

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA  
COMPUTAÇÃO**

**Jean Carlos Alves dos Anjos**

**UM SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE PRODUTIVIDADE  
EM ASSENTAMENTOS RURAIS UTILIZANDO  
LÓGICA FUZZY**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação

Prof. Rogério Cid Bastos, Dr.

Orientador

Porto Velho, Fevereiro de 2001

# UM SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE PRODUTIVIDADE EM ASSENTAMENTOS RURAIS UTILIZANDO LÓGICA FUZZY

Jean Carlos Alves dos Anjos

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, área de concentração Sistemas de Conhecimento e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação.

---

Prof. Fernando Álvaro Ortuni Gauthier, Dr.  
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Rogério Cid Bastos, Dr.  
Orientador

---

Prof. .Roberto Willrich, Dr.

---

Prof. .Darlene Figueiredo B. Coêlho, Dra.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha esposa Aleksandra agradeço o incentivo e apoio dado à realização deste trabalho.

Ao professor e amigo Aldebaro Klautau agradeço o auxílio na obtenção da rotina de programação linear, de suma importância na conclusão deste trabalho.

A professora Ana Lúcia Lopes do centro de ciências exatas da UNISUL, por ter cedido um de seus artigos e nos esclarecimentos das dúvidas surgidas.

Aos amigos e colegas que participaram desta longa jornada, vitoriosos ou não, da primeira turma do curso de Mestrado de Ciências da Computação do Estado de Rondônia.

## RESUMO

O processo de avaliação de assentamentos rurais é visto pelo Instituto de Colonização e Reforma Agrária, INCRA, como instrumento essencial à garantia da qualidade dos serviços oferecidos aos assentamentos, além de, possuir peso decisivo, na metodologia dos processos de assistência técnica empregados. Em contrapartida, a avaliação atualmente efetuada pelo INCRA é baseada no emprego de consultores externos, o que, apesar de seus méritos, apresenta algumas desvantagens: despende um tempo considerável no processo e consome recursos financeiros da instituição. Visando otimizar o processo de avaliação de assentamentos rurais promovido pelo INCRA de forma a torná-lo instrumento norteador de ações, é apresentada uma proposta de um sistema computacional, baseado no trabalho de LOPES et al. (1996), que emprega análise envoltória de dados- DEA e lógica difusa no processo de avaliação.

## **ABSTRACT**

The evaluation process for rural settlements is seen by the INCRA (Brazil's Agrarian Reform and Colonization Institute) as an essential tool to guarantee the quality of services offered to the settled people, besides the strong power it has on the methodology of the processes employed by technical assistance. On the other hand, as a counterpart, the evaluation currently taken by INCRA is based on the work developed by external consultants, which, besides its merit, presents some disadvantages: it takes a considerable time in the process and consumes financial resources from the institution. Intending to optimize the evaluation process of rural settlements led by INCRA in such a way that it could become a directive tool for some actions, a proposal for a computational system is taken into consideration, based in the work of LOPES et al. (1996), which makes use of DEA (Data Envelopment Analysis) and Fuzzy Logic in the evaluation process.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b>	10
1.1 Contexto e Problemática	10
1.2 Formulação do Problema	13
1.3 Objetivos	14
1.4 Importância do Trabalho	14
1.5 Estruturação	16
<b>CAPÍTULO 2 – O PROCESSO AVALIATIVO</b>	18
2.1 A Importância da Avaliação	18
2.2 O Processo Avaliativo Atual	19
2.3 Proposta de um Processo de Avaliação	21
<b>CAPÍTULO 3 – A ANÁLISE DEA</b>	24
3.1 Introdução	24
3.2 Análise de Eficiência e a Abordagem DEA (Data Envelopment Analysis)	25
<b>CAPÍTULO 4 – A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL</b>	31
4.1 Introdução	31
4.2 Inteligência Artificial	33
4.3 Técnicas de Inteligência Artificial	34
4.3.1 Processamento de Linguagem Natural	36
4.3.2 Sistemas Especialistas	38
4.3.3 Redes Neurais	40
4.3.4 Sistemas Difusos	44
<b>CAPÍTULO 5 – A LÓGICA DIFUSA</b>	49
5.1 A Teoria dos Conjuntos Difusos	49
5.1.1 Conceito e Definição de Conjuntos Difusos	50
5.1.2 Representação de Um Conjunto Difuso	52
5.1.3 Operações Básicas Em Conjuntos Difusos	53
5.2 Números Difusos	56
5.3 Operadores de Média	59
<b>CAPÍTULO 6 – METODOLOGIA</b>	62
6.1 Descrição	62
6.2 Operacionalização	64
6.2.1 O <i>software</i>	68

<b>CAPÍTULO 7– CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>74</b>
7.1 Conclusões	74
7.2 Recomendações	75
<b>ANEXO</b>	<b>77</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>79</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Potências irradiada e de entrada em uma antena transmissora	25
Figura 3.2 – Representação da análise envoltória de dados em sete empresas.	29
Figura 4.1 – Evolução dos sistemas baseados em conhecimento	35
Figura 4.2 – Arquitetura típica de um sistema especialista	38
Figura 4.3 – Modelo de um neurônio artificial	41
Figura 4.4 – Exemplos de estruturas de redes neurais	42
Figura 4.5 – Fluxo de dados em um sistema baseado em lógica difusa	45
Figura 5.1 – Representação gráfica para o conjunto das pessoas jovens	53
Figura 5.2 – Função de pertinência para o conjunto das pessoas jovens	54
Figura 5.3 – Função de pertinência para o conjunto das pessoas não-jovens	55
Figura 5.4 – União do conjunto das pessoas jovens com seu complemento	55
Figura 5.5 – Intersecção do conjunto das pessoas jovens com seu complemento	56
Figura 5.6 – Exemplos de representações para o conceito “perto de 4”	58
Figura 5.7 – Números difusos representando os conceitos “aproximadamente 4” e “aproximadamente 2”	58
Figura 5.8 – Adição e subtração de números difusos	59
Figura 6.1 – Tela inicial do programa	69
Figura 6.2 – Tela do programa após leitura dos dados do banco	70
Figura 6.3 – Tela apresentando dados normalizados e após aplicação do logartimo neperiano	70
Figura 6.4 – Tela apresentando os pesos e o índice de produtividade	71
Figura 6.5 – Desempenho difuso do assentamento Verde seringal em relação a produtividade agrícola e pecuária	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Exemplo de graus de pertinência para o conjunto de pessoas jovens	52
Tabela 5.2 – Operadores de média	60
Tabela 6.1 – Indicadores de produtividade agrícola	65
Tabela 6.2 – Valores das amostras em relação ao desvio padrão	65
Tabela 6.3 – Dados da produtividade agrícola após normalização e aplicação do logaritmo neperiano	66
Tabela 6.4 - Dados da produtividade pecuária após normalização e aplicação do logaritmo neperiano	67

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

### 1.1 - Contexto e Problemática

O Brasil possui uma grande extensão de terras agricultáveis. Devido à fatores históricos originados a época do seu descobrimento com a criação das capitanias hereditárias, sesmarias e utilização de mão-de-obra escrava para abastecimento do mercado europeu, essas terras caíram na mão de poucos, fazendo com que as propriedades brasileiras se caracterizassem, principalmente, como latifúndios monocultores.

Este quadro permaneceu inalterado até a independência brasileira, em 1822, quando iniciou-se pressão externa para acabar com o tráfico negreiro. Isto pode ser compreendido sob o contexto da revolução industrial da Inglaterra e portanto a nova ordem era encontrar trabalhadores assalariados que pudessem comprar seus produtos. A Revolução Industrial trouxe consigo, um efeito colateral que está sempre atrelado ao sistema capitalista: desigualdades sociais e desemprego. Uma onda de desemprego foi, portanto, observada na Europa, fazendo desta um continente de emigração, com a chegada de vários imigrantes europeus no Brasil, principalmente na Região Sul, onde instaurou-se o sistema de posses, no qual a terra era de quem se apossasse dela, não havendo terras livres com dono.

A partir de 1850, com o advento da Lei de Terras, não havia mais terra devoluta no Brasil e o escravo ou imigrante que agisse como posseiro, estaria indo contra os interesses do grande latifundiário que produz para a exportação e para gerar capital. Esses posseiros passam a sofrer visitas de grileiros que são

empregados dos grandes latifundiários com a função de limpar as terras, autorizados para usar de violência, se necessário, o que na maioria das vezes ocorre. Mesmo as pessoas que conseguiam ser admitidas em algum latifúndio, trabalhavam em condições sub humanas de vida e seus salários condiziam com a sua realidade.

Neste ambiente começaram a surgir os primeiros movimentos camponeses que de início tomaram forma messiânica (canudos em 1896-1897 e contestado em 1912-1916) ou evoluíram para o bandidismo (cangaço no nordeste).

Pelo fato de haver início de agitação, começou a haver também movimentação na política brasileira em relação ao assunto. Na Constituinte de 1946, houve a primeira tentativa, em que o senador Luís Carlos Prestes propôs a reforma agrária. Como era esperado, não houve aprovação por parte do Congresso, mas isso fez com que os movimentos camponeses ganhassem força nacional.

Mesmo com o apoio que teve na época do governo de João Goulart, e com a criação do Estatuto da Terra em 1963, no qual o latifundiário seria obrigado a se comprometer com encargos sociais de seus empregados, ou seja, prestar assistência médica, fornecer educação, estabelecer um salário mínimo fixo, assinar carteira de trabalho, etc., com todas essas exigências, a mão de obra era onerada e passava a não valer mais à pena.

Em 1964, com o golpe militar, o Estatuto da Terra não foi extinto, mas foi criada uma outra lei que "anulava" a antiga. Um de seus parágrafos dizia o seguinte: "o latifundiário que classificar suas terras como improdutivas, não terá mais que arcar com encargos sociais". Como consequência inevitável, todas as terras foram dadas como improdutivas e os trabalhadores passaram a labutar quase que "de favor".

A reforma agrária só ganhou verdadeira força nacional após a época da Ditadura Militar, destacando-se, a partir de então, principalmente, a atuação do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra, o MST, que tem a reforma agrária como seu principal objetivo. Por causa disso, a reforma agrária tornou-se questão nacional.

Para enfrentar a reforma agrária o governo dispõe da seguinte estrutura:

Ministério da Reforma Agrária e do Desenvolvimento – MIRAD;

Instituto Nacional de Colonização e de Reforma Agrária – INCRA ;

Plano Nacional de Reforma Agrária – PNRA;

Nesta estrutura, o INCRA tem assumido o papel principal como executor do projeto de reforma agrária do governo. Para isso, implementa vários projetos, dentre eles, destaca-se o projeto LUMIAR:

- *Trata-se de um projeto do Governo Federal, destinado aos serviços de assistência técnica e capacitação às famílias assentadas em projetos de reforma agrária. Servindo ainda como apoio à implementação do processo de desenvolvimento sustentável, para a produtividade do trabalho, com melhoria do nível social e cultural das famílias beneficiadas.*

e tem como, seu objetivo geral :

- *Viabilizar os assentamentos, tornando-os unidades de produção estruturadas inseridas de forma competitiva no processo de produção, voltadas para o mercado e integradas a dinâmica do desenvolvimento municipal e regional*

Os assentamentos participantes do projeto dispõem de uma equipe de técnicos de diversas formações (agrônomos, veterinários, economistas, sociólogos, técnicos agrícolas, engenheiros florestais, psicólogos, administradores, etc.), que será contratada pelas organizações dos assentados para prestação de assistência técnica e capacitação.

A supervisão dos trabalhos das equipes é feita por técnicos do INCRA e de outras instituições (universidades, empresas de pesquisa, governos estaduais e municipais, organizações não governamentais, etc.) que prestam apoio ao trabalho das equipes locais, assessorando e avaliando a assistência técnica contratada além da participação na escolha de indicadores de desempenho para os assentamentos.

O projeto LUMIAR conta, ainda, como um de seus princípios orientadores, a avaliação sistemática, seja das equipes locais ou do próprio assentamento, como forma de garantir a qualidade dos serviços prestados e através de resultados, manter ou corrigir o plano de desenvolvimento estabelecido para o assentamento.

## **1.2 - Formulação do Problema**

Inserido nesse contexto de reforma agrária surge, então, a seguinte questão:

“Como saber se os assentamentos rurais participantes estão alcançando os resultados desejados dentro dos objetivos previstos do projeto LUMIAR ?”

E de uma forma mais específica :

“Como efetuar e otimizar o processo avaliativo dos assentamentos de forma a obter resultados que sirvam de *feedback* para os trabalhos das equipes locais e para os gestores do sistema ?”

### **1.3 - Objetivo**

Dada a importância e o caráter estratégico dos processos avaliativos e de monitoramento do projeto LUMIAR e com base na questão levantada anteriormente, surge o objetivo geral da dissertação:

"Propor ao INCRA/RO uma ferramenta computacional de apoio ao processo de avaliação dos assentamentos rurais pertencentes ao Projeto LUMIAR."

A expectativa, com o alcance do objetivo traçado, é contribuir para o processo de acompanhamento e análise que o INCRA/RO vem implantando, demonstrando ser possível utilizar análise envoltória de dados - DEA juntamente com sistemas difusos, nos processos de análise, julgamento e tomada de decisão pelos gestores do processo em relação aos assentamentos rurais inseridos no projeto LUMIAR.

### **1.4 - Importância do Trabalho**

O acirramento da competitividade entre as nações, alimentadas pelo processo contínuo de globalização, tem motivado cada vez mais o estudo e a

aplicação de métodos de avaliação. Governos têm voltado sua atenção para a melhoria dos serviços prestados a população visando redução de custos. Como exemplo citamos:

- ✓ análise de eficiência de hospitais nos Estados Unidos feita por VALDMANIS (1992);
- ✓ COOK et al. (1991) desenvolveram trabalhos sobre a mensuração de eficiência de manutenção de operações de patrulhamento em auto-estrada em Ontário;
- ✓ Comparações entre serviços bancários, GIOCAS (1991);
- ✓ Análise de sistemas de transporte efetuada por NOVAES (1997), CHU et al. (1992);

A Inteligência Artificial tem sido utilizada cada vez mais em sistemas de apoio a decisão por sua capacidade de simular o raciocínio humano, suas tarefas e ações, LIEBOWITZ (1994), FULLÉR(1995),. Um ramo particular da inteligência artificial, os sistemas difusos, têm sido amplamente utilizados em sistemas de apoio a decisão, em sistemas de gerenciamento, negócios e pesquisas operacionais, KLIR et al. (1995).

Diante do exposto, temos que, a importância do trabalho baseia-se em:

- ✓ ampliar a utilização de conceitos ligados a ciência da computação e a inteligência artificial a outras áreas do conhecimento humano como a administração e economia;

- ✓ apresentar e difundir o uso de sistemas de apoio a decisão como forma de mensurar eficiência de serviços prestados por órgãos públicos ou privados;

## **1.5 - Estruturação Do Trabalho**

Esta Dissertação está organizada em sete capítulos sendo o primeiro capítulo de introdução do tema de pesquisa, mostrando a motivação, a justificativa e o objetivo que conduziram à escolha do assunto.

No capítulo 2, aborda-se a importância de um processo avaliativo em unidades organizacionais e de que forma ele é feita atualmente.

O Capítulo 3 apresenta a abordagem de análise de envoltória de dados e seu emprego em avaliações de eficiência técnica de unidades produtivas complexas, tais como setores departamentais, escolas, hospitais, dentre outras.

NO Capítulo 4 exibe-se uma visão geral a respeito da inteligência artificial e suas subáreas, além de apresentar exemplos de aplicações de cada subárea.

No Capítulo 5 os aspectos inerentes a lógica difusa são abordados, suas características, vantagens de sua utilização. Inclui-se também nesse capítulo a teoria de conjuntos e números difusos.

O Capítulo 6 são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados, bem como o modelo DEA escolhido para análise dos assentamentos rurais e ferramentas empregadas na área de Inteligência Artificial.

Finalmente, no sétimo capítulo apresentam-se as conclusões e recomendações deste trabalho.

Reserva-se o Anexo I para a definição dos termos e siglas utilizados neste trabalho.

## CAPÍTULO II

### O PROCESSO AVALIATIVO

#### 2.1 - A Importância da Avaliação

Os serviços fornecidos pelo governo estão presentes em quase todas as ocasiões de nossas vidas diárias. Por exemplo, a educação e o treinamento, a saúde e os serviços comunitários, a lei e a ordem, além do fornecimento de abrigo a pessoas necessitadas e assim por diante. Melhorias no desempenho destes serviços possibilitariam uma melhor distribuição dos benefícios sociais e econômicos, além de servir como incentivo para tornar nossa contribuição social mais efetiva.

A preocupação com o desempenho dos serviços sociais vem surgindo como parte de um processo contínuo de reforma da microeconomia. Na falta de um mercado de contestabilidade, a apresentação de um comparativo de desempenho fornece um meio de introduzir uma pressão competitiva aos fornecedores de serviços do governo. Torna-se claro, então, que o desenvolvimento e a divulgação de indicadores de desempenho, é muito importante para a identificação de necessidades de melhorias de desempenho e, portanto, para a tomada de decisões.

De maneira geral os governos podem usar as medidas de desempenho para:

- Estimular uma política de desenvolvimento realçando os efeitos de desempenho de determinados aspectos governamentais;

- Facilitar o monitoramento do desempenho administrativo de setores públicos e melhorar a responsabilidade dentro do próprio governo;
- Analisar o relacionamento entre agências e entre programas, para permitir ao governo coordenar uma política através de agências ( por exemplo: o inter-relacionamento entre polícia, tribunais e serviços relacionados);
- Auxiliar no processo de alocação/distribuição de recursos baseados em planejamentos de melhorias de desempenho, ao invés de considerar o mesmo nível de desempenho do passado;

Diante do exposto, torna-se pertinente a incorporação de metodologias que possam contribuir para uma sistemática de avaliação mais ampla, eficiente, contínua e com visão estratégica e invariável a questões pessoais.

## **2.2 - O Processo Avaliativo Atual**

Apesar da importância e necessidade do emprego de métodos avaliativos, tem-se verificado críticas aos métodos usualmente empregados. LOPES et al. (1998) apresenta algumas desvantagens no emprego de consultores externos na avaliação de departamentos acadêmicos, baseada em um trabalho realizado para o melhoramento da qualidade de universidades alemães, no qual poucos resultados foram alcançados, apesar dos recursos alocados no processo. PITTTALUGA (1999) relata a mesma dificuldade com relação as maneiras de avaliar ciência. Um desses métodos, o de avaliação por pares é criticada por nem sempre assegurar uma completa imparcialidade do grupo que avalia,

principalmente quando o propósito da avaliação é a alocação de recursos e, dessa forma, pesquisadores mais velhos seriam vistos como favorecidos em relação aos novos, os homens em relação às mulheres, e assim por diante.

Outro exemplo do processo de avaliação amplamente utilizado é o processo de reconhecimento de cursos empregado pelo Ministério da Educação-MEC. Este processo também baseia-se no emprego de consultores técnicos que realizam entrevistas e vistorias nas instituições de ensino candidatas e ao final é atribuída uma nota. Caso a nota atribuída pelos avaliadores seja A, a instituição terá seu curso reconhecido pelo MEC.

Para implementar o processo de avaliação previsto no projeto LUMIAR, o INCRA/RO efetuou a contratação de uma consultoria da Universidade de Brasília – UNB, especializada em sociologia rural, para fazer uma avaliação global do LUMIAR. Esta avaliação procurou verificar, através de entrevistas com os assentados, se houve melhorias no processo de assentamento comparando o LUMIAR com a sistema tradicional, e se, portanto, o LUMIAR deveria continuar ou não.

Tal abordagem utilizada pelo INCRA/RO é suscetível a críticas, pois :

- a) não foram ouvidos os assentados de todos os assentamentos, mas apenas uma parte deles ( amostragem );
- b) o consultor teve que efetuar entrevistas com os assentados para formar/basear sua opinião;
- c) consultores pertencentes a áreas de conhecimento diferentes ou dentro de uma mesma área com diferentes especialidades, poderiam chegar a conclusões contraditórias;

- d) o mesmo poderia acontecer para consultores de outras instituições com diferentes *backgrounds* culturais e pessoais;
- e) um tempo considerável teve que ser despendido para a avaliação além onerar os cofres da instituição.

Observa-se, no método empregado pelo INCRA de Rondônia, a ausência de parâmetros, indicadores e critérios bem definidos, não sendo possível avaliar o desempenho e a qualidade dos resultados atingidos. Estas deficiências na avaliação acabam por comprometer a tomada de decisão e a própria gestão do sistema.

### **2.3 - Proposta de um Processo de Avaliação**

O processo de avaliação proposto neste trabalho baseia-se no emprego de uma técnica de pesquisa operacional conhecida como análise envoltória de dados (DEA), baseada em programação linear, com o objetivo de analisar comparativamente unidades organizacionais, neste caso, os assentamentos rurais participantes do projeto LUMIAR.

O processo consiste em se identificar as entradas e as saídas relevantes para a avaliação de eficiência e que sejam comuns a todos os assentamentos. A eficiência que busca-se analisar está baseada em dois aspectos de produtividade dos assentamentos : o pecuário e o agrícola. Dessa forma, escolheu-se um conjunto de indicadores de produtividade (saídas) nas áreas agrícola e pecuária e que servirão de base para o processo de avaliação de produtividade.

A escolha dos indicadores de produtividade é feita baseada nos relatórios das atividades enviados pelas equipes técnicas que prestam apoio aos assentamentos. Uma análise preliminar dos relatórios elegeu primeiramente os seguintes indicadores :

A) Para a Pecuária:

- i) Quantidade de cabeças de bovinos;
- ii) Quantidade de cabeças de suínos
- iii) Quantidade de cabeças de aves
- iv) Quantidade de cabeças de eqüinos;

B) Para a agricultura:

- i) Produtividade para o arroz em sc/há;
- ii) Produtividade para o feijão em sc/há
- iii) Produtividade para o café em sc/há
- iv) Produtividade para o milho em sc/há

Estes indicadores de produtividade serão aplicados no modelo de análise de envoltória de dados e serão valorados pelos assentamentos de duas maneiras:

- i) A primeira, segundo uma escolha ótima de valores de modo que o assentamento torne-se mais favorável em relação aos demais (aplica-se o modelo de programação linear, admitindo-se que a função objetivo corresponda a maximização dos resultados do assentamento);
- ii) A Segunda, os índices de produtividade de um assentamento serão obtidos pela aplicação das valorizações (pesos) encontradas pelos outros assentamentos na sua função objetivo.

Obtém-se, então, um conjunto de índices de produtividade cujos elementos são os pesos atribuídos para os indicadores de produtividade de um assentamento de acordo com os pesos escolhidos por cada um dos outros assentamentos (incluindo ele próprio) para os diversos indicadores.

O Conjunto de índices de produtividade resultante será aproximada por um número difuso de função de pertinência triangular que representará o desempenho do assentamento segundo a ótica pecuária ou agrícola.

Por final, tem-se que o desempenho parcial dos assentamentos (pecuário e agrícola) será integrada por meio de um operador de agregação difuso, de forma a fornecer o desempenho global do assentamento.

## CAPÍTULO III

### ANÁLISE DEA

#### 3.1 - Introdução

A necessidade de se mensurar eficiência e produtividade não é um fato novo, STURION (1996). No entanto, um contínuo processo de globalização vem envolvendo todos os países, exigindo de seus setores produtivos melhores produtos a menores custos, têm demonstrado cada vez mais a importância da eficiência e da produtividade como fator determinante para a conquista ou ampliação de seus mercados consumidores.

Com o crescente aumento da competição entre empresas e países, torna-se de suma importância a mensuração de produtividade como forma de avaliar seus desempenhos em relação a outras unidades. Diante deste quadro, muitos pesquisadores, sobretudo economistas, voltaram seus esforços para esta linha de pesquisa e contribuíram para o surgimento de vários métodos e ferramentas que possibilitem um processo avaliativo multidimensional.

Dentre as técnicas desenvolvidas (como exemplo citamos: estatística multivariada, JOHNSON et al. (1982), análise multicritério de apoio a decisão, apresentada por TRIANTAPHYLLOU et al. (1997) ), uma delas vem se destacando por conseguir englobar fatores qualitativos na análise e assim possibilitar ao gestor do processo tomar ações apropriadas de acordo com os resultados obtidos. Esta abordagem é conhecida como análise envoltória de dados DEA – *Data Envelopment Analysis*.

### 3.2 - Análise de Eficiência e a Abordagem Dea( *Data Envelopment Analysis*)

Usualmente a medida de eficiência é dada por :

$$\text{Eficiência} = \text{Saída} / \text{Entrada}$$

Ou melhor, a eficiência representa a relação entre os recursos aplicados e o produto final obtido. Segundo CHIAVENATO (1983), é a razão entre o esforço e o resultado obtido, entre a despesa e a receita, entre o custo e o benefício resultante.

Considere como exemplo, uma antena transmissora que recebe uma potência de entrada  $P_e$  e seja  $P_i$ , a potência efetivamente irradiada pela antena, conforme sugere a Figura 3.1.

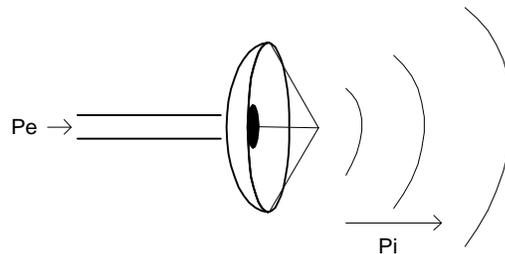


Figura 3.1 – Potências irradiada e de entrada em uma antena transmissora

Conforme KRAUS (1983), a eficiência de radiação da antena é a relação da potência irradiada pela potência de entrada da antena ( $P_e/P_i$ ). Uma parte da potência de entrada que não é irradiada é dissipada como forma de calor no condutor da antena, nos isoladores que sustentam a antena, etc.

Tratando-se de sistemas com somente uma entrada e uma saída a medida de eficiência torna-se direta. No entanto, quando é feita a generalização do caso buscando englobar unidades organizacionais, tais como, departamentos

administrativos, escolas, hospitais, dentre outras, esta medida torna-se muitas vezes inadequada, por ter que tratar da existência de múltiplas entradas e múltiplas saídas relacionadas a diferentes recursos, atividades e fatores ambientais. Para ilustrar este problema considere dois trabalhadores no setor da construção civil, um deles empregado nos Estados Unidos e o outro no Brasil, o primeiro deles pode apresentar um melhor desempenho comparativamente ao segundo, em virtude de uma melhor relação capital/trabalho existente naquele país.

A medida de eficiência produtiva relativa onde existem múltiplas entradas e saídas foi inicialmente proposta por FARREL (1957), e é baseado na construção de uma hipotética unidade eficiente, como uma média ponderada de todas as unidades eficientes e que atuarão como um comparador para uma unidade ineficiente.

A consideração inicial de eficiência feita por FARREL (1957) é que para unidades organizacionais, a medida de eficiência é dada por :

Eficiência = Soma dos Pesos das Saídas / Soma dos Pesos das Entradas.

usando-se notação matemática, pode ser escrito como:

$$\text{Eficiência da unidade } j = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots}$$

Onde:

$U_1$  = peso da saída 1;

$Y_{1j}$  = quantidade de saída 1 da unidade  $j$ ;

$V_1$  = peso da entrada 1;

$X_{1j}$  = quantidade de entrada 1 da unidade  $j$ ;

A consideração anterior requer um conjunto de pesos que são aplicados a todas as unidades, EMROUZNEJAD (1999). Esta consideração inicial leva a duas dificuldades:

A Primeira, relacionada ao problema de obtenção dos valores das entradas ou das saídas. Isto fica mais claro quando estamos lidando com empresas; os pesos podem estar relacionados aos valores ou custos de produção das saídas porém estes mesmos custos podem ser difíceis de serem mensurados.

A outra dificuldade está relacionada a diferentes valorações das saídas ou entradas que podem ser atribuídas pelas empresas, requerendo desta forma, o uso de pesos diferentes.

Conclui-se portanto que a consideração inicial de um conjunto comum de pesos para as empresas é insatisfatória.

CHARNES et al. (1978) reconheceram a dificuldade do uso de um conjunto comum de pesos na determinação da eficiência relativa e que as unidades que estão sendo analisadas podem valorizar entradas e saídas diferentemente, e portanto adotar diferentes pesos. Propuseram, então que cada unidade pudesse adotar um conjunto de pesos que a mostrasse mais favoravelmente em comparação as outras unidades. Nestas circunstâncias, a eficiência de uma unidade  $j_0$  pode ser obtida como a solução do seguinte problema:

Maximize a eficiência da unidade  $j_0$ ,

sujeita a eficiência de todas as unidades sendo  $\leq 1$ .

As variáveis do problema acima são os pesos e a solução do sistema produz os pesos mais favoráveis para a unidade  $j_0$ , bem como a medida de eficiência.

Usando-se de notação matemática, o novo modelo passa então a ser :

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_r u_r y_{rj_0}}{\sum_i v_i x_{ij_0}}$$

Sujeito a :

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \leq 1, \text{ para cada unidade } j;$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon$$

Os  $u$ 's e  $v$ 's são variáveis do problema e são forçados a serem maior ou igual a uma pequena quantidade positiva  $\varepsilon$  para evitar que qualquer entrada ou saída seja totalmente ignorada na determinação da eficiência. A solução do modelo acima encontra o valor  $h_0$ , ou seja a eficiência da unidade um, e os pesos que levaram àquela eficiência. Se  $h_0 = 1$  então a unidade um é eficiente relativamente as outras unidades mas se caso  $h_0$  seja menor que um então alguma outra unidade é mais eficiente que a unidade um.

A técnica proposta por CHARNES et al. (1978) conhecida atualmente como DEA – *Data Envelopment Analysis* ( Análise por Envoltória de Dados ) constrói uma fronteira de produção empírica, utilizando técnicas de programação linear,

conforme demonstra TRICK (1999), onde as unidades eficientes se situam em algum lugar sobre essa fronteira e portanto formarão um conjunto de referência para as demais unidades. As unidades ineficientes estarão posicionadas internamente a fronteira e seu desempenho se traduzirá na distância de cada unidade até a fronteira. A Figura 3.2, LOPES et al. (1998), ilustra o emprego da técnica onde são analisadas 7 unidades tomadoras de decisão (DMU's) em relação a produção de dois produtos que consomem as mesmas quantidades de insumo.

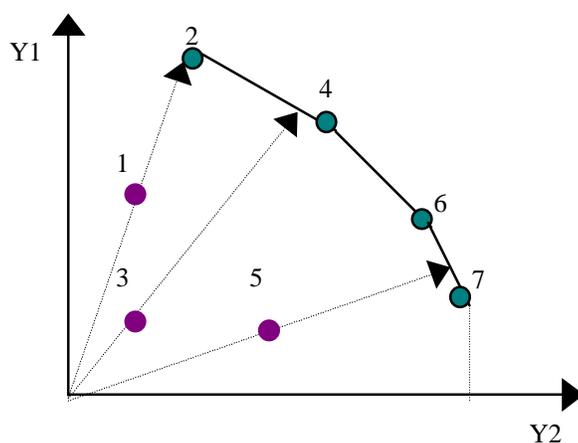


Figura 3.2 – Representação da análise envoltória de dados em sete empresas

Uma análise desta representação gráfica nos mostra que as unidades 2,4,6,7 são identificadas como eficientes pois formam uma envoltória em relação as unidades 1,3 e 5, situadas internamente a envoltória e portanto consideradas ineficientes em relação as demais.

O modelo apresentado não é único, sendo encontrado na literatura vários outros modelos DEA que fornecem ao decisor diferentes ângulos de análise.

Em MOITA (1995) e BADIN (1997) são demonstrados outras formulações para esta abordagem sem que haja perda de seu propósito geral.

Alguns casos de uso da técnica DEA em várias áreas do conhecimento humano são apresentados em BADIN (1997) e STURION (1996). Constatase que esta abordagem tem-se mostrada apropriada onde unidades podem valorizar entradas e saídas diferentemente, ou onde existe um alto grau de incerteza sobre os valores de algumas entradas e saídas.

## CAPÍTULO IV

### A Inteligência Artificial

#### 4.1 - Introdução

Para conceituarmos inteligência artificial - IA, precisaríamos definir, primeiramente, o que é inteligência. Este assunto por si só, já é bastante complexo, cabendo diferentes definições dos vários campos do saber humano, entre eles, a filosofia, a psicologia, a ciência da computação, etc.

A própria dificuldade em se definir com precisão a inteligência, fez surgir várias abordagens para a conceituação de inteligência artificial, entre elas destacamos:

- a) Comportamentalista – nesta linha de pensamento, bastaria um programa apresentar um **comportamento** inteligente, não tendo que apresentar, necessariamente, uma estrutura que permita inteligência. Certas características (principalmente àquelas atribuídas aos seres humanos) seriam importantes como: comunicação, conhecimento interno (si mesmo), conhecimento externo (do mundo), metas e planos, criatividade , etc;
- b) Estruturalista – aqui a inteligência só é possível em máquinas que possuam em sua estrutura os princípios necessários ao comportamento inteligente. Usando este raciocínio, a tarefa da IA é a identificação de recursos estruturais que dão suporte ao comportamento inteligente e sua implementação. Como exemplo citamos as redes neurais;

- c) Funcionalista – esta abordagem preocupa-se com o estudo das formas de interação da máquina com o ambiente ao qual está inserida (através de trocas funcionais) e das formas que favoreçam esta adaptação.

O começo dos estudos sobre inteligência artificial, vem bem antes da eletrônica, grandes filósofos, como aristóteles, tentaram formular as leis que governam a parte racional da mente. Matemáticos como Boole e outros atuaram nas áreas da lógica, probabilidade, computação contribuindo para a fundação da Lógica de IA.

A IA realmente começou a intrigar os investigadores com a invenção do computador em 1943. A tecnologia estava disponível, e naquela época, parecia simular o comportamento inteligente do Homem.

A IA cresceu, então, de uma dúzia de investigadores, para milhares de engenheiros e especialistas, e de programas capazes de jogarem xadrez, a sistemas periciais capazes de simular o raciocínio de um perito em áreas como química e medicina. A partir de 1980, começaram a surgir sistemas de robótica, de reconhecimento de padrões (voz e imagem), e de apoio a decisão abrindo caminho nos campos de gerenciamento e engenharia.

## 4.2 – Inteligência Artificial

A possibilidade de capacitar máquinas para a realização de tarefas humanas já era pensado nos séculos XVIII e XIX, com a criação de engenhocas movidas por engrenagens de precisão. Uma prova disso, eram os personagens mecânicos utilizados para fazerem soar as badaladas das catedrais; outros artefatos desta época são : o desenhista, de Henri-Louiz Droz e o pato de Vaucanson, NETO (2000). Mas é somente no século XX, que a idéia inicial de livrar o homem de tarefas pesadas ou perigosas saltou para a possibilidade de sua utilização em qualquer outra atividade antes realizada somente pelo homem, além de trazer algumas vantagens adicionais como : capacidade de treinamento mais rápido, custo aproximadamente zero de operação, jamais esquece o que aprende e nunca fica doente ou tira férias.

Com o passar do tempo o emprego da inteligência artificial têm encontrado inúmeros atrativos nos mais variados campos de aplicações, por exemplo :

- a) Na Engenharia, computadores treinados podem ser utilizados no desenvolvimento de projetos e na otimização dos recursos envolvidos, além disso, podem ser também utilizados em simulações do projeto, na busca e correção de erros;
- b) Na Economia, sistemas que efetuam análises financeiras de forma prever o comportamento da bolsa de valores ou de uma dada aplicação;
- c) Na Medicina, sistemas são utilizados no auxílio do diagnóstico de doenças;
- d) Na Educação, sistemas inteligentes são utilizados para o ensino utilizando uma abordagem individualizada, ou seja, voltada para o aluno;

Todos os empregos da inteligência artificial visam incrementar as tradicionais habilidades do computador em tarefas repetitivas e bem definidas, em um tipo de assistente que possa encontrar soluções para problemas que ainda não possuem respostas rápidas e “concretas”. Assim, segundo PASSOLD (2000), podemos delinear como objetivo do estudo da inteligência artificial a solução de problemas que:

- a) Ainda não possuam modelos matemáticos precisos ou para os quais ainda não foi possível a sua modelagem;
- b) Ainda não apresentem uma solução algorítmica ( determinística);
- c) São relacionados a compreensão da linguagem natural;
- d) São relacionados com a visão artificial , reconhecimento de padrões, caracterizações de variáveis.

### **4.3 – Técnicas de Inteligência Artificial**

Um estudo histórico feito por HARMON et al. (1988) demonstra que o surgimento da inteligência artificial aplicada foi devida ao desenvolvimento de áreas de pesquisa relativamente independentes como ilustra a Figura 4.1 :

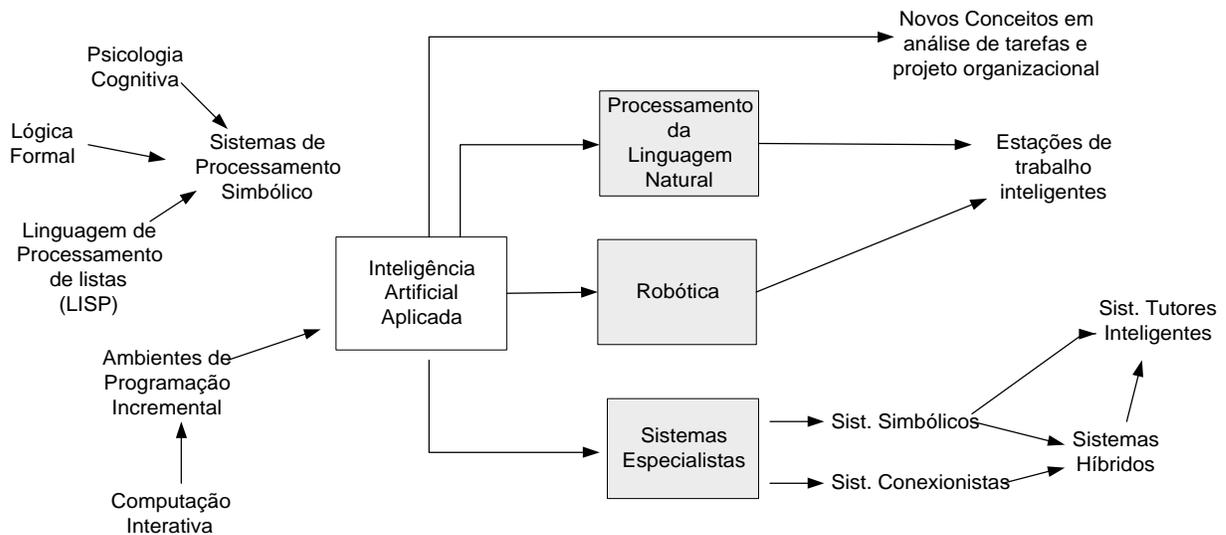


Figura 4.1- Evolução de sistemas Baseado em Conhecimento

As áreas de pesquisa em IA para alcançar uma ação inteligente devem tratar com todos os aspectos relativos a aquisição e desenvolvimento da inteligência. Nesse contexto, o conhecimento assume importância vital como sendo a base para a inteligência. No entanto, o conhecimento possui algumas características que devem ser trabalhadas:

- a) é volumoso, possui diferentes aspectos, características e detalhes;
- b) difícil caracterização, muitas vezes temos consciência do conhecimento, mas não sabemos como adquirimos ou explicá-lo;
- c) é constantemente alterado, está sempre em evolução;
- d) é diferente de dados, que fazem parte do conhecimento;
- e) é individual, particular a um indivíduo;

Para que seja possível a utilização do conhecimento em um sistema computacional, faz-se necessário uma construção do que será usado pelo sistema através da representação do conhecimento. Esta representação, diferentemente do conhecimento em si, possui como características:

- a) é generalizável, ao invés do individualismo do conhecimento ou seja possui vários pontos de vista do mesmo conhecimento;
- b) é passível de atualização/correção dado que o conhecimento é dinâmico;
- c) é utilizável ainda que não aborde todas as situações possíveis;
- d) compreensibilidade pelo ser humano.

Essas características são exploradas pelas técnicas de IA na tentativa de imitar a estruturação do saber humano. Algumas dessas técnicas são apresentadas a seguir:

#### **4.3.1 – Processamento de linguagem natural**

A maior importância da comunicação lingüística humana ocorre através da fala. A linguagem escrita é uma invenção relativamente recente e ainda tem papel menos central que a fala na maioria das atividades. Mas o processamento da linguagem escrita é mais fácil de certa forma, do que o processamento da fala. Por exemplo, para criar um programa que compreenda a linguagem falada, precisamos de todos os recursos de compreensão da linguagem escrita e também

suficientes conhecimentos adicionais para lidar com todos os ruídos e ambigüidade de sinal de áudio, RICH et al. (1993). Assim sendo, é útil dividir o problema do processamento da linguagem em duas tarefas:

- Processamento de texto escrito, usando conhecimentos léxicos, sintáticos e semânticos da linguagem e também todas as informações necessárias sobre o mundo real.
- Processamento da linguagem falada, usando todas as informações citadas mais os conhecimentos adicionais sobre fonologia e outras informações que permitam lidar com as ambigüidades que surjam na fala.

O processamento de linguagem natural inclui compreensão e geração, mas também outras tarefas como a tradução de uma língua para outra. Nesta área, algumas aplicações são relativas ao reconhecimento de voz na busca de “humanizar” a computação (melhorar a interface com o mundo real).

Aplicações nesta área envolvem síntese (a partir de um texto escrito efetuar uma representação da fala), reconhecimento da fala (a partir de uma representação digital da fala, reconhecer o conteúdo semântico da fala ou seja, o que está sendo falado) e reconhecimento do locutor (quem está falando) utilizando técnicas de análises de padrões (autocorrelação, análise preditiva linear (LPC), cadeias de Markov), CSTR (2000). Alguns exemplos de sistemas são relacionados a seguir:

Sphinx	Sistema aberto para reconhecimento de voz em várias plataformas
VODIS	Interface operada por voz em sistemas de navegação
JANUS	Sistema para tradução utilizado em domínios restritos como reservas de hotéis, planejamento de viagens.

### 4.3.2 – Sistemas Especialistas

Sistemas especialistas, similarmente a especialistas humanos, são sistemas computadorizados que se utilizam de seu “conhecimento” específico em um assunto para solucionar tópicos em uma área específica. Seu funcionamento baseia-se em um modelo do conhecimento humano através de heurísticas (regras práticas desenvolvidas durante nossa vida e que estão armazenadas e prontas para serem usadas quando necessário). O processo de obtenção dessas heurísticas é feito a partir de uma ou mais pessoas e seu armazenamento no computador é chamado de aquisição de conhecimento. Ao contrário dos sistemas computadorizados tradicionais, um sistema especialista pode ser expandido para aceitar novos dados ou regras e sua utilização é baseada no estabelecimento inicial de um problema que o sistema tenta resolver utilizando seu conhecimento interno e através de perguntas ao usuário.

Uma estrutura típica de um sistema especialista, segundo PASSOLD (2000), é mostrado na Figura 4.2, a seguir:

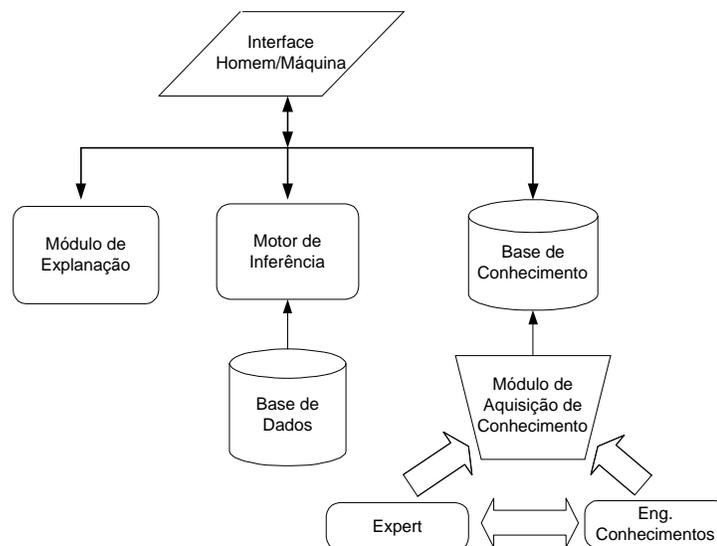


Figura 4.2 – Arquitetura Típica de um Sistema Especialista

*Base de Dados:* contém os fatos e informações relacionadas ao problema (estado atual);

*Base de Conhecimento :* banco de dados que armazena informações específicas e regras sobre um certo assunto. Contém a representação dos conhecimentos no domínio do problema (regras ,frames, etc.);

*Módulo de Aquisição de Conhecimento:* utilizado pelo especialista ou engenheiro do conhecimento para implementar o sistema, permite a comunicação entre o sistema e o usuário;

*Interface Homem/Máquina :* Controla o fluxo de informações no sistema, atuando sobre as bases de dados e de conhecimentos para obter novos dados e conhecimentos;

*Módulo de explanação:* Permite explicar como uma informação foi obtida;

*Motor de Inferência:* É a parte que utiliza as informações obtidas para encontrar o objeto correspondente (determinística e probabilística).

Os métodos utilizados para a representação do conhecimento são:

- a) Regras de Produção : IF <condição ou conjunto de conhecimento>  
THEN < uma ação de idéias devem ser executadas>
- b) Redes Semânticas : É uma estrutura composta por nós (objetos, conceitos ou situações) conectados por arcos representando relações entre eles.

- c) Frames : É uma estrutura de dados que contém conhecimentos sobre um conceito. Consiste de *slots* (encaixes) aos quais o conhecimento se ajusta. Uma forma de representação do conhecimento orientada por objetos.

Algumas aplicações comerciais baseadas em sistemas especialistas são:

DENDRAL	Sistema utilizado na interpretação de espectro de massa, útil para análises químicas moleculares, desenvolvido na universidade de Stanford
MYCIN	Sistema utilizado para diagnóstico de doenças
PROSPECTOR	Sistema especialista utilizado na exploração de sítios geológicos
PDS	Sistema utilizado na monitoração das potências das turbinas da westinghouse eletric (gera informações para manutenção preventiva)
QUESTOR	Gera informações para auxiliar no reparo de produtos da picker (EUA)

### 4.3.3 – Redes Neurais

As redes neurais baseiam-se em modelos matemáticos simplificados da estrutura e funcionamento das unidades básicas do cérebro humano: os neurônios. Desta forma, tem-se como princípio, a utilização de elementos computacionalmente simples, trabalhando paralelamente de forma a se obter performances superiores ao encontrado nos sistemas tradicionais.

Segundo LAWRENCE (1992), podemos caracterizar uma rede neural pelos seus neurônios (ou elementos processadores) isoladamente, as conexões entre eles (arquitetura ou topologia da rede) e seu esquema de aprendizado.

Um elemento processador (neurônio) é caracterizado por um determinado número de entradas e somente um único sinal de saída que se propaga pela “rede” através das conexões com os outros elementos processadores. A cada entrada de um elemento processador está associado um **peso "sináptico"** que pode ser excitatório (positivo) ou inibitório (negativo), normalmente variando de -1 à +1. A Figura 4.3 mostra um modelo de um neurônio artificial onde os valores de entrada podem ser contínuos (de -1 até +1) ou discreto (0 ou 1).

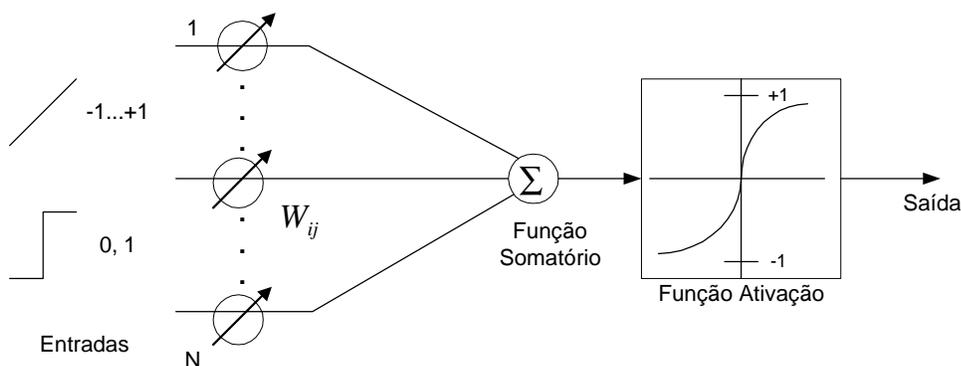


Figura 4.3 – Modelo de um Neurônio Artificial

A maneira como os neurônios são interligados uns aos outros (topologia ou arquitetura da rede neural) tem suma importância no funcionamento da rede como um todo, ditando o comportamento do processamento que será efetuado.

Alguns exemplos de topologias de redes neurais são mostradas na Figura 4.4 encontrada em MAREN (1990).

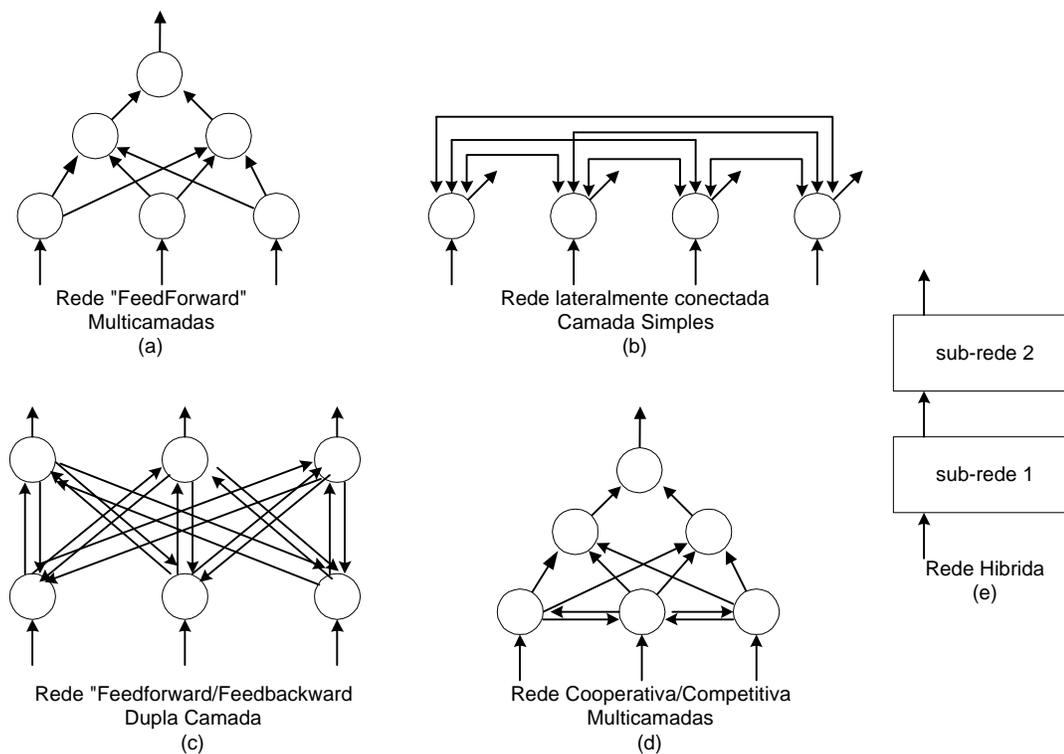


Figura 4.4 – Exemplos de Estruturas de redes Neurais

O processo de aprendizado em uma rede neural acontece quando suas respostas se modificam a medida que o meio ambiente (entradas) se alteram e tem como objetivos:

*Auto-associação* : após o treinamento com um conjunto de vetores, quando submetida a um vetor similar a um dos exemplos, mas deturpado, reconstituir o vetor original.

*Heteroassociação*: após o treinamento com um conjunto de pares de vetores, quando submetida a um vetor similar ao primeiro elemento de um par, mas deturpado, reconstituir o segundo elemento do par.

*Detecção de regularidades*: descobrir as regularidades inerentes aos vetores de treinamento e criar padrões para a classificá-los de acordo com tais regularidades.

Alguns algoritmos de treinamento são: retroalimentação (*backpropagation*), aprendizado competitivo (utilizado nas redes de *Kohonen*) e algoritmos genéticos.

Como exemplos de sistemas baseados em sistemas neurais são apresentados a seguir algumas aplicações :

- a) Sistema para auxiliar no diagnóstico de tuberculose;
- b) Sistemas para detecção e identificação de falhas de instrumentação num sistema de tanques interativos;
- c) Uso de Rede Neural para estabelecer condições ótimas de soldagem MIG/MAG;
- d) Sistema Óptico de reconhecimento de Trajetória para Veículos Autônomos (empregado em células flexíveis de manufatura) utilizando Redes Neurais;
- e) Sistema para auxiliar no gerenciamento de construções;
- f) Sistema de previsão da resistência mecânica do concreto;

#### 4.3.4 – Sistemas Difusos

A lógica difusa baseia-se na coexistência de opostos procurando tratar situações que não podem ser classificadas como um simples sim ou não, verdadeiro ou falso, branco ou preto, ao contrário da lógica aristotélica (binária) na qual uma proposição pode assumir somente uma destas duas possibilidades.

Considere uma pessoa de 1,70m, ela pode ser considerada como sendo tanto baixa quanto alta atribuindo diferentes graus de veracidades a ambas classificações. Da mesma forma, meio copo de água tanto pode estar meio cheio como meio vazio.

A natureza imprecisa ou vaga, intrínsecas à informação representada em linguagem natural, podem ser capturadas pela lógica difusa e utilizadas para gerarem conclusões, similarmente a forma de raciocínio do homem, e que até então eram tratadas com a teoria da probabilidade. A característica de capturar informações incompletas, geralmente descritas em linguagem natural, e convertê-las em formato manipulável pelo computador é o principal atrativo da lógica difusa, permitindo a implementação de sistemas com menores requisitos de *software* e *hardware* e melhores desempenhos. Devido a esta propriedade e a capacidade de realizar inferências, a Lógica Difusa tem encontrado grandes aplicações nas seguintes áreas:

- a) Sistema Especialistas;
- b) Computação com Palavras ;
- c) Raciocínio Aproximado;

- d) Linguagem Natural;
- e) Controle de Processos;
- f) Robótica;
- g) Modelamento de Sistemas Parcialmente Abertos;
- h) Reconhecimento de Padrões;
- i) Processos de Tomada de Decisão (*decision making*);

A arquitetura de um sistema difuso é ilustrado a seguir na figura 4.5

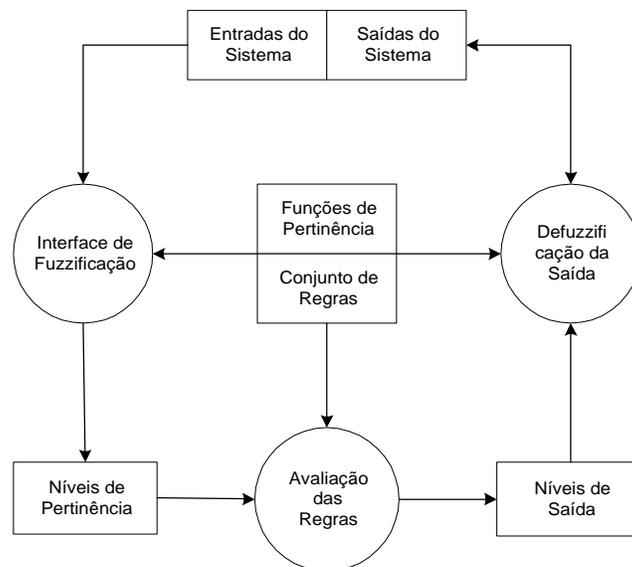


Figura 4.5 – Fluxo de Dados em um Sistema Baseado em Lógica Difusa

Segundo PASSOLD (2000), os dados de entrada de um sistema difuso passam por três etapas até produzirem uma saída:

*Fuzzificação* : nesta etapa é feita o mapeamento de cada entrada de dados ao sistema em uma ou mais funções de transferência, ou seja, é feito a transformação das variáveis lingüísticas em algum significado computacional;

*Avaliação das Regras* : para definir o comportamento do sistema, é elaborado um conjunto de regras com formato IF-THEN. A parte THEN é associada a uma ou mais ações e a parte IF corresponde ao nível de pertinência calculada durante o processo de fuzzificação. Por exemplo, para o controle da velocidade de um ventilador :

IF < temperatura fria> THEN <velocidade é zero>;

IF < temperatura quente> THEN <velocidade é alta >;

IF < temperatura muito quente> THEN <velocidade é muito alta>;

*Defuzzificação* : tem como objetivo decifrar um significado difuso (“muito alta”) em uma ação não difusa.

Como exemplos de aplicações de sistemas difusos, citamos:

- a) Aspiradores de pó Matsushita usam controladores de quatro bits rodando algoritmos fuzzy que interrogam sensores de pó e ajustam o poder de sucção;
- b) Máquinas de lavar Hitachi usam controladores fuzzy para controle de peso, verificação de tipo de tecido, e sensores de sujeira e automaticamente setam os ciclos de lavagem para o uso otimizado de potência, água, e detergente;

- c) A Canon desenvolveu uma câmera com autofoco que usa um dispositivo *charge-coupled* (CCD) para medir a claridade de imagens em seis regiões do campo de visão e usa a informação obtida para determinar se a imagem está no foco. Ela também rastreia a taxa de mudança no movimento da lente durante a procura do foco e controla a velocidade para evitar *overshoot*. O sistema de controle da câmera usa doze entradas: seis para obter a claridade atual fornecendo dados para o CCD e seis para medir a taxa de mudança no movimento da lente. A saída é a posição do curso da lente. O sistema fuzzy usa treze regras e requer 1.1KB de memória;
- d) Um ar condicionado industrial projetado pela Mitsubishi usa 25 regras de aquecimento e 25 regras de resfriamento. Um sensor de temperatura fornece a entrada, com o controle da saída alimentado por um inversor, uma válvula compressora, e um ventilador. Comparado com o projeto anterior, o controlador fuzzy aquece e esfria cinco vezes mais rápido, reduz o consumo de potência em 24%, incrementa a estabilidade da temperatura por um fator de dois além de usar menos sensores.
- e) A NASA tem estudado controle fuzzy para ancorar suas naves automaticamente no espaço; simulações mostram que um sistema de controle fuzzy pode reduzir em muito o consumo de combustível;
- f) A Boeing, General Motors, Allen-Bradley, Chrysler, Eaton e Whirlpool têm trabalhado em lógica fuzzy para uso em refrigeradores de baixa potência, melhorando a transmissão automotiva, e motores elétricos de energia mais eficazes;

A utilização da lógica difusa em sistemas apresenta algumas vantagens, tais como:

- a) Requer poucas regras, valores e decisões;
- b) Mais variáveis observáveis podem ser valoradas;
- c) O uso de variáveis lingüísticas nos deixa mais perto do pensamento humano;
- d) Simplifica a solução de problemas;
- e) Proporciona um rápido protótipo dos sistemas;
- f) Simplifica a aquisição da base do conhecimento.

Todas estas vantagens aliadas ao potencial de manuseio de incertezas torna possível a sua utilização em problemas onde seja impossível construir um modelo numérico devido a sua complexidade.

## CAPÍTULO V

# A LÓGICA DIFUSA

### 5.1 - Teoria Dos Conjuntos Difusos

O conceito de conjuntos difusos surgiram em 1965 pelo Prof. Lofti A. Zadeh, como uma alternativa para mapear o raciocínio aproximativo humano, onde em geral muitos problemas e proposições resultam em respostas vagas, imprecisas e nem sempre com fronteiras precisamente definidas. Considere, por exemplo, a seguinte questão: a taxa de risco para aquele empreendimento é grande ou pequena? A resposta exige mais do que um simples sim ou não. Dessa forma procura-se tratar as imperfeições da informação descritas em linguagem natural por um meio que possibilite o uso do computador que por definição é de natureza lógica, sim ou não, zeros ou uns.

Devido a capacidade de realizar inferências e extrair informações vagas, a lógica difusa tem encontrado grandes aplicações nas seguintes áreas :

- Sistemas Especialistas;
- Controle de Processos;
- Reconhecimento de Padrões;
- Processos de Tomadas de Decisões

Conjuntos difusos foram introduzidos por ZADEH(1965) como um meio de representação e manipulação de dados que não são precisos, mas apresentados de maneira vaga ou difusa. A lógica fuzzy fornece uma inferência morfológica que possibilita aplicar a capacidade de raciocínio aproximativo humano em sistemas baseados em conhecimento. A teoria da lógica fuzzy fornece uma força

matemática capaz de capturar as incertezas associadas com o processo cognitivo humano, como o pensamento e o raciocínio. Observa-se que a lógica de primeira ordem e a teoria clássica da probabilidade não fornecem uma sustentação conceitual apropriada que relacionem a representação do conhecimento do senso comum (bom senso) uma vez que conhecimento é por natureza impreciso.

O desenvolvimento da lógica fuzzy foi motivada em larga escala por uma necessidade de uma sustentação conceitual que pudesse endereçar a questão de incerteza e imprecisão lexical. Desta forma, os sistemas difusos são apropriados para tratar incerteza ou raciocínio aproximativo, especialmente para aqueles sistemas cujo modelo matemático seja difícil de derivar. Além disso, a lógica difusa permite a tomada de decisões com valores estimados sob informações incompletas ou incertas.

### **5.1.1 CONCEITO E DEFINIÇÃO DE CONJUNTOS DIFUSOS**

Tradicionalmente, na teoria dos conjuntos, é necessário saber precisamente as suas fronteiras para que um dado elemento possa ser determinado com certeza, se pertence ou não àquele conjunto. Similarmente, a lógica clássica trata cada proposição como sendo definitivamente verdadeira ou falsa.

Entretanto, a maioria dos conjuntos e proposições humanas não podem ser classificados simplesmente como verdadeiras ou falsas, com um sim ou um não. Considere os conjuntos abaixo:

O conjunto dos números naturais;

O conjunto dos clientes com alta renda;

Observa-se que o segundo conjunto não possui fronteiras bem definidas e qualquer mapeamento deste conjunto pela teoria clássica dos conjuntos é deficitária e incompleta.

Os conjuntos difusos surgem então como forma de representação de informações vagas, em geral descritas em linguagem natural e que permitem a definição de um grau de dependência para cada elemento, isto é, um número real no intervalo  $[0,1]$ . Neste caso, se o grau é zero, o elemento não pertence ao conjunto e, se é um, o elemento pertence totalmente ao conjunto, cabendo aos valores intermediários a representação do grau de compatibilidade deste elemento no conjunto.

Um conjunto difuso é definido por sua função de pertinência, que é uma extensão ao conceito de função característica na teoria clássica dos conjuntos onde se mapeia a pertinência ou não de elemento no conjunto imagem  $(0,1)$ , só que utilizaremos o intervalo  $[0,1]$ .

Formalmente temos:

Seja  $X$  um conjunto universo não vazio. Um conjunto difuso  $A$  em  $X$  é caracterizado por sua função de pertinência

$$A : X \rightarrow [0,1]$$

$A(x)$  é interpretado como o grau de pertinência do elemento  $x$  no conjunto difuso  $A$  para cada  $x \in X$ .

### 5.1.2 REPRESENTAÇÃO DE UM CONJUNTO DIFUSO

Usar-se-á, a seguir, a formalização de conjuntos nebulosos com suporte finito (uma das várias existentes na literatura).

Um conjunto nebuloso é denotado por um conjunto de pares ordenados, em que o primeiro elemento é  $x \in X$ , e o segundo,  $\mu_A(x)$ , é o grau de pertinência ou a função de pertinência de  $x$  em  $A$ , que mapeia  $X$  para o espaço de pertinência  $M$ . Quando  $M$  contem somente os pontos 0 e 1,  $A$  é não-nebuloso ou nítido :

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

Exemplo 1:

Considere um conjunto nebuloso  $A$ , composto por pessoas jovens, segundo dados da tabela 5.1 abaixo:

Idade	Grau de pertinência
5	1
10	1
20	0,8
30	0,5
40	0,2
50	0,1

Tabela 5.1 - Exemplos de Graus de Pertinência para um conjunto de pessoas jovens

O mesmo conjunto pode ser descrito como:

$$A = \{(5; 1), (10; 1), (20; 0,8), (30; 0,5), (40; 0,2), (50; 0,1)\},$$

ou ainda usando-se a notação (tabular):

$$A = 5/1 + 10/1 + 20/0,8 + 30/0,5 + 40/0,2 + 50/0,1$$

Uma outra forma de representação é graficamente, como apresentado a seguir:

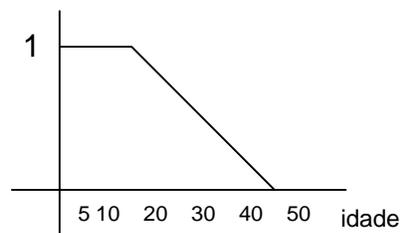


Figura 5.1 – Representação Gráfica para o conjunto das pessoas jovens

### 5.1.3 OPERAÇÕES BÁSICAS EM CONJUNTOS DIFUSOS

Os conjuntos difusos de maneira análoga ao conceito de conjuntos, também possuem um conjunto de operações que procuram capturar, com uma boa aproximação, o significado de termos lingüísticos. São eles:

## COMPLEMENTO

Dado um conjunto  $A$  definido em um conjunto universal  $X$ , seu complemento  $\bar{A}$  é outro conjunto difuso em  $X$ , que inverte em algum sentido, o grau de pertinência associado com  $A$ . Enquanto que para cada  $x \in X$ ,  $A(x)$ , expressa o grau de  $x$  pertence a  $A$  e  $\bar{A}$  expressa o grau que  $x$  não pertence a  $A$ .

A forma mais natural para expressar esta idéia formalmente é usar a fórmula.

$$\bar{A}(x): 1 - A(x), \text{ para todo } x \in X$$

Na Figura 5.2, a seguir, ilustramos uma função de pertinência para o conjunto das pessoas jovens:

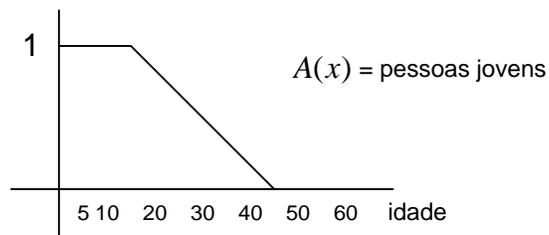


Figura 5.2 – Função de pertinência para o conjunto das pessoas jovens

Aplicando a definição de complemento difuso teremos:

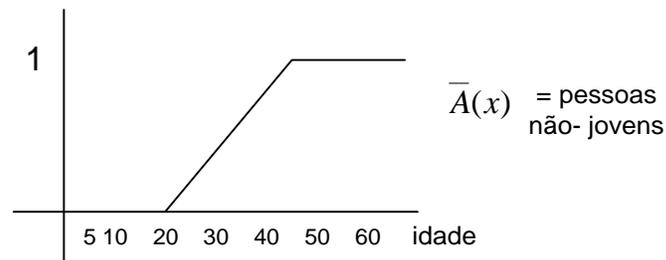


Figura 5.3 – Função de pertinência para o conjunto das pessoas não-jovens

## UNIÃO

Considere um conj. Universal  $X$  e dois conjuntos  $A$  e  $B$  definidos em  $X$ . Então a união difusa de  $A$  e  $B$ , denotada por  $A \cup B$ , é definida por meio das funções de pertinência mediante a fórmula.

$$(A \cup B)(x) = \max\{A(x), B(x)\}, \text{ para todo } x \in X$$

Como exemplo considere a união dos conjuntos das pessoas velhas com seu complemento, o conjunto das pessoas não velhas, representados na Figura 5.4 :

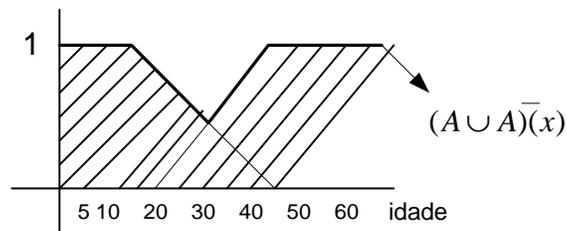


Figura. 5.4 – Representação para a união dos conjuntos das pessoas velhas com o conjunto das pessoas não-velhas

## INTERSECÇÃO

Considerando novamente dois conjuntos difusos  $A$  e  $B$  definidos em  $X$ . A intersecção difusa, denotada por  $A \cap B$  é definida por meio de uma função de transferência da forma:

$$(A \cap B)(x) = \min\{A(x), B(x)\}, \text{ para todo } x \in X$$

graficamente, para o caso da intersecção do conjunto das pessoas jovens e seu complemento será:

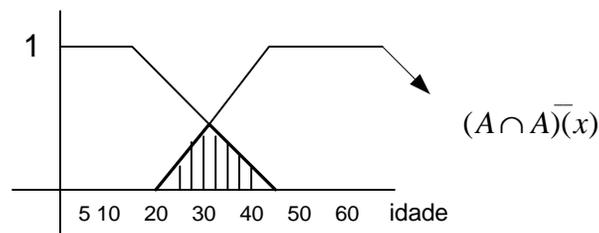


Figura 5.5 – Representação para a intersecção do conjunto das pessoas jovens com seu complemento

## 5.2 NÚMEROS DIFUSOS

O conceito de número difuso surge do fato de muitos fenômenos quantificáveis não precisarem ser caracterizados em termos de números absolutamente precisos. Por ex. se alguém deseja saber as horas, na maioria das vezes, respondemos “quase 16:00 horas” sem que seja necessário que nos detenhamos na discriminação dos minutos e segundos. De forma similar, nos contentamos em saber que um cacho de bananas “pesa aproximadamente quatro

Kilos”. Dessa forma, um número difuso descreve em termos de números um modificador lingüístico, tais como, aproximadamente, perto de, ao redor de, e assim por diante.

Não é difícil entendermos que o conceito capturado pela expressão lingüística “aproximadamente seis “ é um conceito difuso, devido a fato de incluir valores numéricos que estão em ambos os lados do valor central seis. Portanto o valor central pertenceria completamente a este conceito (grau um,) e os números ao redor do valor central, seriam compatíveis com menores graus quanto mais distante do valor central estivessem (tendendo a zero quanto mais distantes estiverem do valor central). Em termos de função de pertinência os valores decresceriam de um para zero em ambos os lados do valor central. Os conjuntos que apresentam estas características são conhecidos como números difusos.

Segundo KLIR (1997) nem todas as funções de pertinência que satisfaçam os requisitos expostos anteriormente permitem a representação de números difusos. Para representar apropriadamente um número difuso, a função de pertinência deve capturar o conceito de um conjunto de números que circundam um dado número real ou possivelmente, circundar um intervalo de números reais. A função de pertinência que satisfaz a esta concepção é expressada como :

$$A(x) = \begin{cases} f(x), & \text{Para } x \in [a, b] \\ 1, & \text{Para } x \in [b, c] \\ g(x), & \text{Para } x \in [c, d] \\ 0, & \text{Para } x < a \text{ e } x > d \end{cases}$$

Onde  $a \leq b \leq c \leq d$ ,  $f$  é uma função contínua que incrementa de 1 ao ponto  $b$ , e  $g$  é uma função contínua que decresce de 1 ao ponto  $c$ .

Como exemplo, reproduzimos exemplos de números difusos encontrados para o conceito “perto de quatro”, na Figura 5.6 a seguir:

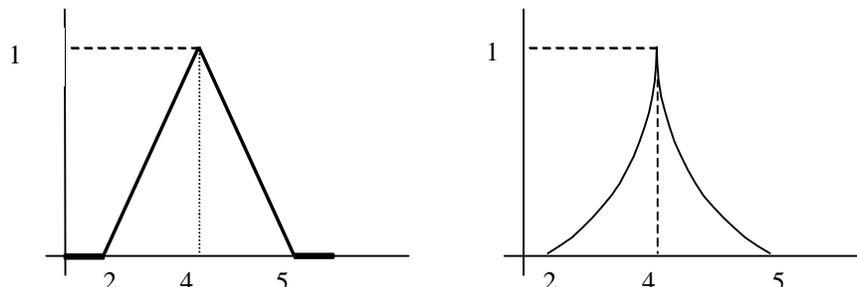


Figura 5.6 – Exemplos de representações para o conceito “perto de 4”

Devemos considerar que apesar de podermos representar por inúmeras formas o conceito de números difusos, as formas mais usuais, tais como triangulares e trapezoidais são mais fáceis de construir e manipular.

Similarmente aos números reais, os números difusos também podem ser manipulados pelas operações de adição, subtração, multiplicação e divisão.

Considere dois números difusos conforme ilustrado na Figura 5.7 a) e b) representando, respectivamente, os conceitos de “aproximadamente 2” e “aproximadamente 4” que serão utilizados para ilustrar as operações de adição e subtração com números difusos:

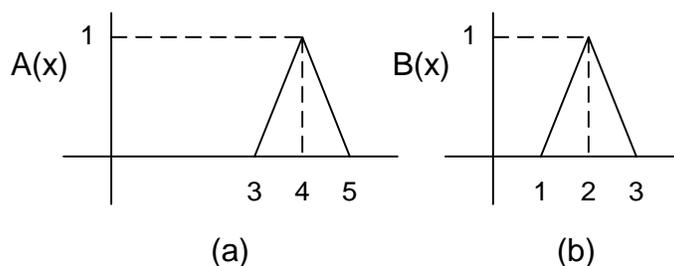


Figura 5.7 – Números difusos representando os conceitos “aproximadamente 4” e “aproximadamente 2”

Para efetuar a adição, soma-se primeiramente os vértices dos dois números. No caso anterior,  $4 + 2 = 6$ . Este será o vértice da soma difusa. A soma das bases é dada por  $[3,5] + [1,3] = [4,8]$ . O resultado é mostrado na Figura 5.8 (c). A subtração é feita de maneira similar sendo que a operação das bases é dada por  $[3,5] - [1,3] = [3-3, 5-1] = [0, 4]$ . O resultado da subtração é mostrado na Figura 5.8 (d):

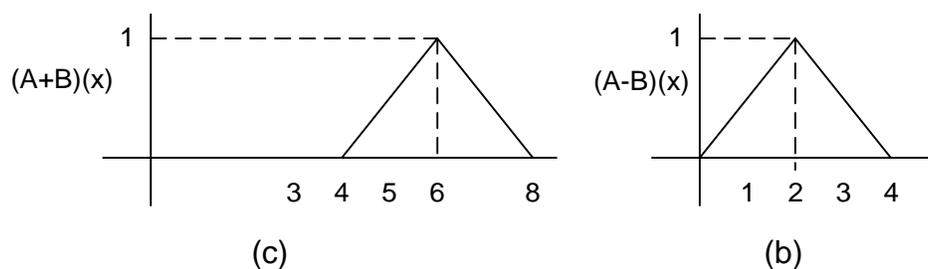


Figura 5.9 – Adição e subtração de números difusos

### 5.3 OPERADORES DE MÉDIA

Em um processo de decisão a idéia de *trade-off* corresponde a escolha de uma opinião que esteja entre a pior e a melhor avaliação preliminar. Isto ocorre na presença de metas conflitantes quando uma compensação entre as compatibilidades correspondentes é permitida.

Operadores de média realizam *trade-off* entre objetivos, por permitir uma compensação positiva entre as avaliações. Os operadores de média mais usados estão ilustrados na tabela 5.2:

NOME	FUNÇÃO(x,y)
Média harmônica	$2xy / x+y$
Média geométrica	$\sqrt{xy}$
Média aritmética	$x + y / 2$

Tabela. 5.2 – Operadores de média

O processo de agregação de informação aparece em muitas aplicações relacionadas ao desenvolvimento de sistemas inteligentes. Em YAGER (1993) é apresentado uma nova técnica conhecida como operadores OWA ( *Ordered Weighted Averaging* ).

Um operador OWA de dimensão n é um mapeamento

$$F : \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}$$

que tem um vetor n associado

$$W = ( w_1, w_2, \dots, w_n )$$

Com  $w_i \in [0,1]$ ,  $1 \leq i \leq n$ ,

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Além disso,

$$F(a_1, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j$$

Onde  $b_j$  é o  $j$ -ésimo maior elemento da coleção  $\langle a_1, \dots, a_n \rangle$ .

Por exemplo, considere  $W = (0.6, 0.4, 0.3, 0.2)$ , então:

$$F(0.8, 1, 0.1, 0.7) = 0.6 \times 1.0 + 0.4 \times 0.8 + 0.3 \times 0.7 + 0.2 \times 0.1 = 1,15$$

O aspecto fundamental deste operador é o passo de reordenação, em particular um elemento  $a_i$  não está associado com um peso  $w_i$  em particular mas em vez disso um peso é associado com uma posição ordenada particular do elemento.

## CAPITULO VI

### Metodologia

#### 6.1 DESCRIÇÃO

A metodologia de análise de envoltória de dados, segundo PITTALUGA (1998), apresenta três fases no estudo de medida de eficiência, sendo elas:

a) *Definição e Seleção das Unidades (DMU's)* : Para a escolha das unidades organizacionais a serem analisadas, deve-se considerar a sua pertinência em um conjunto homogêneo. Diante disso busca-se :

- i) Identificar unidades que desempenham as mesmas tarefas, com os mesmos objetivos;
- ii) Encontrar fatores (entradas e saídas) que caracterizam o desempenho de todas as unidades do grupo em análise que sejam iguais, exceto em intensidade e magnitude;

Fundamentado nas considerações anteriores, delimitou-se como universo de análise, os assentamentos rurais pertencentes ao projeto LUMIAR no estado de Rondônia tendo como objetivo a identificação de assentamentos com baixas *performances*.

Procurou-se, ainda, encontrar todos os assentamentos participantes do Projeto LUMIAR de Rondônia que apresentasse em seus relatórios os mesmos indicadores de produtividade.

*b) Determinação das Entradas e Saídas* : para a determinação das entradas, considerou-se um assentamento como sendo uma unidade produtiva tendo como insumo (entrada) as famílias dos trabalhadores rurais assentados. Os produtos (saídas) foram apresentados anteriormente no capítulo II como sendo os indicadores de produtividade nos setores pecuário e agrícola.

Em seguida efetua-se uma análise estatística dos dados de maneira a verificar o comportamento das amostras segundo o desvio padrão. Um estudo feito pela SCRCSSP (1997) indica, como ponto de partida, que cuidados especiais devem ser tomados para amostras com desvios padrões acima de duas vezes e meia dos valores médios das amostras. Para este trabalho considerou-se como valor limite um desvio padrão máximo de duas vezes.

*c) Aplicação do modelo DEA* : para a simulação da avaliação cruzada entre os assentamentos, na obtenção das eficiências em pecuária e agricultura, adotou-se o modelo de análise proposto em LOPES (1998), diferindo-se do modelo apresentado pela não obrigatoriedade de um limite inferior para os pesos ( adotou-se o modelo DEA original).

A aplicação do modelo DEA fornece duas informações: a primeira relativa a eficiência do assentamento comparativamente aos outros assentamentos e a segunda, referente aos pesos (valorações) escolhidos de maneira ótima e que resultaram na eficiência do assentamento. O modelo utilizado está ilustrado abaixo:

$$\text{Max } \text{PROD}_{k_0,D} = \sum_j P(j, k_0) * I_D(j, k_0)$$

s.a.

$$\sum_j P(j, k_0) * I_D(j, k) \leq 1 \quad \forall k$$

$$P(j, k_0) \geq 0 \quad \forall j$$

Onde:

$PROD_{K0,D}$  índice de produtividade do assentamento  $K0$  na  $D$ -ésima dimensão (  $D$ = Pecuária, Agrícola);

$P(j, K0)$  pesos (valorações) segundo sua própria escolha para o  $j$ -ésimo indicador  $I_D(j, k0)$  da dimensão  $D$ .

A avaliação cruzada é feita submetendo os pesos escolhidos de um assentamento aos indicadores de desempenho dos outros assentamentos.

## 6.2 OPERACIONALIZAÇÃO

Extraiu-se os dados dos assentamentos dos relatórios de atividades, período 1997/2000, elaborados pelas equipes técnicas dos assentamentos e enviados ao INCRA/RO. Em seguida, selecionou-se os assentamentos que apresentaram dados relativos a um conjunto de culturas agrícolas e criações animais comuns, diferindo-se apenas em seus quantitativos produzidos. Este processo resultou em sete assentamentos para a análise agrícola e seis para a análise pecuária.

Com os dados disponíveis, efetuou-se o cômputo dos indicadores de produtividade por número de famílias assentadas. Um resumo dos dados estão na tabela 6.1 a seguir, onde os valores para as culturas estão em sc/há\*famílias:

Assentamentos	Arroz	Feijão	Café	Milho
Adriana	0,432	0,067	0,104	0,384
Guarajus	0,298	0,065	0,013	0,296
Verde Seringal	0,090	0,026	0,007	0,104
Lajes	0,056	0,015	0,001	0,044
Tabajara	0,083	0,017	0,004	0,050
Tabajara II	0,139	0,028	0,013	0,083
Palmares	0,081	0,048	0,027	0,108

Tabela 6.1-indicadores de produtividade agrícola

A análise do desvio padrão revelou que, o assentamento Adriana apresentou um desvio acima de 2,0 para a cultura do café, conforme ilustrado na tabela 6.2, abaixo:

Assentamento	Valores das amostras em relação ao desvio padrão			
	Arroz	Feijão	Café	Milho
Adriana	1,857	1,330	2,206	1,743
Guarajus	0,913	1,224	-0,307	1,080
Verde Seringal	-0,553	-0,547	-0,473	-0,367
Lajes	-0,792	-1,049	-0,638	-0,820
Tabajara	-0,602	-0,958	-0,556	-0,774
Tabajara II	-0,207	-0,456	-0,308	-0,525
Palmares	-0,616	0,457	0,077	-0,337

Tabela 6.2 – Valores das amostras em relação ao desvio padrão

Considerou-se, então, que este valor representaria um inconsistência com relação aos valores dos outros assentamentos e portanto, optou-se pela exclusão deste indicador para a análise.

Em seguida as amostras foram normalizadas de tal forma que o valor máximo de um determinado indicador fosse 100. Com isto, procurou-se evitar a formação de matrizes mal condicionadas, o que poderia inviabilizar o processamento computacional. Outra etapa efetuada foi a aplicação do logaritmo neperiano nas amostras, de forma a minimizar os efeitos dos *outliers*, ou seja dos valores distantes dos valores médios das amostras. No caso de haver um indicador que seja o dobro de outro assentamento, a aplicação do logaritmo carrega uma interpretação inferior àquela duplicação.

A Tabela 6.3, a seguir, apresenta os valores dos indicadores após a normalização e a aplicação do logaritmo neperiano:

Assentamento	Arroz	Feijão	Milho
Adriana	4,6	4,6	4,6
Guarajus	4,2	4,6	4,3
Verde	3,0	3,7	3,3
Seringal			
Lajes	2,6	3,1	2,4
Tabajara	2,9	3,2	2,6
Tabajara II	3,5	3,7	3,1
Palmares	2,9	4,3	3,3

Tabela 6.3 – Dados da produtividade agrícola após normalização e Aplicação do logaritmo neperiano

Relativamente a produção pecuária o assentamento Lages não dispunha dos dados e, portanto, foi retirado da análise. Além disso, o assentamento Palmares não dispunha dos dados referentes a produção de eqüinos o que nos levou a abandonar este índice da análise DEA, ao invés de se retirar o assentamento.

Os dados relativos a produtividade da pecuária estão ilustrados na tabela 6.4, a seguir:

Assentamento	Bovinos	Suínos	Aves
Adriana	2,90	1,60	4,80
Guarajus	2,20	1,30	3,50
Verde Seringal	3,10	1,30	3,00
Tabajara	2,30	-0,10	3,80
Tabajara II	1,10	0,00	3,60
Palmares	2,10	1,50	3,80

Tabela 6.4 – Dados da produtividade pecuária após normalização e Aplicação do logaritmo neperiano

Concluída esta etapa de pré-processamento, inseriu-se as informações das produções dos assentamentos no banco de dados, para serem utilizados pelo sistema computacional para efetuar a análise de produtividade.

### 6.2.1 O SOFTWARE.

Constatou-se no capítulo três que a abordagem DEA está pautada na resolução de um problema de programação linear (LP). Desta forma, iniciou-se a busca por algoritmos que efetuassem este tipo de cálculo. Em GOLDBARG(2000) é apresentado o método simplex de solução de LP's com algumas conveniências computacionais.

Uma busca pela rede mundial de computadores apontou para a localização de rotinas já elaboradas baseadas no método simplex : <http://www-unix.mcs.anl.gov/otc/Guide/faq/linear-programming-faq.html>. O contato com um dos autores destas rotinas permitiu a obtenção de uma rotina escrita em Delphi que foi utilizada no programa.

O *software* foi elaborado utilizando o ambiente de programação Delphi 4.0 atualizado com o pacote 2, versão cliente/servidor, utilizando uma rotina de solução de LP's. Os dados dos assentamentos são lidos/escritos em um banco de dados access 97 SR-2. A tela inicial do programa é apresentada a seguir:

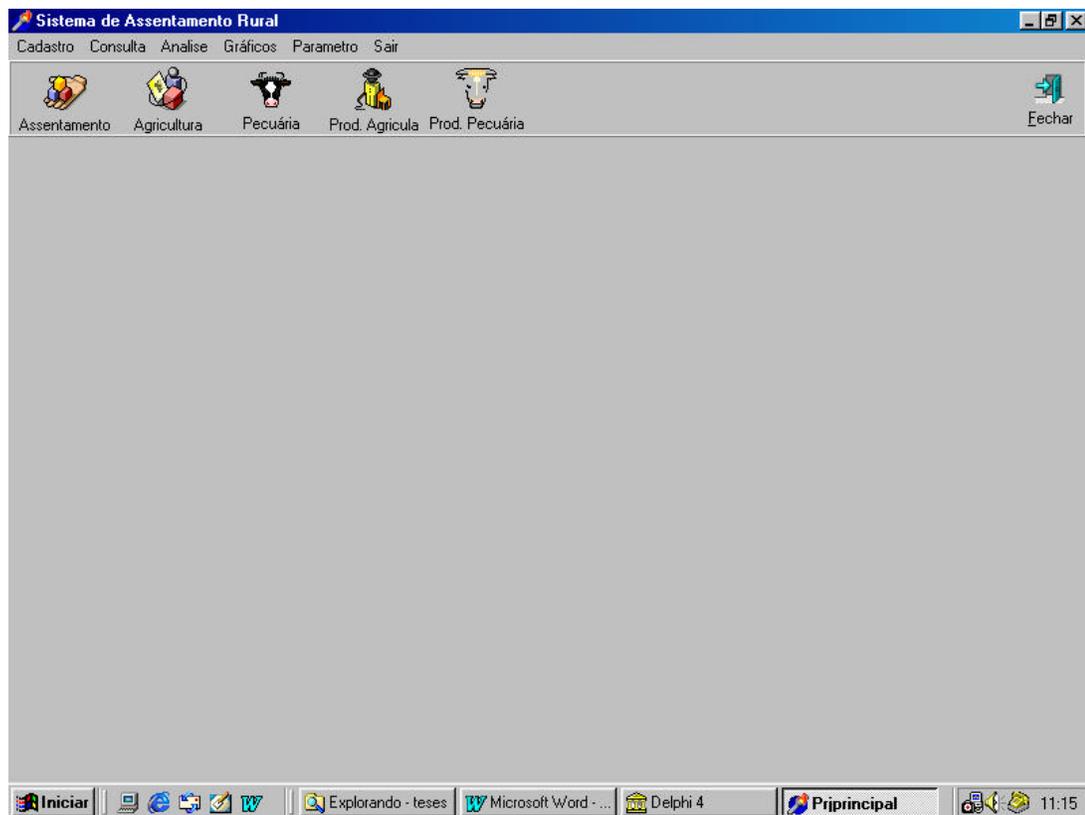
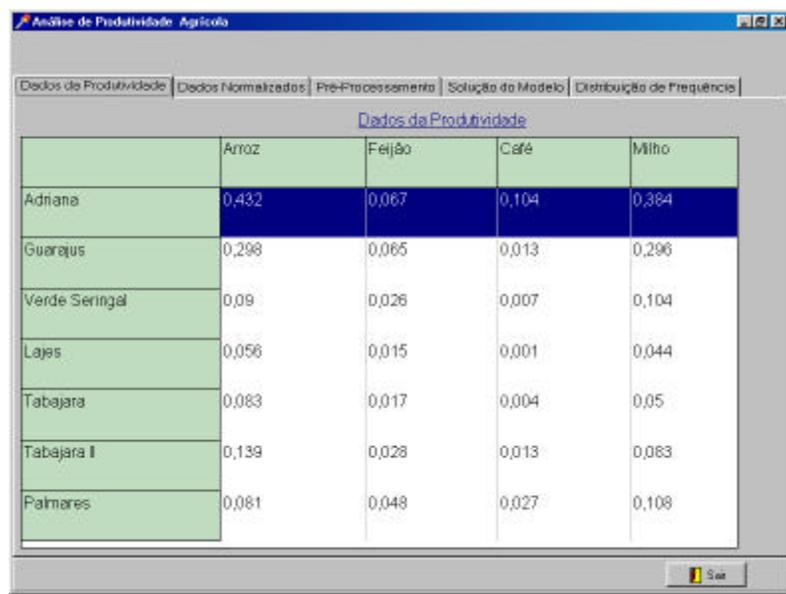


Figura 6.1 – Tela inicial do programa

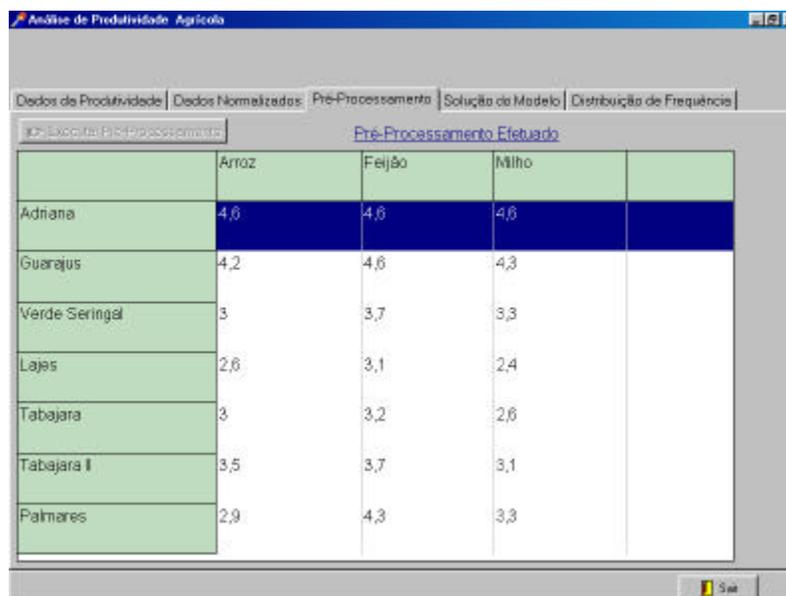
A Figura 6.2 ilustra a tela do programa após a leitura dos dados dos assentamentos do banco de dados. Nesta etapa, efetua-se a identificação das unidades que possuem dados comuns para os setores agrícola e pecuário:



	Arroz	Feijão	Café	Milho
Adriana	0,432	0,067	0,104	0,364
Guarajus	0,298	0,065	0,013	0,296
Verde Seringal	0,09	0,026	0,007	0,104
Lajes	0,056	0,015	0,001	0,044
Tabajara	0,083	0,017	0,004	0,05
Tabajara II	0,139	0,028	0,013	0,083
Palmares	0,081	0,048	0,027	0,108

Figura 6.2 – Tela do programa após leitura de dados do banco

A Figura 6.3 apresenta os dados pré-processados dos assentamentos, ou seja, é feita a normalização, retirada do indicador que apresentou desvio padrão acima de dois e aplicação do logaritmo neperiano.



	Arroz	Feijão	Milho	
Adriana	4,6	4,6	4,6	
Guarajus	4,2	4,6	4,3	
Verde Seringal	3	3,7	3,3	
Lajes	2,6	3,1	2,4	
Tabajara	3	3,2	2,6	
Tabajara II	3,5	3,7	3,1	
Palmares	2,9	4,3	3,3	

Figura 6.3 – Tela apresentando dados normalizados e após aplicação do logaritmo neperiano

A Figura 6.4 ilustra os pesos encontrados pelos assentamentos segundo sua própria escolha de pesos para os indicadores, ou seja, a solução do modelo DEA adotado. Esta tela também apresenta, na última coluna, o índice de produtividade alcançado pelos assentamentos.

	Peso Arroz	Peso Feijão	Peso Milho	Máximo
Adriana	0,238	0	0	1,095
Guarejus	0	0,217	0	1
Verde Seringal	0	0,217	0	0,804
Lajes	0	0,217	0	0,674
Tabajara	0	0,217	0	0,696
Tabajara II	0	0,217	0	0,804
Palmares	0	0,217	0	0,935

Figura 6.4 – Tela apresentando os pesos e o índices de produtividade

O processo de avaliação cruzada foi efetuado aplicando-se os pesos encontrados de cada assentamento aos indicadores de produtividade dos assentamentos restantes dentro de uma mesma dimensão, ou seja, cada assentamento avalia e é avaliado pelos demais. Tal procedimento resulta em um conjunto de índices de produtividade ( distribuição em freqüência ) que podem ser modelados como um número difuso.

A distribuição em freqüência dos índices foram então aproximados por um número difuso de pertinência triangular, KLIR et al. (1995), que visa representar o desempenho do assentamento dentro das dimensões de produtividade pecuária e

agrícola. A escolha da função de pertinência com forma triangular é baseada na sua facilidade de construir e manipular, KLIR et al. (1995).

O valor médio da distribuição em frequência foi considerado como um ponto de máximo da função de pertinência do índice de desempenho difuso da dimensão escolhida.

O programa permite a geração de gráficos para permitir a análise o comportamento de cada assentamento em cada uma das dimensões sob análise. Na Figura 6.5 temos o desempenho difuso do assentamento Verde Seringal nas dimensão produtividade agrícola e pecuária:

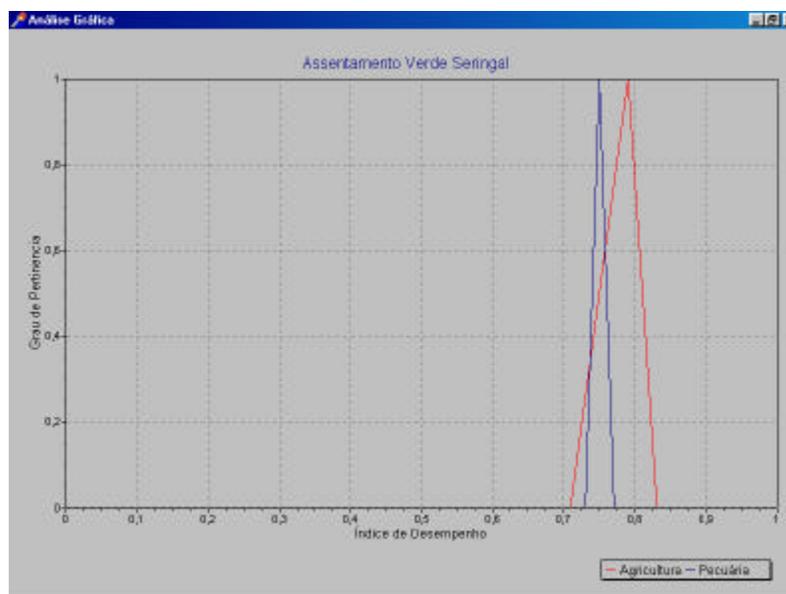


Figura 6.5 – Desempenho Difuso do Assentamento Verde Seringal em relação a Produtividade agrícola e pecuária

O passo final foi a obtenção do índice de desempenho global dos assentamentos.

Uma vez que os desempenhos dos assentamentos são vistos como números difusos, então as operações aritméticas padrões em números difusos podem ser aplicadas. Desta forma, efetuou-se a adição dos desempenhos nas duas dimensões para cada assentamento. Ao resultado, aplicamos um operador de agregação OWA.

A aplicação do agregador visa efetuar uma agregação de informação, de forma semelhante ao operador de média em números reais.

O operador de ordenação ponderado OWA utilizado foi o de média pura, apresentado por YAGER (1993) e cuja função de pesos é dada por :

$$w_i = 1/n$$

A etapa de agregação dos desempenhos parciais nas dimensões pecuária e agrícola tem como objetivo fornecer uma medida de desempenho global dos assentamentos envolvidos na análise. Desta forma, torna-se disponível a informação do desempenho geral dos assentamentos, complementando a análise parcial efetuada nas duas dimensões.

## CAPITULO VII

### Conclusões e Recomendações

#### 7.1 Conclusões

O sucesso industrial comprovado da inteligência artificial, sobretudo da lógica fuzzy têm contribuído para a expansão de seu emprego nos mais diversos campos do saber humano.

A utilização da análise envoltória de dados também tem-se mostrado eficaz como ferramenta de auxílio no processo avaliativo e pode ser comprovado pelos resultados apresentados no presente trabalho.

A união das lógica difusa e da análise envoltória de dados procura dar um passo a mais na implementação de ferramentas de apoio a decisão para organizações governamentais e não-governamentais. Procura-se com isso facilitar ao gestor do sistema, a análise das variáveis do processo permitindo a visão de diferentes ângulos. Tem-se, desta forma, um instrumento indicador de unidades deficitárias nos usos de seus recursos ou nas suas diferentes formas de produção e com isso descobrir e sanar as causas destas ineficiências. Corrobora-se isto com os resultados identificados pelo programa.

Uma análise inicial dos resultados apresentados pelo sistema apontam o assentamento Lages como prioritário na recepção de cuidados da equipe técnica, por ter apresentado o pior desempenho em relação a produtividade agrícola, dentre os assentamentos analisados.

Constata-se, também, que os assentamentos Adriana e Guarajus formam a fronteira de eficiência para os assentamentos restantes, uma vez que foram os que obtiveram os maiores índices de desempenho, e portanto, podem ser tomados como “exemplos” em relação aos demais. Pode-se, então, como ponto de partida, procurar identificar as melhores práticas adotadas por estes assentamentos e aplicá-las aos assentamentos de desempenhos inferiores buscando, assim, uma melhora de eficiência.

De posse dos desempenhos parciais nas dimensões agrícola e pecuária, fica facilitado a identificação de qual dimensão deve receber maior atenção, tendo como objetivo, a obtenção de uma melhora de desempenho global.

A implementação do sistema torna-se pertinente, dada a escassez de ferramentas de análises avaliativas e que operem com múltiplos *outputs* além de, disseminar a sua utilização, uma vez que seu conhecimento ainda é privilégio de poucos.

## **7.2 Recomendações**

Destaca-se a importância de haver uma padronização dos relatórios enviados pelas equipes locais dos assentamentos, uma vez que uma grande maioria deles não apresentavam de dados quantitativos que permitissem efetuar a análise.

Deve-se também ampliar o universo de análise procurando englobar dados referentes a qualidade de vida dos assentados, uma vez que esta também é um ponto importante para o sucesso do projeto LUMIAR.

Sugere-se que avaliações sejam feitas com assentamentos que não pertençam ao projeto LUMIAR. Busca-se, desta forma, identificar os pontos mais favoráveis do projeto em comparação aos métodos empregados anteriormente de assentamentos, ou seja, sem o emprego de uma equipe de apoio técnico para as famílias de assentados. As informações levantadas poderiam ser utilizadas como base para uma justificativa de sobrevivência do projeto.

Recomenda-se também para trabalhos futuros que sejam incorporados métodos de avaliação que possibilitem analisar a eficiência temporal dos assentamentos. Nesta abordagem cada assentamento seria tratado separadamente, em um determinado tempo, como se fosse um assentamento distinto. Assim, o assentamento é comparado com ele mesmo sendo apresentado as mudanças ocorridas em sua eficiência. Este tipo de análise permitiria um acompanhamento mais próximo da evolução dos assentamentos.

## ANEXO I

**Assentamento:** Extensão de terra onde são inseridas famílias de trabalhadores rurais de modo a obter condições de moradia e sustento, viabilizando a sobrevivência das famílias ali instaladas.

**Data Envelopment Analysis (DEA):** Uma técnica de programação linear que identifica a melhores práticas dentro de um conjunto de amostras e mede a eficiência baseada em diferenças entre a unidade observada e a de melhor prática. DEA é usada comumente para medir a eficiência técnica.

**Eficiência Técnica:** Conversão de entradas tais como trabalho e matéria bruta em saídas. A Eficiência técnica é determinada pela diferença entre a razão de quantidades de saídas pelas entradas de uma entidade e a razão obtida pela entidade de melhor prática.

**Produtividade:** Relação entre a quantidade ou valor produzido e a quantidade ou valor dos insumos aplicados à produção.

**Programação Linear:** Um conjunto de equações matemáticas lineares em que uma solução pode ser obtida sujeita a uma fronteira superior (maximização) ou uma inferior (minimização).

**Projeto LUMIAR:** Um Projeto do Governo Federal que visa implantar um serviço descentralizado de apoio técnico às famílias dos agricultores assentados nos Projetos de Reforma Agrária.

**Reforma Agrária:** Revisão da estrutura agrária dum país com vista a uma distribuição mais eqüitativa da terra e da renda agrícola, mediante modificações no

regime de sua posse e uso, a fim de atender aos princípios de justiça social e ao aumento de produtividade.

**Unidades Tomadoras de Decisão (Decision Making Units - DMU's):**

Organizações ou unidades que estão sendo examinadas em um estudo DEA. Como exemplos citamos : hospitais, agências bancárias, departamentos, fazendas, etc.

As siglas utilizadas durante o trabalho são:

INCRA	Instituto Nacional de Colonização e de Reforma Agrária
IA	Inteligência Artificial
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MIRAD	Ministério da Reforma Agrária e Desenvolvimento
NASA	
MST	Movimento dos Trabalhadores Rurais SemTerra
PNRA	Plano Nacional de Reforma Agrária
UNB	Universidade de Brasília

## Referências Bibliográficas

- BADIN, N. T., "Avaliação da Produtividade de Supermercados e seu *benchmarking*", Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 1997.
- CHARNES, A. *et al.* "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 424-444, 1978.
- CHIAVENATO, I., "Introdução à Teoria Geral da Administração". São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.
- CHU, X.; FRIELDING, G., "Measuring Transit Performance using Data Envelopment Analysis".. *Transportation Research*, 26A, 1992
- COOK, W. D. *et al.* "A Data Envelopment approach to Measuring Efficiency: Case analysis of highway maintenance patrols ", *Journal of Socio-Economics*, vol. 20, n. 1, pp. 83-103, 1991.
- CSTR, Centre of Speech Technology Research home page. 1999. url: <http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/asr.html>.
- EMROUZNEJAD. A., "A DEA Tutorial home page ", Warwick Business School., 1999. url: <http://www.csv.warwick.ac.uk/~bsrlu/dea/deat/deat1.htm>
- FARRELL, M. J., "The measurement of productive efficiency ". *Journal of the Royal Statistical Society*, Londres, England, v. 120, p.253-290, 1957.
- GIOCAS, D. I., "Bank Branch Operating Efficiency: A Comparative Application of DEA and the Loglinear Model". *Omega*, v.19, n.6, 1991.
- GOLDBARG, M. C., "Otimização Combinatória e Programação Linear : Modelos e Algoritmos" . Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000.
- HARMON, P., KING, D., "Sistemas Especialistas : A Inteligência Artificial chega ao Mercado", São Paulo: Editora Campus , 1988.
- JOHNSON, R. A., WICHERN, D. W., "Applied multivariate statistical analysis". Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall,1982.
- KLIR, G. ,YUAN, B. , "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications". New Jersey: Prentice-Hall,, 1995.

- KRAUS, Jonh D., "Antenas ": tradução de Paulo Antonio Mariotto. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois, 1983.
- LAWRENCE, J., "Introduction to Neural Networks and Expert Systems ", Nevada City : California Scientific Software, 1992.
- LIEBOWITZ, J., "Worldwide Expert Systems Activities and Trends", Cognizant Communication Offices, USA, 1994.
- LOPES, A. M. L., *et al.*, "Interpretation of Academic Department performance indicators Through a Fuzzy data envelopment analysis model", INFORMS National Meeting, Montreal, Canada, 29/4-29/4, 1998.
- MOITA, Marcia. H. V., "Medindo a Eficiência Relativa de Escolas Municipais da Cidade do Rio Grande-RS Usando a Abordagem DEA (Data Envelopment Analysis)", Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 1995.
- PASSOLD, F., "Apostila do Curso de Inteligência Artificial Aplicada a Manufatura", 2000. url <http://www.lcmi.ufsc.br/~passold/>.
- PEREIRA F.M., "Mensuramento da Eficiência Multidimensional Utilizando Análise de Envolvimento de Dados revisão da Teoria e Aplicações", Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 1995.
- PITTALUGA, C. A., "Avaliação dos Bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia de Produção Utilizando Data Envelopment Analysis", Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 1998.
- MAREN, A. J., "Multilayer Feedforward Neural Networks I: Delta Rule Learning ", In: -, HARSTON, C. T., PAP, R. M. (eds.), Handbook of Neural Computing Applications. San Diego : Academic Press, Inc., Cap. 7, p. 85-105, 1990.
- MOITA M. H. V., "Medindo a eficiência relativa de escolas municipais da cidade do Rio Grande-RS usando a abordagem DEA (Data Envelopment Analysis)", Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 1995.
- NETO, D. C., "Robôs-Móveis, Vida Artificial e Complexidade", Agosto de 2000, url: <http://black.rc.unesp.br/ccomp/ia/ia2000/robos/index.htm>.
- NOVAES, A.G., "Benchmarking rapid-transit services with Data Envelopment Analysis", Anais do VIII Congresso Chileno de Ingeneria de Transporte, 1997.
- RICH, E., KNIGHT, K., "Inteligência Artificial ", São Paulo: Makron, 1993.

SCRCSSP, Steering Committee for the Review of Commonwealth/State Service Provision. "Data Envelopment Analysis: A technique for measuring the efficiency of government service delivery ", AGPS, Canberra, 1997.

STURION, L., "Uma Avaliação do Potencial da Análise de Envoltória de Dados (DEA) no Diagnóstico da Produtividade de Unidades de Produção Agropecuária", Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 1996.

TRANTAPHILLOU, E., SÁNCHEZ, A., "A Sensitive Analysis Approach for some deterministic Multi-criteria Decision-Making Methods", Decision Science. v. 28, n. 1, p. 151-194, 1997.

TRICK M., "Management Science Techniques for Consultants ", 1999. url: <http://mat.gsia.cmu.edu/mstc/dea/node3.html>.

VALDMANIS, V., "Sensitivity Analysis for DEA Models" , Journal of Public Economics, vol. 48, pp. 185–205. 1992.

YAGER, R.R., "Families of OWA Operators", Fuzzy Sets and Systems. 1993.

ZADEH, L., "Fuzzy Sets", Information and Control 8(3): 338-353, 1965.

