

A LÓGICA FUZZY E A ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTO

Luiz Carlos Martinez Junior
T-Systems do Brasil
Luiz.Martinez@t-systems.com.br

Reinaldo Pacheco da Costa
Departamento de Engenharia de Produção-USP
rpcosta@usp.br

RESUMO

O artigo apresenta os principais conceitos da lógica *fuzzy* e uma aplicação desta na análise de alternativas de investimento para a melhoria econômica de uma indústria metalúrgica brasileira. Incorporando atributos subjetivos como “taxa de retorno *baixa, média, alta, muito alta*”, “*pouca, média, muita* melhoria na utilização da capacidade da fábrica”, o estudo de caso mostra a utilização da subjetividade humana na seleção de alternativas de investimento. Apresenta-se, finalmente, um protótipo do *software MERHU* – Módulo de Emulação do Raciocínio Humano, destinado a sistematizar os procedimentos de seleção de alternativas a partir da lógica *fuzzy*.

Palavras-chave: Lógica *fuzzy*; engenharia econômica; análise de investimentos.

FUZZY LOGIC AND ANALYSIS OF INVESTMENT ALTERNATIVES

ABSTRACT

The article presents the main concepts of fuzzy logic and its use in the analysis of investment alternatives for the economical improvement of a Brazilian metallurgical firm.. Embodying subjective requirements like “low, middle, high, very high return on investment”, “low, middle, high improvement of capacity utilization of the factory”, the study case shows the use of human subjectivity in selecting alternatives of investment. Finally, a prototype of the software MERHU – Module for Emulation of Human Reasoning – is presented as a tool for selection of alternatives by means of fuzzy logic.

Key words: *Fuzzy logic*; Economics engineering; investment analysis.

1. Introdução

As empresas de todos os setores envidam esforços para se tornarem mais eficientes na acirrada competição da atualidade. Um mecanismo utilizado para buscar este objetivo é a adequada análise de alternativas de investimento. Estes investimentos podem se destinar à construção de novas fábricas, à ampliação da capacidade produtiva de uma fábrica existente ou resolver problemas do cotidiano, como fazer com recursos próprios ou comprar de terceiros (*make-or-buy*).

O grande número de alternativas e de critérios para decidir sobre o aumento da capacidade ou da melhoria da produtividade de uma empresa acarreta dificuldades na etapa de análise. A complexidade dos métodos tradicionais é agravada quando consideramos que fatores de difícil quantificação são pertinentes. Na maioria dos casos a importância destes fatores e a necessidade de incluí-los no processo de escolha dificultam a construção de cenários capazes de expressar o posicionamento daqueles que devem tomar a decisão.

Quão melhor é um investimento em relação a outro? O que caracteriza um *bom* investimento? E um investimento *ruim*? Suponhamos que um especialista defina como investimento bom aquele que: *a*) proporcionar uma recuperação do capital em até três anos e *b*) promover um aumento de produtividade de no mínimo vinte e cinco por cento ao ano. Suponhamos, ainda, que foram quantificados três critérios de análise de duas alternativas de investimento.

Alternativa 1:

aumento de produtividade: 30,97%
tempo de retorno do investimento: 3,36 anos
redução na utilização do gargalo: 4,8%

Alternativa 2:

aumento de produtividade: 26,98%
tempo de retorno do investimento: 1,44 anos.
redução na utilização do gargalo: 15,7%

Em qual das alternativas investir?

Para elaborar tais análises é necessário considerar algumas premissas. A primeira (e mais evidente) é a necessidade de estabelecer critérios de decisão que levem em conta a estratégia da empresa – o que não é necessariamente redutível a cálculo. A segunda (e mais complexa) é a avaliação qualitativa de grandezas mensuráveis envolvidas na análise, ou seja, quais são os parâmetros para avaliar o quão boa ou quão ruim é uma alternativa de investimento.

Seja, por exemplo, a avaliação da taxa de retorno (TR). A lógica clássica leva a definir uma regra demonstrada no gráfico a seguir.

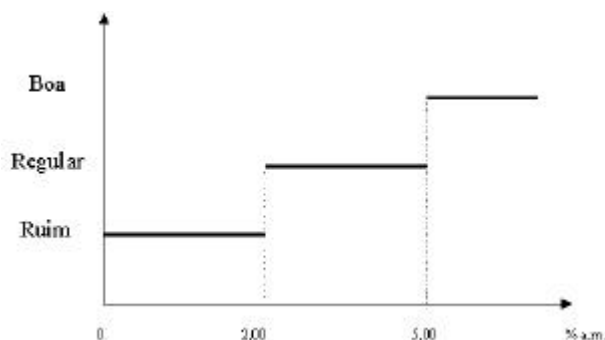


Figura 1. - Avaliação da taxa de retorno

Como a lógica clássica trata os números em relação a um intervalo de forma binária (0 para “não pertence a” e 1 para “pertence a”), neste exemplo uma taxa de retorno p igual a 1,98% ao ano será considerada ruim, enquanto uma taxa de 2,02% seria considerada regular. Não há taxa de retorno meio ruim ou meio regular.

Quando consideramos as imprecisões nos cálculos e as incertezas decorrentes da aleatoriedade dos eventos, não fica difícil concluir que estabelecer fronteiras rígidas para uma avaliação desta natureza pode levar a erros, omissões ou distorções.

A lógica *fuzzy*, adotada em conjunto com a técnica de *sistema especialista*, permite introduzir o mérito qualitativo na análise dos diferentes critérios de decisão, pois não os trata de forma binária (sim-não, certo-errado, aceitável-inaceitável etc.), mas atribui-lhes graus de pertinência.

2. A metodologia de análise de investimentos

De acordo com NEVES (1982), a análise sistemática de investimentos é o instrumental que busca a alocação eficiente dos recursos escassos. Sob a ótica da empresa privada, a avaliação de alternativas de investimento é realizada com base nos preços dos produtos e nos custos dos fatores de produção. Nesse caso a análise de investimento também é conhecida como análise de viabilidade econômica ou análise de rentabilidade.

Uma alternativa de investimento pode ser analisada sob diversas óticas. Pode-se considerá-la sob o ponto de vista do empreendedor, da sociedade, do agente financiador, da nação etc. Estes diferentes pontos de vista fazem com que, na análise de uma alternativa de investimento, seja necessário considerar alguns fatores relevantes, mas não mensuráveis. Estes fatores complicadores estão presentes em investimentos que envolvem riscos ou incertezas. Investimentos desse tipo são marcados pela presença de fatores aleatórios. Por isto

é que CASAROTTO (1985) sugere que a análise se inicie somente após a formulação da resposta para a seguinte pergunta: *Qual o objetivo de quem pretende investir?*

2.1. Critérios estratégicos para a tomada de decisão

A metodologia aqui proposta sugere que para toda decisão sobre investimentos deve ser sempre considerada a estratégia da empresa. Isto implica a consideração conjunta dos critérios aqui chamados de critérios estratégicos da manufatura. Entre estes mencionam-se, por exemplo,

- Redução da utilização de um recurso visto como gargalo;
- Otimização dos recursos de uma linha de produção;
- Redução da utilização de recursos empregados para elaborar produtos estrategicamente importantes;
- Aumento da margem de contribuição de um grupo de produtos complementares.

Todos esses critérios são indiretamente levados em conta na análise clássica de investimentos, pois quanto maior a redução de custos maior é a taxa retorno (TR) e, conseqüentemente, melhor o investimento. Tomados em conjunto, estes critérios estratégicos podem, todavia, complicar a análise racional, dando relevância a aspectos de difícil mensuração ou a elementos suscetíveis somente de análises subjetivas.

2.2 Barreiras da subjetividade

A lógica clássica fundamenta-se num sistema binário, isto é, uma afirmação ou é falsa ou é verdadeira, jamais podendo ser simultaneamente verdadeira e falsa, nem mesmo parcialmente verdadeira e parcialmente falsa. Por isto, a tradução de valores qualitativos em números por meio de tal lógica faz com que de muitas análises desapareçam a clareza e a relevância fundamentais para julgamentos de valor. Na verdade, entre a certeza de ser e a certeza de não ser existem infinitos graus de possibilidades. Por isto é que metodologias não clássicas, como a lógica *fuzzy*, as redes neurais e a lógica para-consistente, ganharam espaço no campo da análise e interpretação de resultados suscetíveis de interpretações subjetivas. Estas metodologias permitiram que a emulação do raciocínio humano por meio de máquinas se tornasse realidade, graças a trabalhos como os de ZADEH (1965, 1973).

2.3. Lógicas não clássicas

As lógicas não clássicas mais conhecidas para a emulação do raciocínio humano são as redes neurais e a lógica *fuzzy*.

As redes neurais são técnicas computacionais que apresentam um modelo matemático inspirado na estrutura neuronal de organismos que adquirem conhecimento por meio da experiência. Mas, enquanto o cérebro de um mamífero pode ter bilhões de neurônios, uma grande rede neural artificial pode ter apenas algumas centenas ou, quando muito, milhares de unidades de processamento. As redes neurais podem ser utilizadas na resolução de uma extensa gama de problemas em várias áreas, por exemplo a de classificação, identificação, diagnóstico e análise de sinais e de imagens, otimização e controle de processos etc. Sua implementação é fácil e elas são consistentes no tratamento de dados com ruídos, bastante eficientes em situações em que não há uma formulação analítica, seja porque o conhecimento formal ainda não seja acessível, seja porque as informações relevantes estão contaminadas por ruído, seja porque o problema modifica-se no decurso do tempo.

Lógica *fuzzy* “é uma lógica não-binária, desenvolvida como forma de lidar com dados vagos, imprecisos, na zona “cinzenta”, irredutíveis ao esquema clássico do “sim ou não”, “branco-preto”, “zero-um” (COSTA; 2002, p. 19). A Lógica *fuzzy* constitui-se em ponte no caminho que aproxima o raciocínio humano da lógica do computador.

No pensamento clássico, todo conjunto apresenta limites definidos; a diferenciação entre membros e não-membros é feita sem transições. O grau de pertinência do conjunto é especificado de forma binária por meio de atribuir, por exemplo, o valor 1 para os membros e 0 para os não-membros. Em um conjunto *fuzzy*, por outro lado, a transição entre ser membro de um conjunto e não-membro ocorre dentro de uma faixa, sendo associado ao elemento um grau de pertinência entre 0 (totalmente não-membro) e 1 (totalmente membro). Sendo assim, abre-se mão de uma diferenciação precisa. Sob o critério de ambiente fechado com temperatura confortável, por exemplo, para uma pessoa pode ser indiferente se a temperatura ambiente for 26°C ou 25,5°C.

A Lógica *fuzzy* permite respostas mais flexíveis para um dado estímulo. A saída de um sistema *fuzzy* é contínua e suave no decurso do tempo, sendo adequada para o controle de sistemas continuamente variáveis. Alguns exemplos de conjuntos *fuzzy* – conjuntos com fronteiras incertas – são os conjuntos de carros potentes, de números pequenos, de níveis baixos de água em represas etc.

Embora tanto as redes neurais quanto a lógica *fuzzy* emulem o raciocínio humano e sejam objetos de inúmeros estudos na área de inteligência artificial, os valores qualitativos são interpretados melhor pela lógica *fuzzy* (ZADEH; 1965).

A lógica *fuzzy* é mais adequada ao caso que será apresentado adiante neste artigo, pois

- faz uso de fatores qualitativos como baixo, médio, alto, provável improvável, interpretados por números *fuzzy* e manipulados pela aritmética pertinente,
- requer poucos fatores e poucas regras de decisão,
- possibilita a consideração de maior número de variáveis,
- permite simular o processo de julgamento humano,
- simplifica a busca da solução de problemas,
- proporciona elaboração razoavelmente rápida de modelos de sistemas,
- simplifica a estruturação de uma base do conhecimentos.

3. Estudo de caso

O estudo de caso a seguir integra a dissertação de mestrado de um dos autores deste artigo (MARTINEZ; 2002). O objeto do estudo é uma indústria metalúrgica situada na cidade de São Paulo. Confrontados com um aumento do volume de vendas, os dirigentes da indústria consideraram a necessidade de investir para aumentar a capacidade de produção de uma das fábricas. Isto determina, portanto, o objetivo do estudo: mudar para aumentar a capacidade de produção (atender uma demanda crescente).

3.1. Identificação de alternativas

Em uma análise de investimentos usando a lógica *fuzzy*, o passo inicial é determinar o motivo por que se deseja investir, ou seja, definir o objetivo da mudança que se deseja implantar. No caso, deseja-se aumentar a capacidade de produção de uma das fábricas.

Determinado o objetivo, o passo seguinte consiste em buscar alternativas de ação que permitam alcançar o objetivo. A busca das alternativas deve se fazer tanto fora da empresa (mercado específico), como dentro da própria empresa – seu corpo gerencial e técnico apresentando sugestões e propostas de ação que constituam opções de investimento. É importante que nesta etapa as pessoas não se limitem a sugerir as opções mais óbvias, como trocar os equipamentos existentes ou adquirir equipamentos adicionais. Mudanças do processo e redimensionamento das linhas de produção constituem-se em alternativas inovadoras que não podem ser excluídas *a priori*.

3.2. Definição dos critérios de análise de alternativas

A análise das alternativas de investimento será realizada a partir de uma figura de mérito aqui chamada de base de conhecimento, estruturada a partir de critérios de análise das alternativas. Impõe-se, então, a necessidade de formular estes critérios.

No caso em questão, definiram-se como critérios fundamentais o tempo de retorno do investimento e o grau de ocupação dos recursos de uma fábrica.

A dinâmica do grupo incumbido da solução do problema favorece o enunciado de critérios estratégicos e particulares. Quando o motivo da análise está claramente definido e aceito por consenso, formula-se um conjunto convergente de critérios, o que favorece a estruturação de uma sólida base de conhecimento.

Elaborada a lista de critérios, devem ser definidos os termos qualitativos para a sua avaliação. Os mais comuns são *alto*, *baixo*, *ruim*, *regular*, *bom*. A quantidade de termos qualitativos associados a determinado critério é diretamente proporcional à complexidade que se deseja agregar à análise. Por exemplo, ao critério ‘redução na utilização de recursos’ podem ser associados os termos *nenhuma*, *pouca*, *razoável*, *grande*; ao critério ‘taxa de retorno’ podem ser associados os termos *baixa*, *média*, *alta*, *muito alta*.

Esta etapa se conclui com a atribuição de um número *fuzzy* a cada associação de termo qualitativo e critério específico.

3.3. Números *fuzzy*

Os números *fuzzy* são números reais, que expressam o grau de pertinência dos critérios, grau este cujo valor preciso é incerto (SILER; 1999). Isto é, números *fuzzy* traduzem em números a qualificação atribuída a um critério por meio de um termo qualitativo.

3.3.1. Números *fuzzy* para a redução na utilização de recursos

No caso da indústria metalúrgica que se considera no estudo, ao critério ‘redução na utilização de recursos’ foram associados três termos qualitativos: *pouca*, *regular*, *grande*. A figura abaixo apresenta os números *fuzzy* associados a estas qualificações.

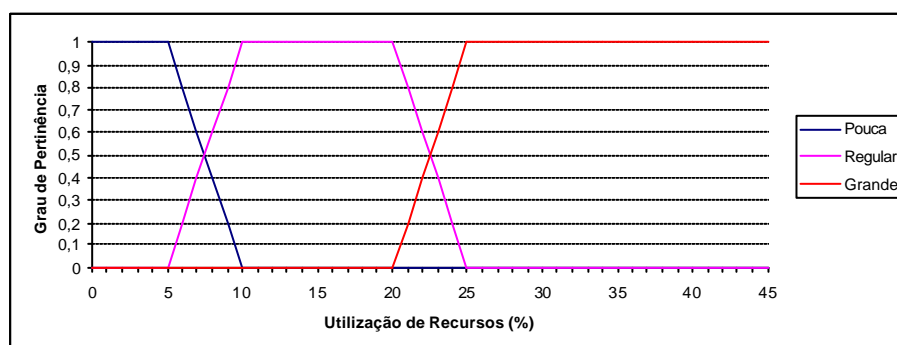


Figura 2. - Números *fuzzy* para a redução na utilização de recursos

Na figura estão expressas as funções de pertinência dos números *fuzzy* associados à redução na utilização de recursos. Estas funções de pertinência são expressas pelas seguintes equações:

a) Função de pertinência para “pouca redução na utilização de recursos” (y_p):

$$y_p = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq 5 \\ \frac{x-10}{5-10} & 5 \leq x \leq 10 \\ 0 & x \geq 10 \end{cases}$$

b) Função de pertinência para “regular redução na utilização de recursos” (y_r):

$$y_r = \begin{cases} \frac{x-5}{10-5} & 5 \leq x \leq 10 \\ 1 & 10 \leq x \leq 20 \\ \frac{x-25}{20-25} & 20 \leq x \leq 25 \\ 0 & x \geq 25 \end{cases}$$

c) Função de pertinência para “grande redução na utilização de recursos” (y_g):

$$y_g = \begin{cases} 0 & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{25-20} & 20 \leq x \leq 25 \\ 1 & x \geq 25 \end{cases}$$

3.3.2. Números *fuzzy* para a taxa de retorno (TR)

No caso foram atribuídos quatro qualificativos para a TR: *baixa*, *média*, *alta* e *muito alta*. Para a TR propriamente dita foram escolhidos valores dentro do intervalo (0,5; 6,0), expressos em %/mês, constituindo o conjunto $U = \{0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0\}$. Na tabela a seguir apresentam-se os graus de pertinência atribuídos a cada valor da TR dentro da qualificação.

TR (%/mês)	QUALIFICAÇÃO			
	Baixa	média	alta	muito alta
0,5	1,0	0,0	0,0	0,0
1,0	0,8	0,0	0,0	0,0
1,5	0,6	0,1	0,0	0,0
2,0	0,2	0,3	0,0	0,0
3,0	0,0	0,6	0,4	0,0
4,0	0,0	0,3	0,7	0,0
5,0	0,0	0,0	0,6	0,4
6,0	0,0	0,0	0,0	1,0

Tabela 1. - TR: avaliação em função da qualificação

A avaliação pode ser questionada; outras pessoas poderão achar conveniente atribuir outros valores aos graus de pertinência. O que importa, contudo, é que a sobreposição de graus de pertinência para as diferentes qualificações assegure a robustez do modelo. SUGENO e YASUKAWA (1993) sugerem que em alguns casos o grau de pertinência pode ser expresso pelo desvio-padrão da variável considerada dentro de uma série histórica de comportamento.

3.4. Definição da base de conhecimento

No caso sob consideração, existem dois critérios, um com três atributos qualitativos e o outro com quatro. É possível, portanto, estabelecer $3 \times 4 = 12$ combinações, ou regras de negócio. A cada regra de negócio deve se associar uma alternativa de ação.

Suponhamos que sejam definidas três alternativas de ação:

- A - investir,
- B - investir com restrições ¹
- C – não investir.

A associação das alternativas de ação com as diferentes regras de negócio determina a base de conhecimento. A tabela a seguir apresenta a base de conhecimento resultante para o caso sob consideração. Vale observar que, como resultado de preferências subjetivas, ela pode ser questionada. O importante é saber, contudo, se aqueles que a estruturaram têm argumentos razoavelmente sólidos para justificar a escolha que fizeram.

¹ “Investir com restrições”, no caso, não incluía todos os equipamentos considerados em “investir”.

critério 1: redução na utilização da capacidade	critério 2: taxa de retorno	ação
pouca	Baixa	não investir
pouca	Média	não investir
pouca	Alta	não investir
pouca	muito alta	investir com restrições
regular	baixa	investir com restrições
regular	média	investir com restrições
regular	alta	investir com restrições
regular	muito alta	investir
grande	baixa	investir com restrições
grande	média	investir com restrições
grande	alta	investir
grande	muito alta	investir

Tabela 2 - Definição da base de conhecimento

Também aqui vale a observação já feita de que tal definição de base de conhecimento pode ser questionada em função do(s) analista(s) considerados.

3.5. Simulação das alternativas

O objetivo da simulação é quantificar as alternativas de ação segundo cada critério. Para tanto devem ser utilizados os métodos clássicos de análise de investimentos e outros cálculos adequados (TR, redução da utilização dos recursos etc.). A simulação dos cenários antes e depois da implantação de uma alternativa permite uma comparação relativa entre os direcionadores de produtividade. Com isso é possível confrontar critérios como redução de custos, redução do tempo de gargalo etc. com cada alternativa.

COSTA (2001) desenvolveu um sistema de quantificação de custos e preços que foi empregado por MARTINEZ (2002) no caso em consideração. O resultado da simulação para as três alternativas possíveis de investimento está expresso na tabela a seguir.

ALTERNATIVAS	CRITÉRIOS	VALORES
A - investir	Critério 1	12,0
	Critério 2	5,60
B – investir com restrições	Critério 1	10,0
	Critério 2	8,36
C – não investir	Critério 1	11,0
	Critério 2	4,89

Tabela 3. - Resumo da simulação de alternativas

3.6. Interpretação dos valores simulados

O primeiro passo dessa etapa é calcular os graus de pertinência dos valores simulados para cada termo qualitativo dos critérios. Com os dados disponíveis obtém-se, por exemplo, a tabela a seguir para a alternativa A.

ALTERNATIVA A - INVESTIR			
critério	valor	termo qualitativo	grau de pertinência
Critério 1	12	Pouca	0
		Regular	1
		Grande	0
Critério 2	5,60	Baixo	0
		Médio	0,0
		Alto	0,6
		Muito Alto	0,4

Tabela 4. - Graus de pertinência da alternativa A - investir

O grau de pertinência varia de 0 a 1, com 0 significando que o elemento definitivamente não pertence ao conjunto, e 1 indicando que o elemento realmente pertence a esse conjunto.

O passo seguinte é a aplicação da inferência a cada regra de negócio da base de conhecimento. Este deve ser executado para todas as alternativas e para cada uma delas deve ser gerada uma tabela como esquematizado a seguir.

ALTERNATIVA A - INVESTIR			
critério 1	critério 2	ação	grau de pertinência da regra
pouca - 0	baixo - 0	não investir	0
pouca - 0	médio - 0	não investir	0
pouca - 0	alto - 0,6	não investir	0
pouca - 0	muito alto - 0,4	investir com restrições	0
regular - 1	baixo - 0	investir com restrições	0
regular - 1	médio - 0,0	investir com restrições	0
regular - 1	alto - 0,6	investir com restrições	0,6
regular - 1	muito alto - 0,4	investir	0,4
grande - 0	baixo - 0	investir com restrições	0
grande - 0	médio - 0	investir com restrições	0
grande - 0	alto - 0,6	investir	0
grande - 0	muito alto - 0,4	investir	0

Tabela 5. - Definição da base de conhecimento

3.7. Escolha da melhor alternativa

A escolha de uma alternativa de ação está subordinada à seleção prévia dos resultados do tópico anterior. Inicialmente, identificam-se as regras de negócio de maior grau de pertinência de cada alternativa. Por exemplo, para a alternativa A a regra de maior grau de pertinência é {Critério 1 regular (= 1) e critério 2 alto (= 0,6)} e o grau de pertinência da regra é 0,6. Para esta regra de negócio está associada a alternativa de ação “investir com restrições”.

O mesmo se faz com as demais alternativas, identificando-se para cada uma delas a melhor alternativa de ação. A escolha da alternativa mais adequada é direta. Por exemplo, dadas as seguintes informações,

alternativa A: investir - 0,6

alternativa B: investir com restrições - 0,75

alternativa C: não investir - 0,55

a alternativa mais adequada seria a alternativa B, por que apresenta o maior grau de pertinência.

4. O protótipo de *software* MERHU

No caso considerado, foi escolhida uma tecnologia para o desenvolvimento do ambiente em forma de protótipo, cuja codificação em *Visual Basic 6* deu origem ao *software* a que se deu o nome de MERHU – Módulo de Emulação do Raciocínio Humano.

4.1. Estabelecendo os critérios de avaliação

A interface gráfica do protótipo facilita a entrada de dados e uma comparação inicial entre as alternativas, por meio de gráficos de barras e informações agrupadas em árvores.

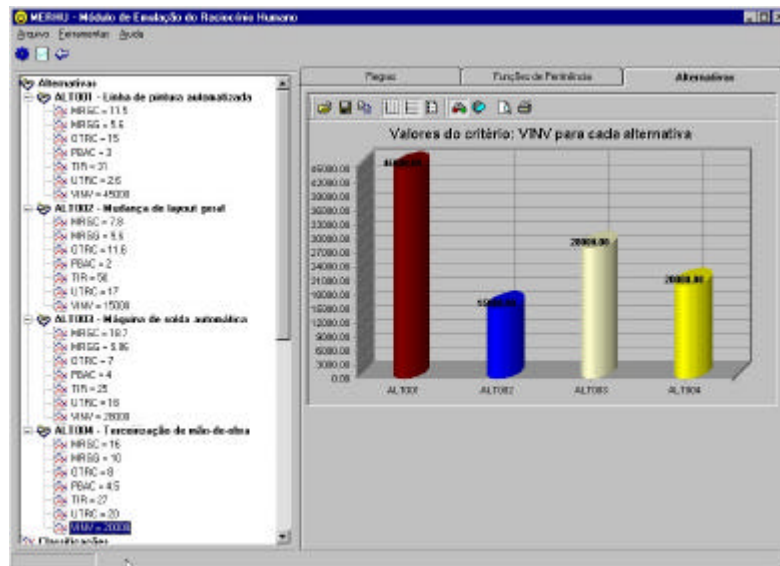


Figura 3 - Fac-símile do protótipo MERHU

4.2. Definindo as funções de pertinência

Para definir as funções de pertinência o usuário dispõe de ferramentas visuais que deixam claro o processo de definição das funções de pertinência.

sob as condições conseqüentes de qualquer estratégia empresarial. Sua robustez permite sua utilização para conduzir o processo decisório em outras áreas que não a industrial. Ela pode ser utilizada, por exemplo, na área médica, para orientar a escolha do medicamento ou do tratamento mais adequado diante de determinado quadro clínico, ou na administração pública, para determinar qual o melhor investimento a ser feito nos bairros de uma cidade. Acreditamos que este seja o maior mérito da metodologia aqui apresentada.

Referências Bibliográficas

- BONDE, A. **Fuzzy Logic:** The Net's original *fuzzy* logic archive - since 1994. Disponível em <http://www.austinlinks.com/Fuzzy>. Acesso em:10 ago.1999.
- CASAROTTO Filho, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos.** Manuais. VÉRTICE, 1990
- COSTA, N. C. A . da. *Pequena história da lógica contemporânea.* In: Caderno MAIS! *Folha de S. Paulo*,04/08/2002.
- COSTA, R. P. da. *Um sistema de quantificação de custos e formação de preços industriais.* In: AMATO NETO, J. (org.). **Manufatura classe mundial: conceitos, estratégias e aplicações.** São Paulo, Atlas, 2001.
- MARTINEZ JR., L. C. Modelo de análise de investimentos baseado em sistemas especialistas e lógica *fuzzy*. Dissertação de Mestrado (2002). Departamento de Engenharia de Produção – EPUSP
- NEVES, Cesar das. **Análise de investimentos** – projetos industriais e engenharia econômica. Zahar, 1982.
- SILER, W. **Fuzzy Logic:** The Net's original *fuzzy* logic archive - Since 1994. Disponível em <http://www.austinlinks.com/Fuzzy>. Acesso em:11 ago.1999.
- SUGENO, M.; YASUKAWA, T. **A fuzzy-logic-based approach to qualitative modeling.** IEE Transactions on *Fuzzy Systems*. V.1, 1993.
- ZADEH, L.A. **Fuzzy sets information and control.** 1965.
- ZADEH, L.A. **Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes.** IEEE Transactions on systems, man and cybernetics, SMC-3, 1973.