

## Redes Neurais em Decisões de Políticas de Ciência Tecnologia e Inovação

Ricardo DaSILVA (CNPq) rdasilva@cnpq.br

### Resumo:

*Neste artigo procura-se analisar o papel multiplicador de investimento em Ciência Tecnologia e Inovação - C,T & I nos principais países desenvolvidos e sua correlação com a tomada de decisão de entidades internacionais, públicas e privadas em direcionar seus investimentos para tais países. O presente trabalho tem como objetivo principal a exposição de uma metodologia para elaboração e análise de avaliação institucional utilizando a teoria de redes neurais e em particular a método de conjuntos nebulosos ou lógica fuzzy.*

*Muitas decisões estão baseadas em crenças ou julgamentos que diz respeito a eventos incertos; de um modo geral incertezas podem ser expressos por operações numéricas ou por operações heurísticas, de um modo geral dependem da compreensão das relações entre variáveis no mundo que nos cerca, ou seja, requerem respostas quantitativas para respostas qualitativas. Esses julgamentos estão baseados em dados que podem estar limitados ou não contem todas as informações necessárias para tomadas de decisões. As escolhas individuais ou em grupos tomadas sobre essas condições de incertezas podem apresentar vies de interpretação ou de análise onde as funções de redes neurais têm a habilidade de capturar a complexidade do problema.*

Palavras-Chaves: Políticas de C,T & I; Análise de decisão: Redes neurais; Método fuzzy;

### 1. Introdução

Embora o senso comum e a experiência cotidiana possam sugerir que certos tipos de julgamentos sobre políticas públicas, o senso comum não pode fornecer uma resposta quantitativa a questões sobre qual é exatamente o efeito de tal política, para tal necessitamos examinar dados empíricos, mesmo que estes contenham uma porcentagem de incertezas. (DIAMOND; ROTHCHILD, 1989).

Devido à característica s dos processos de decisão ser complexos e únicos, mesmo que certa determinada situação se repita, o processo decisório será diferente, podemos ter as seguintes situações: os envolvidos podem ser diferentes, os espaços político das correlações de forças podem ser outro e mesmo o momento da decisão pode ser diferente, de um modo geral podemos afirmar que o presente não é uma simples repetição do passado. (CHURCHILL, 1990).

Assim, o processo de análise na tomada de decisão deve levar em considerações tantos os dados qualitativos como, por exemplo, as influências das organizações quanto às pressões dos seus pares, quanto dados quantitativos envolvidos nas decisões, por exemplo, orçamento anual ou prioridades governamentais. Com isso procura-se analisar as tomadas de decisões e os grupos envolvidos no processo decisórios, cuja finalidade é analisar as repercussões e as alternativas disponíveis nos objetivos considerados de cada grupo de influencia.

O uso da lógica *fuzzy* com base na teoria dos conjuntos nebulosos tem se mostrado mais adequadas para tratar certos tipos de problemas do que a teoria da probabilidade, nos quais existem infinitos graus de incertezas, por exemplo, retorno financeiro, taxa de risco em

investimentos, aporte de recursos a projetos de desenvolvimentos etc., onde a questão não se resume em um único sim ou não, mas há múltiplos fatores que influenciarão na tomada de decisão. Ou seja, há uma imperfeição intrínseca à informação representada numa linguagem natural, a qual tem sido tratada matematicamente com o uso da teoria da probabilidade.

Embora a literatura sobre avaliação de políticas científicas comece a ter uma importância crescente nas últimas décadas, a falta de estudos que combine elementos qualitativos e quantitativos para políticas de estratégia de C,T & I, baseada em inevidências empíricas, principalmente quando se busca analisar as trajetórias de acumulação de competências tecnológicas, processo de decisão e melhoria no desempenho de políticas nacionais.

A teoria da lógica *fuzzy* foi criada por Lotfi Zadeh em seu trabalho “Fuzzy sets” publicado na Information and Control em 1965, esse trabalho é uma extensão da lógica booleana ou convencional no qual, o conceito de “verdade não-absoluta” é introduzido, e utiliza principalmente como ferramenta o tratamento de imprecisões na linguagem natural, de uma forma geral é uma tentativa de lidar com conceitos vagos ou imprecisos. A teoria dos conjuntos nebulosos é uma tentativa de aproximar as precisões do mundo real.

A tentativa de aproximação ao mundo real é a diferença básica entre a lógica *fuzzy* e a lógica tradicional, enquanto esta lida com valores binários, característica da precisão matemática, a lógica *fuzzy* lida com graus de verdade (BEZDEK, 1994).

Evidências empíricas sugerem que a globalização de competências em políticas de inovação vem ocorrendo de forma disseminada acontecendo por meio do envolvimento significativo de empresas transnacionais - ETNs em atividades de P&D, seja individualmente ou em parceria com a infra-estrutura tecnológica local, em particular institutos tecnológicos.

Alguns fatores podem ser apontados como os maiores responsáveis por essa aproximação entre as ETNs e empresas locais: a dimensão e diversidade dos mercados locais e regionais que requerem produtos específicos; a necessidade de suporte técnico para operações comerciais locais apresentada pelas ETNs a capacidade de pesquisadores etc. (von ZEDTWITZ.; GASSMANN. 2002)

## **2. Desenvolvimento Metodológico**

### **2.1. Utilização da regras de Lógica Fuzzy**

As regras teoria dos conjuntos nebulosos ou lógica *fuzzy* são estruturas vastamente utilizadas em várias abordagens da teoria *fuzzy* e podem ser entendidas de diversas maneiras. Conceitualmente, as regras *fuzzy* descrevem situações específicas que podem ser submetidas à análise de um painel de especialistas, e cuja inferência nos conduz a algum resultado desejado.

A teoria dos conjuntos nebulosos tem grande aplicação na área de controle e análise de sistemas (COX, 1994), as suas aplicações em outras áreas do conhecimento, como economia, administração, política C,T & I; e logo foi percebida como uma ferramenta de grande utilidade no processo decisório veja, por exemplo, o trabalho de (LI & YEN, 1995).

Dado um universo  $U$  e um elemento qualquer  $x \in U$ , o grau de pertinência  $\mu(x)$  corresponde a um conjunto  $A \subseteq U$  quando:

$$1 \text{ se } x \in A \quad \text{ou} \quad 0 \text{ se } x \notin A.$$

Para um indicador multiutilidade  $I_A(x)$  ou função valor temos,  $m_A : X \rightarrow [0,1]$ . O que nos permite combinar o indicador utilidade ou conjunto fuzzy com o operador de indicador:

$$\begin{aligned} I_{A \cap B}(x) &= \min(I_A(x), I_B(x)) \\ I_{A \cup B}(x) &= \max(I_A(x), I_B(x)) \\ I_{A'}(x) &= 1 - I_A(x) \\ A \subset B \text{ se } I_A(x) &\leq I_B(x) \text{ para todos os } x \in X \end{aligned}$$

Portanto, o valor do indicador  $m_A(x)$  mede a pertinência ou o grau no qual o elemento  $x$  pertence ao conjunto  $A$ :

$$m_A(x) = \text{Grau}(x \in A)$$

Portanto ele reduz os “paradoxos” de “meias-verdades”. Para representar o extremo da incerteza inerente em cada sentença empírica ou meso em sentença matemática. (KOSKO, 1992).

No trabalho de Zadeh (1965) este conceito é estendido no qual alguns elementos possam ser mais “membros” do conjunto que outros. Portanto, o valor de pertinência pode assumir qualquer valor ente 0 e 1, sendo que os valores:

- 0 indica uma total exclusão e
- 1 indica uma completa pertinência.

A regra *fuzzy* é uma unidade capaz de capturar algum conhecimento específico, e um conjunto de regras é capaz de descrever um sistema em suas várias possibilidades. Uma vez construído o conjunto de regras *fuzzy* necessitaremos de uma “máquina de inferência” para extrair dela a resposta final. Existem vários métodos de inferência possíveis e a escolha por um deles depende do sistema que está sendo analisado. No entanto, a inferência mais comum, e amplamente utilizada no controle de sistemas, é o Método de *Mamdani*, onde; dadas às entradas dos elementos  $a$  e  $b$ , temos:

$$\begin{aligned} m_i &= P(a,b) = A_i(a) \wedge B_i(b), \quad a \in X \text{ e } b \in Y \\ C(z) &= \text{Max}[m_i \wedge C_i(z), \quad i=1,\dots,N] \quad \forall z \in Z \end{aligned}$$

Onde temos as regras interpretadas de  $f_c$  de intersecção *fuzzy* com mínimo. As regras são processadas em paralelo, ou seja, todas as regras (circunstâncias) são consideradas ao mesmo tempo, e ao final obtemos uma resposta que pode ser tanto um valor numérico clássico, quanto um conjunto *fuzzy* ou um funcional, a depender do tipo de conseqüente utilizado.

### 2.1.2. Processos de decisão utilizando conjuntos nebulosos

Tomar decisões é uma das atividades mais fundamentais dos seres humanos e muitos estudos têm sido desenvolvidos acerca desse assunto. O objeto de análise de um processo de decisão é justamente o estudo de quais estratégias utilizarem e como escolhê-las de forma melhor ou mais eficientemente. Estudos desse tipo têm sido amplamente aplicados em áreas de gerenciamento, onde o processo de decisão assume um papel fundamental, tais como controle, investimentos, desenvolvimento de novos produtos e alocação de recursos, entre outros. Entretanto, em regra geral, os processos de decisão incluem sempre qualquer situação onde uma escolha, ou uma seleção das alternativas se faz necessária, abrangendo desde as ciências tidas como exatas até as humanas.

Para os tomadores de decisão há necessariamente que haver três informações básicas, as quais são necessárias para os processos decisórios: Os objetivos que queremos atingir; as alternativas disponíveis no momento e as restrições, ou seja, os fatores limitantes que dispomos.

Dentro do processo de decisão nebulosa transformamos essas variáveis contínuas e os conceitos discretos em outras cuja finalidade é determinar as alternativas mesmo as não percebidas co parte do sistema. Utilizando esse método o tomador de decisão deve reconhecer que ele isolado tem uma percepção do problema e provavelmente com inconsistentes vieses que são incorporados no processo de decisão.

Todos os objetivos alternativos e restrições devem ser no processo de decisões validadas, em todos os quais devem se dados valores que incluem o grau de importância sua relação de peso com as outras e o grau de cada uma delas distancia-se do objetivo.

Os conjuntos *fuzzy* podem ser introduzidos na teoria de tomada de decisão de diversas formas. Bellman e Zadeh (1970) sugeriram um modelo *fuzzy* de tomada de decisão no quais os objetivos e restrições relevantes são expressas e a decisão é determinada a partir de um tipo de agregação apropriada desses conjuntos.

### **2.1.3. Descrição do sistema de inferência**

Os sistemas *fuzzy* são, em geral, os resultados de uma generalização dos sistemas clássicos, ou seja, nessa abordagem os conceitos nebulosos (vagos) são incorporados a esses sistemas. Os sistemas difusos estimam funções com descrição parcial do comportamento do sistema, onde especialistas podem prover o conhecimento heurístico, ou esse conhecimento pode ser inferido a partir de dados de entrada / saída do sistema. Desta forma, podemos dizer que os sistemas difusos são sistemas baseados em regras que utilizam variáveis linguísticas difusas (conjuntos difusos) para executar um processo de tomada de decisão. Um Sistema de Inferência pode ser composto de cinco blocos principais.

1. Base de regras Base de dados - define as funções de pertinência do conjunto difuso nas regras *fuzzy*.
2. Unidade de Decisão Lógica - realiza operações de inferência.
3. Interface de Fuzzificação - utilizando as funções de pertinência pré-estabelecidas. Interface de Defuzzificação - transforma os resultados difusos da inferência em valores de saída.

Neste Sistema de Inferência *Fuzzy*, consideram-se entradas não-*fuzzy*, ou precisas resultantes de medições ou observações (conjuntos de dados, por exemplo), que é o caso da grande maioria das aplicações práticas. Em virtude disto, é necessário efetuar-se um mapeamento destes dados precisos para os conjuntos *fuzzy* (de entrada) relevantes, o que é realizado no estágio de fuzzificação. Neste estágio ocorre também a ativação das regras relevantes para uma dada situação.

Existem vários métodos de defuzzificação na literatura; dois dos mais empregados são o centro de gravidade e a média dos máximos. Neste, a saída precisa é obtida tomando-se a média entre os dois elementos extremos no universo que correspondem aos maiores valores da função de pertinência do conseqüente.

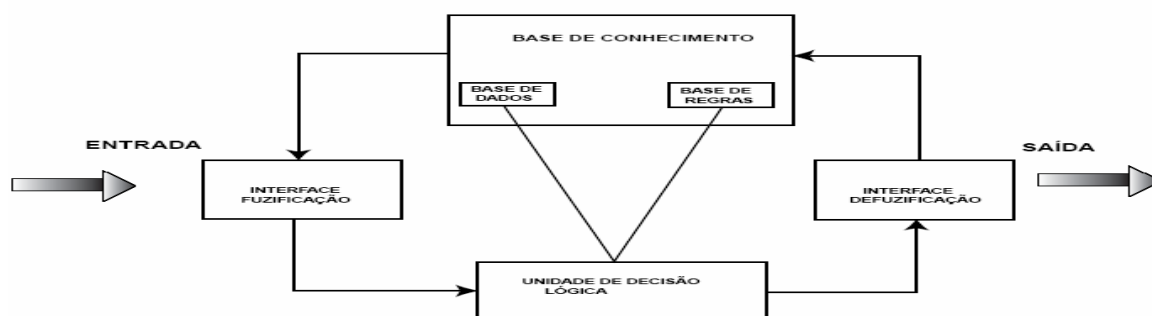


Figura 1: Sistema de inferência *Fuzzy*.

Os conjuntos *fuzzy* de entrada, relativos aos antecedentes das regras, e o de saída, referente ao conseqüente, podem ser definidos previamente ou, alternativamente, gerados automaticamente a partir dos dados. Um aspecto importante é a definição dos conjuntos *fuzzy* correspondentes às variáveis de entrada (antecedentes) e à(s) de saída (conseqüente(s)), pois o desempenho do sistema de inferência dependerá do número de conjuntos e de sua forma.

## 2.2. Análise de C,T & I

Diversas áreas apresentam benefícios decorrentes da utilização da teoria dos conjuntos nebulosos, dentre elas a análise de decisão em investimento em políticas de C,T & I, o que permite a ampliação do manuseio de incertezas e de controle de sistemas complexos que lhe é característica, além das seguintes vantagens: 1. Requer poucas regras, valores e decisões; 2. Maior número de variáveis observáveis podem ser valoradas; 3. Os usos de variável lingüístico podem ser facilmente ponderados; 4. Simplificação na solução dos problemas; 5. Proporciona um rápido protótipo e descrição do sistema e 6. Simplifica o uso da base de conhecimento existente.

O Brasil em números absoluto tem um PIB elevado, porém quando comparado com outros países com o mesmo nível de desenvolvimento comparando valores que refletem investimentos em C,T & I perde em número absoluto, por exemplo, a Coreia. Portanto além de investir pouco, o Brasil concentra suas atividades de C,T & I em universidades e em centros de pesquisa, deixando de aplicar investimentos em outros ramos que poderiam ser rentáveis.

Dentre os diversos objetivos propostos pelo Livro Branco, 2002 quanto a relação das políticas de C,T & I é um maior esforço do Estado em atuar ativamente utilizando novos mecanismos e formas de interação no plano internacional onde, “Um campo particularmente inovador e que deverá ganhar prioridade é a atração de empresas estrangeiras para fazer P&D no País, e do incentivo à participação das empresas brasileiras em alianças tecnológicas internacionais”. p. 71.

Conforme em Vedovello e Godinho (2003), há uma diversidade de mecanismos e processos, os quais servem de suporte à provisão de serviços em políticas científicas e tecnológicas tais como: contrato de pesquisa, assistência técnica, certificação, consultoria e treinamento. A política estratégica de C,T e I, é parte de um sistema maior, denominado Sistema Nacional de Inovação (SNI), o qual representa um conjunto de instituições distintas que, conjunta ou individualmente, contribuem com o desenvolvimento da capacidade de inovação do País,

fazem parte dos mecanismos de apoio os aportes em inovação que contemplam as universidades, parques tecnológicos, laboratórios públicos, denominada infra-estrutura tecnológica.

O fortalecimento de políticas de C,T & I apoiando atividade de pesquisa e desenvolvimento na esfera pública e privada, sendo um desafio estratégico fundamental para o Brasil, conforme Geddes (1986). Para os tomadores de decisão há enormes riscos nas atividades de C,T & I, onde a taxa de retorno só ocorre a médio ou a longo prazo, aliado a suscetível instabilidade da economia brasileira, trata-se de otimizar os investimentos em áreas de grande competitividade tecnológica para o país, onde o compartilhamento do conhecimento possa elevar o grau de produtividade.

A utilização da teoria dos conjuntos nebulosos é efetuada com base no conhecimento a priori do investimento a ser efetuado e sobre o desempenho das alternativas e das restrições dadas pelo SNI para atingir os objetivos requeridos de apoio as políticas de inovações tecnológicas. A partir da estrutura de preferência dos decisor, representada pela função *fuzzy* são estabelecidos critérios mais adequados para a construção do sistema de modo a atingir os objetivo.

Dados da UNCTAD (2003) indicam que em países mais desenvolvidos há um apoio do Estado no desenvolvimento de C,T & I tanto a nível publico como privado, variando para o setor privado entre 0,2 a 0,6% do PIB industrial. Portanto esse tipo de investimento é tão importante para os países que não há restrições e são permitidos explicitamente no acordo da Organização Mundial do Comércio, onde o Brasil é um dos signatários.

O volume de investimentos em P&D aportados por organizações norte americanas em países em desenvolvimento variam de ano a ano, por esse motivo há valores implícitos e explícitos apontados por von Zedtwitz e Gassmann (2002) que tornar a decisão de investimentos influenciadas por fatores de risco e de retorne que levam em conta geralmente: a) proximidade a universidades e parques tecnológicos; b) base científica local c) tamanho do mercado e d) proximidade a clientes e acesso a mercado.

Essa estratégia com finalidade de decisão de investimento reforçam os esforços das políticas de C,T & I nacionais voltadas a estimular o aumento dos investimentos e a concorrência na competitividade global que basicamente são os fatores apontados acima.

O que se busca e analisar o padrão de investimento por empresas norte-americanas em C,T & I em países em desenvolvimento e as formas de acumulação e promoção dos mesmo. Com base na tabela 1 pode-se notar a variabilidade de aporte em países com característica de padrão tecnológicos semelhantes.

Tabela 1: Porcentagem de investimentos efetuados em países selecionados

	1982	1989	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Brasil	2,52	1,16	2,00	1,98	2,46	2,99	3,04	1,59	1,27
México	0,78	0,47	1,54	0,46	0,86	0,86	1,30	1,31	1,54
África do Sul	0,60	0,11	0,12	0,14	0,13	0,15	0,20	0,08	0,11
Cingapura	-	0,30	1,41	0,50	0,63	0,50	0,42	2,55	2,77

Fonte: adaptação do National Science Foundation

### 3. Análise dos Dados

O processo de C,T & I, em seu sentido mais amplo contempla vários estágios que vão desde a pesquisa até a produção e comercialização do produto / serviço e que se processam das mais diversas formas de organizações tanto no setor público como privado ou em vários países em desenvolvimento por meio da cooperação de ambas. Esta última forma de parceria tem sido alvo de análise de vários estudiosos do assunto que se preocupam com a política estratégica de governos principalmente voltada às atividades de inovação, esta tem se mostrado como uma intensa atividade devido a interação entre os conhecimentos tácitos e explícitos e seus complexos.

Por outro lado nota-se maior incentivo das políticas de C,T & I por meio dos *spin-offs*, nos principais países envoltos tais como na presente análise o Brasil, a Cingapura, México e África do Sul, onde países com esses perfis requerem recursos para a fase inicial de desenvolvimento para sua expansão, ou seja, capital de giro e investimento, os quais gerarão maior competências a níveis nacionais.

Na tabela 2 está descritos os quatros principais objetivos e restrições apresentadas no trabalho de von Zedtwitz, & Gassmann, 2002 referentes a viabilidade de investimento de P&D em mercados de países em desenvolvimentos ou seja há quatro critérios que podem ser considerados como direcionador de gerenciamento de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, é necessária dizer que os autores trabalham com uma linha de pesquisas onde delineiam as razões de investimentos em pesquisas (P) e onde localizam as atividades de desenvolvimento (D).

Tabela 2: Objetivos e Restrições para Investimentos em países em desenvolvimento

	Name	Goal Description	Name	Constraint Description
1	ProxUniv	Proxim. A Universidade e Parques	BasLocal	Base Científica Local Limitada
2	DimMerc	Dimensão e Tamanho do Mercado	AdpInova	Adaptação de Inovação e Processo
3	EspLocal	Acesso a Especialistas Local	RegulAdq	Adequação a Regulamentação
4	ImpCliet	Apoio e Aproximação de Clientes	ProtNaci	Política de Proteção Nacional

Fonte: von Zedtwitz e Gassmann (2002)

A figura 2 resume as variáveis utilizadas e auxilia a interpretação dos objetivos e restrições com seus respectivos pesos, e a representação gráfica permite a identificação das variáveis e as categorias em destaques, as quais correspondem a política estratégica e seus impactos. Os pesos medem a grandeza de impacto desde o “mais importante” até o “menos importante”, passando pelo vários pontos, resultado de sucessivas transformações das variáveis tomando como princípio para o processamento o referencial teórico e os dados das medidas qualitativas.

Com base nas percentagens de investimentos efetuados em países selecionados extraídos do estudo da National Science Foudation, 2000, tabela 1 e agrupados conforme a classificação na tabela de objetivos e restrições para investimentos – na tabela 2 inserimos os mesmos no software The Fuzzy Decision Maker de O’Hagen, 1993, cuja finalidade está em utilizar a implementação de controladores difusos ou nebulosos, aplicados nos mais variados tipos de processos.

Essas são algumas das vantagens quando se busca analisar dados de políticas estratégicas de investimentos em C,T & I por meio de múltiplos critérios e onde, principalmente os decisores apresentam viés na concepção das alternativas.

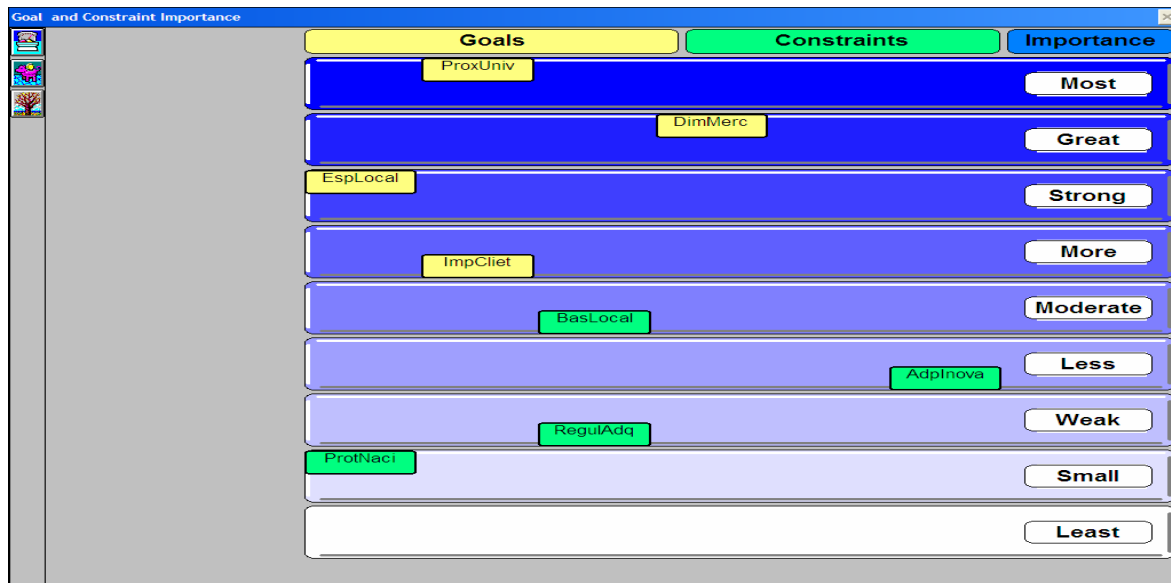


Figura 2: Grau de importância entre os objetivos e as restrições de investimentos

A utilização das regras dos conjuntos nebulosos ou lógica fuzzy confere ao sistema de controle várias vantagens, incluindo: a) simplificação do modelo do processo; b) melhor tratamento das imprecisões inerentes aos sensores utilizados; c) facilidade na especificação das regras de controles; d) aproximação matemática de linguagem natural; e) satisfação de múltiplos objetivos de controle; d) facilidade de incorporação do conhecimento de especialistas.

A figura 3 acima nos mostra as saídas do processo decisório dos investimentos em C,T & I a níveis de importâncias dos fatores cujos níveis são determinados pelo limiar  $\alpha$ ; sendo de 265 pontos para o item referente a aproximação da universidade e de parques tecnológicos, o limiar nos apresenta esse valor com base na otimização do conhecimento a priori dos especialistas, traduzidos os dados na tabela 1, onde procura maximizar a função utilidade estabelecidas. Esta função é estabelecida com base nas preferências que o decisor tem sobre as possíveis conseqüências no sistema de C,T & I.

Os dados apresentados no processo de fatores de decisão cujos limiares são: 0,476 para Cingapura, 0,392 para o México, 0,430 para o Brasil e 0,295 para a África do Sul, o sistema apresenta a otimização indicando a melhor ação após a etapa de entrada de dados e especificação de condições que caracterizam o problema. O sistema inclui um estudo de análise de sensibilidade com base nos níveis de importância apresentados de modo a verificar o impacto nos resultados obtidos.

Pelo grau de matriz de importância de investimento em figura 4, mostra que uma das razões principais para o deslocamento de investimentos em C,T & I é o fato que a estratégia no processo decisório no Brasil não ter sido motivado em estabelecer políticas de longo prazos, primeiro porque no modelo adotado no início a maior parte da tecnologia vinha de fora em um ambiente pouco competitivo onde investimentos em C,T & I não eram motivos de preocupações.(FIGUEIREDO, 2003).



	Name	Alpha
1	ProxUniv	265,00
2	DimMerc	184,00
3	EspLocal	125,00
4	ImpCliet	84,00
5	BasLocal	56,00
6	Adplnova	38,00
7	RegulAdq	26,00
8	ProtNaci	18,00
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		

	Name	Lev.
1	ProxUniv	9
2	DimMerc	8
3	EspLocal	7
4	ImpCliet	6
5	BasLocal	5
6	Adplnova	4
7	RegulAdq	3
8	ProtNaci	2
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		

	Name	Dec.
1	Cingapur	0.476
2	Mexico	0.392
3	Brasil	0.430
4	AfSul	0.295
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		

Figura 3: – Grau de fatores de importância, níveis e fatores de decisão em investimentos.

Portanto, a estratégica da análise examinada mostra os esforços de síntese das informações para a produção e disseminação de políticas de C,T & I na qual envolve processamento de redução de dimensionalidade. A estratégia de redução das medidas originais de cada variável de octodimensionalidades a partir de intervalos entre elas permite a redução da dispersão, ou seja, das dimensões originais, veja matrizes da figura 4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	I
1	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00						
2	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00						
3	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00						
4	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00						
5	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00						
6	0.16	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00						
7	0.14	0.16	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00						
8	0.12	0.14	0.16	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00						
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														

Figura 4: - Matriz de Importância de investimentos em C,T & I

G1	ProxUniv	DimMerc	EspLocal	ImpCliet	BasLocal	Adplnova	Re
Cingapur	9	7	9	8	9	8	
Mexico	8	8	7	9	7	7	
Brasil	7	9	8	7	8	9	
AfSul	6	6	6	6	6	6	
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							

Figura 5: - Matriz de nível de satisfação por fatores e investimentos em países

A figura 5 acima mostra o nível de satisfação esperada para cada uma das quatro ações analisadas. Cada parâmetro mostra uma situação específica para cada análise de satisfação

que o sistema verifica automaticamente. Os resultados obtidos indicam o nível de satisfação para cada ação com máximo e mínimo grau.

Graphic	ProxUniv	DimMerc	EspLocal	ImpCliet	BasLocal	Adplnova	E
Cingapur	0.46	0.16	0.46	0.27	0.46	0.27	
Mexico	0.27	0.27	0.16	0.46	0.16	0.16	
Brasil	0.16	0.46	0.27	0.16	0.27	0.46	
AfSul	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Figura 6: - matriz de percentagem de satisfação em investimentos por países

Pelo grau de percentagem mostrado na figura 6, nota-se que o papel de pesquisa em universidades e parques tecnológicos e a dimensão do mercado, funcionam apenas como complementar e não substitui o papel de estratégia de política de C,T & I assumido pelo Estado.

Os resultados apresentados na figura 7 mostram que o processo decisório utilizando a lógica *fuzzy* objetivam alguns resultados apenas durante algum período, mas forma incapazes e insuficientes para manter uma estratégia duradoura de política de C,T & I a nível global, isso pode ser explicado pela falta de investimentos em utilizar a proximidade da universidade ou parques tecnológicos e dimensionar corretamente o mercado a nível internacional.

G1	Cingapur	Mexico	Brasil	AfSul	E	F
ProxUniv	0.17	0.14	0.06	0.10		
DimMerc	0.05	0.14	0.19	0.10		
EspLocal	0.17	0.08	0.11	0.10		
ImpCliet	0.10	0.24	0.06	0.10		
BasLocal	0.17	0.08	0.11	0.10		
Adplnova	0.10	0.08	0.19	0.10		
RegulAdq	0.17	0.08	0.04	0.29		
ProtNaci	0.05	0.14	0.19	0.10		
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						

Figura 7: - grau de percentagem do processo decisório.

Com base na análise da figura 8 apresentada, verifica-se que ainda há muito para se avançar na melhoria de investimentos em C,T & I no Brasil, não só do ponto de vista de instrumentos, mas também de políticas estratégicas que levem em conta as relações de globalização e aprimoramento das operacionalidades de mercado.

O modelo de decisão permite abordar diretamente o problema de incorporação de tratamento quantitativo para os objetivos nas funções da lógica nebulosas. Os dados do sistema de decisão permitem uma versatilidade maior na aplicação, o decisor pode interagir e fazer um estudo de alternativas de satisfação e hierarquizar as alternativas além de simular cenários diferentes, isso permite um maior grau de segurança na tomada de decisão.

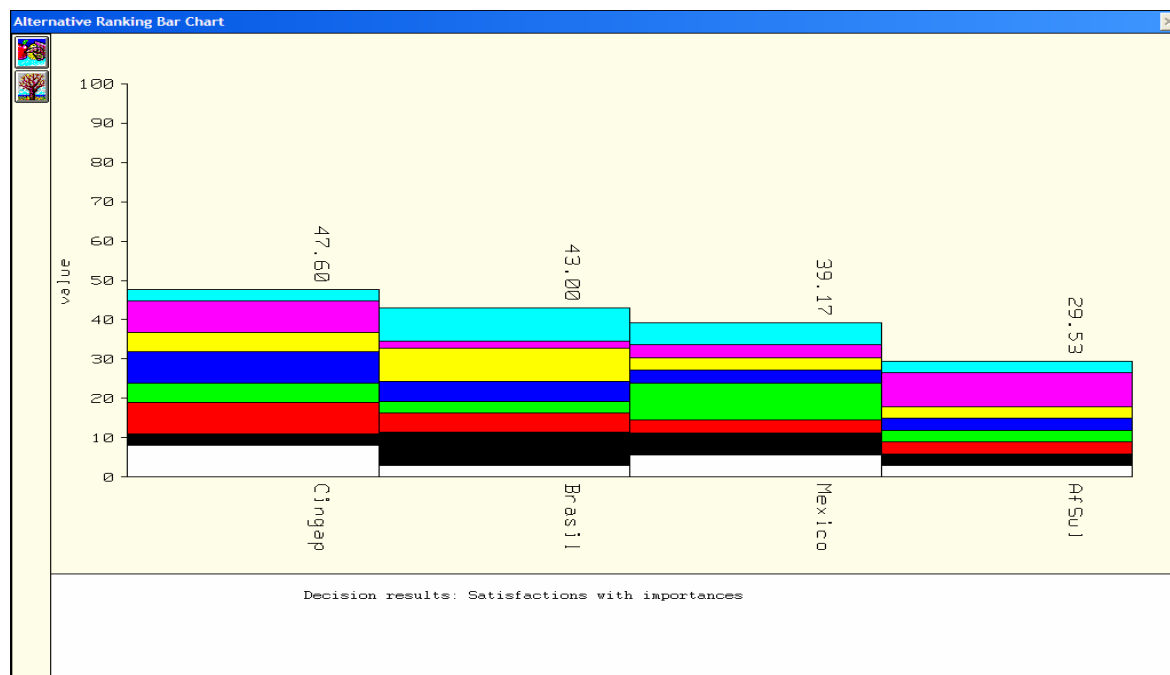


Figura 8: - Resultado de decisão por grau hierárquico de percentagem por países.

#### 4. Conclusão

Com base no que foi discutido, pode-se inferir algumas conclusões, de uma maneira sintética podemos afirmar que a utilização da metodologia para elaboração e análise de decisão e de avaliação institucional utilizando a teoria dos conjuntos nebulosos ou lógica *fuzzy*, mostrou que o processo de investimento em C,T & I em países em desenvolvimento não tem uma relação linear, mas esses refletem as principais dinâmicas do processo decisório e as grandes tendências significativas de comparação internacional. Nesta perspectiva, o estudo mostra que as decisões de investimentos em C,T & I a diferentes países são elementos importantes para a formulação de políticas nacionais e definições de estratégias setoriais.

Por outro lado, mesmo os recursos liberados de investimentos em C,T & I não são canalizados eficientemente para cumprir seus propósitos, ou seja, há falta de definição de critérios os quais requerem um esforço de centralização das decisões por parte do governo. Neste sentido, o caráter dinâmico do processo decisório de investimentos em C,T & I constitui-se em um requisito para as políticas estratégicas nacional de gestão do conhecimento, o que implica ainda em uma ampla e importante atividade de seleção das variáveis a serem utilizadas.

Por seu turno, uma análise das decisões utilizando ferramental proposto, proporcionara o estabelecimento de uma política estratégica mais criteriosa e sistemática dos resultados dos investimentos e, por conseguinte de melhor aplicação das arrecadações geradas por meio de políticas de globalização. Portanto, deverão ser melhorados os esforços de estratégias nacionais que evoluirão na ampliação de processos de análises de decisão das premissas e das práticas de inserção no âmbito de cooperação internacional. O sistema pode, além do mais, se ampliado para tratar outras classes de problemas com ajustes específicos dentro do quadro geral adotado.

#### 5. Referências Bibliográficas

- BELL, M.; PAVITT, K. The development of technological capabilities. In: HAQUE, I.U. (ed.), *Trade, Technology and International Competitiveness*. Washington: The World Bank, pp. 69-101, 1995.
- BELLMAN, R.E.; ZADEH, L.A. Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17 (4): p.141-164, 1970.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia *Livro Branco: ciência, tecnologia e inovação*. Brasília: MCT, 2002.
- BEZDEK, J. Fuzzy models: what are they, and why. In: MARKS, R. J. (eds.) *Fuzzy Logic technology and applications*. New Jersey: IEEE, p.3-7, 1994.
- CHURCHILL, J. Complexity and Strategic Decision-Making. In: EDEN, C.; RADFORD, J. (eds.) *Tackling Strategic Problems*. London: Sage, p. 11-17, 1990.
- COX, E. *The fuzzy systems handbook: a practitioner's guide to building, using and maintaining fuzzy systems*. Boston: Ap. Professional Ed., 1994.
- DIAMOND, P.; ROTHSCILD, M. *Uncertainty in Economics: readings and exercises*. New York: Academic Press, 1989.
- FIGUEIREDO, P.N. *Aprendizagem Tecnológica e Performance Competitiva*. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2003.
- FORBES, N.; WIELD, D. Managing R&D in technology-followers. *Research Policy*, v. 29, p. 1095-1109, 2000.
- GASSMANN, O.; Von ZEDTWITZ, M. New concepts and trends in international R&D organization. *Research Policy*. v. 28. p. 231-250, 1999.
- GEDDES, B. *Economic development as a collective action problem: individual interests and innovation in Brazil*, PhD dissertation, Berkeley, CA: Department of Political Science, University of California, Berkeley, 1986.
- KOSKO, B. *Neural Networks and Fuzzy Systems: a dynamical systems approach to machine intelligence*. New Jersey: Prentice-Hall, 1992.
- LI, H.; YEN, V.C. *Fuzzy sets and fuzzy decision-making*. [s.i.] CRC Publications, 1995.
- NATIONAL SCIENCE BOARD. *Science and technology policy, past and prologue a companion to science and engineering indicators – 2000*. Arlington, VA: National Science Foundation, 2000. NSB-00-87.
- O'HAGAN, M. A fuzzy decision maker Proc. Fuzzy Logic. *Computer Design Magazine*. Orlando: Harcourt Brace & Cia, 1993.
- SUTZ, J. The university-industry-government relations in Latin America. *Research Policy*, v.29, p.279-290, 2000.
- ZADEH, L.A. Fuzzy Sets. *Information and Control*. vol. 8, p. 338-353, 1965.
- UNCTAD. *World Investment Report 2003. FDI Policies for Development: National Competitiveness*. Geneva: United Nations, 2003.
- VEDOVELLO, C.; GODINHO, M. Business Incubator as a Technological Infrastructure for Supporting Small Innovative Firms' Activities, *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, Vol. 3, N°s 1-2, pp. 4-21, 2003
- Von ZEDTWITZ, M.; GASSMANN, O. Market versus technology drive in R&D internationalization: four different patterns of managing research and development. *Research Policy*. v. 31, p. 569-588, 2002.