão sobre a questão. O processo de proposição de políticas passa a ser estruturado pelo próprio modelo, com o conteúdo, relações e nível hierárquico dos elementos sugerindo as políticas a serem geradas. Acreditamos assim que esta experiência, bastante rápida, demonstra que a metodologia de Análise e Estruturação de Modelos pode trazer uma contribuição positiva para o processo de formulação de políticas em situações complexas.

## BIBLIOGRAFIA

- BALDWIN, Maynard, M. (ed.)— *Portraits of complexity applications of systems methodologies to societal problems*. Columbus, Ohio, Battelle Memorial Institute, Battelle Monograph nº 9, June, 1975.
- DELBECQ, A.L., VAN DE VAN, A.H., & GUSTAFSON, D.H. — *Group techniques for program planning: a guide to nominal group and Delphi Processes*. Glenview, Illinois, Scott Foresman & Co., 1975.
- FITZ, Bro. Raymond — *Interpretative structural modeling as technology for social learning*. In: Baldwin, Maynard M., (ed.), *Portraits of complexity: applications of systems methodologies to societal problems*. Columbus, Ohio, Battelle Memorial Institute, Battelle Monograph nº 9, June 1975, p. 109-118.
- KAWAMURA, K.— *Concept paper on conducting issue-focussed workshops as an AID to policy and program planning*. Columbus Ohio, Battelle Columbus Laboratories, Dec. 1977, (mimeo).
- KAWAMURA, K. e CHRISTAKIS, A.N. — *The role of structural modeling in technology assessment*. Second International Congress on Technology Assessment, Ann Harbor, Michigan, October 1976, p. 7-8.
- MALONE, David W. — *An introduction to the application of interpretative structural modeling*. Proceeding of the IEEE, 63 (3), March 1975.
- WARFIELD, John N. — *Societal systems; planning policy and complexity*. New York, John Wiley and Sons, 1976.

Renove sua Assinatura da

Revista de Administração

FEA — USP

Caixa Postal 11498

05499 — São Paulo