

GESTÃO DA COMUNICAÇÃO DE DADOS “ON-LINE” COM SISTEMAS MULTI-AGENTES COMPARTILHADOS COM “NEURO-FUZZY” E WEB SEMÂNTICA – INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Arildo Dirceu Cordeiro

Rogério Cid Bastos

1

2

RESUMO

Este artigo resume o estágio atual de um trabalho maior, iniciado com um mestrado na mesma área, concluído em maio de 2001, quando foi desenvolvido um software que resultou em um sistema multi-agentes denominado “SMAGS”, cujas pesquisas continuaram, agora na fase de tese para doutorado, em que estão sendo incorporadas novas técnicas de inteligência artificial, tais como: redes neuro-fuzzy, FAN, web semântica e outros recursos, sempre com o objetivo de fornecer ao usuário uma ferramenta eficaz que consiga gerenciar a comunicação de dados “on-line” entre sistemas informatizados diferentes, com capacidade para construir o seu próprio conhecimento, podendo atuar como um “gerente virtual”, assessorando pessoas em todas as áreas do conhecimento humano, fazendo com que elas possam fazer mais e melhor, “fazendo menos”, isto é, gastando menos tempo e esforço. A idéia básica é a computação centrada no homem, onde a tecnologia deve atender as necessidades do ser humano e não ao contrário.

Palavras-chave: Inteligência artificial, agentes, redes neuronais, Fuzzy, tempo real e web semântica.

¹ Graduado em Engenharia Cartográfica, Mestre em Engenharia da Produção pela UFSC. Doutorando na mesma área pela UFSC. Ex-diretor da Unidade de Curitiba. Professor do Departamento Acadêmico de Construção Civil do CEFET-PR.

² Graduado em Direito e em Estatística. Doutor em Engenharia de Produção. Professor e Pró-Reitor de Informática da UFSC.

ABSTRACT

This paper summarizes the present stage of a bigger essay, begun at a MD in the same area that was concluded in May 2001. At that time, a software was developed and it ended in a multi-agents system named "SMAGS", whose research continue now in the phase of the thesis for the doctorate. New techniques of artificial intelligence are being incorporated, such as, neuro-fuzzy nets, FAN, semantic web, and other resources, always with a objective of furnishing the user a useful tool that may be a manager the data communication "on-line" among different technology systems, with capacity to build its own knowledge, that can act as a "virtual manage" and be a consultant in many areas of human knowledge, giving them resources to do even more and better, "doing less", that is, spending less time and effort. The basic idea is the computation centered in the individual where technology must meet a human being's needs and not the other way around.

Keywords: Neuro-Fuzzy words – semantic web – knowledge.

1. INTRODUÇÃO

Com a globalização, diferentes setores da economia mundial despertam interesse de pessoas, grupos e/ou empresas, além de instituições públicas ou privadas, as quais necessitam estar cada vez mais bem informadas. Neste contexto, o volume de dados cresce assustadoramente, tornando-se impossível, na maioria das vezes, de serem trabalhados manualmente nos limites de tempo disponíveis. Por outro lado, sabemos que de nada adianta muitos dados sem saber o que fazer com eles. Para solucionar esse problema, surgem diferentes ferramentas e suas técnicas. O trabalho proposto e desenvolvido em (CORDEIRO, 2001), resolve parcialmente o problema através de um sistema multi-agentes que executa automaticamente de forma inteligente e autônoma inúmeras tarefas de carácter genérico, exercendo o papel de um "Gerente Virtual", capaz de reconhecer comandos de voz, extrair dados de bancos de dados genéricos, executar programas e extrair dados à distância, em qualquer das estações sob seu monitoramento em uma intranet e/ou internet onde quer que esteja localizado; possuindo ainda um contestador de mudança de estado, capaz de detectar automaticamente mudança nos dados de qualquer dos pontos que podem estar instalados em qualquer setor de uma instituição, quer sejam: financeiro, administrativo, ensino, etc. Possuindo ainda vários outros recursos que fazem com que o esquema de circulação das interfaces de uma rede digital de serviços integrados (RDSI), conforme proposto por Pierre Levy

(1998), se torne uma realidade. Entretanto, para que o sistema se torne realmente inteligente e eficaz, é necessário trabalhar melhor os dados de qualquer natureza, desde sua origem no banco de dados, passando pelo “Data Mining” (Mineração de Dados), até chegar ao conhecimento propriamente dito, figura 1.

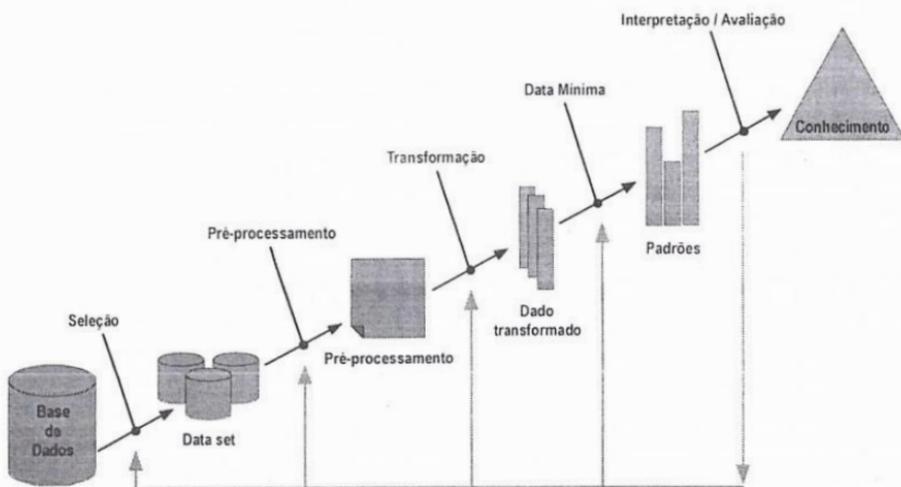


FIGURA 1 – Processo KDD. Adaptado de Fayyad (1996a).

O processo para aquisição do conhecimento pode ser realizado de diferentes formas. No trabalho proposto, pretende-se utilizar para reconhecimento de padrões a rede FAN (Free Associative Neurons), proposta e desenvolvida por Roberto Tadeu Raittz em seus trabalhos RAITTZ (1997) e RAITTZ (2002), de mestrado e doutorado respectivamente, por se tratar de uma rede que, embora utilize os princípios de redes neuronais e Lógica Fuzzy, já conhecidos, possui característica mais genérica e mais transparente.

Para que os computadores possam utilizar eficazmente o conhecimento adquirido, entendendo os outros computadores e as necessidades de seus usuários, é necessário também acrescentar ao sistema os conceitos de web semântica que o torna capaz de identificar não apenas o significado de uma palavra, mas também a relação lógica entre várias palavras envolvendo o raciocínio humano.

Pelos motivos expostos, será apresentado, no capítulo 2, um resumo dos conceitos básicos da literatura envolvida, com ênfase para redes neuro-fuzzy rede FAN e web semântica; no capítulo 3 será explanado o modelo proposto e desenvolvido, bem como as alterações em andamento e, finalmente, no capítulo 4 as conclusões.

2. RESUMO DA LITERATURA

2.1 Inteligência artificial

2.1.1 Definições

“Inteligência Artificial é o campo de estudo na Ciência da Computação, que persegue o objetivo de fazer um computador raciocinar de maneira semelhante aos humanos” (Durkin, 1994).

A inteligência artificial, como área de pesquisa, tem um campo bastante amplo, destacando-se: entendimento de linguagem, compreensão de eventos, interpretação visual, aprendizado por experiência, resolução de problemas que requerem alguma especialização, jogos e tratamento de incertezas (Russel e Norvig, 1995; Durkin, 1996; Rich e Knight, 1993).

Embora sua definição como campo de estudo tenha ocorrido somente em 1956, algumas áreas foram vitais para o seu surgimento, em que as tecnologias inteligentes foram objeto de pesquisa e desenvolvimento desde o início da Ciência da Computação (Medsker, 1995). Os principais acontecimentos relativos à inteligência artificial tiveram a seguinte seqüência lógica: década de 40: ciência da informação; década de 50: redes neurais e definição de inteligência artificial; década de 60: sistemas especialistas e conjuntos difusos; década de 80: algoritmos genéricos e raciocínio baseado em casos; década de 90: agentes inteligentes.

2.1.2 Inteligência artificial distribuída

A inteligência artificial distribuída (IAD), ao contrário dos paradigmas tradicionais da IA, considera que a resolução de problemas envolve a coletividade e não um único indivíduo. Dessa forma, deixam de ter atenção as iniciativas de simular o comportamento humano, seja mental (IA simbolista) ou neuronal (IA conexionista), passando o foco de atenção para a forma de interação entre as entidades chamadas de agentes e sua organização social. Para a IAD, *“ a relação do indivíduo com o meio, seja por interação ou organização, é determinante na imersão do comportamento inteligente”* (Paraíso, 1997).

2.2 Agentes inteligentes

2.2.1 Considerações gerais e definições

Existe muita polêmica sobre o que são exatamente os agentes inteligentes e como eles diferem dos programas em geral. Com isso, diferentes pesquisadores propõem definições para esta área da inteligência artificial. Essas definições vão desde o nível elementar até o nível mais elaborado. Além disso, esses pesquisadores criaram também novos termos para referenciar os

agentes inteligentes, tais como: interfaces adaptativas, *knowbots*, *softbots*, *tabots*, *nobot*, entre outros. Verificou-se que cada autor procura enfatizar as características desejáveis de um agente, de acordo com a aplicação por ele desenvolvida.

“Agente inteligente é um programa de computador que funciona em background e desenvolve tarefas autônomas, conforme delegadas pelo usuário. São sistemas que apresentam um comportamento determinado de acordo com um processo de raciocínio baseado na maneira pela qual o agente representa suas crenças, desejos e compromissos” (WOOLDRIDGE e JENNINGS, 1994).

“Agentes inteligentes são sistemas computacionais residentes em ambientes dinâmicos complexos, os quais percebem e atuam autonomamente neste ambiente e, ao fazê-lo, realizam um conjunto de objetivos e tarefas para os quais foram designados” (MAES, 1996).

2.2.2 Propriedades

Os agentes apresentam diversas propriedades que os diferenciam das outras aplicações de software. Nem todas precisam estar presentes, entretanto quanto mais propriedades o agente possuir, em geral, maior será o seu grau de inteligência. As principais propriedades que os agentes podem possuir são:

- *autonomia;*
- *aprendizagem ou capacidade de adaptação;*
- *comunicabilidade ou habilidade social;*
- *colaboração ou cooperatividade;*
- *persistência ou continuidade temporal;*
- *reatividade;*
- *pró-atividade ou orientado a metas;*
- *mobilidade.*

2.2.3 Aplicações de agentes inteligentes

Existem muitas aplicações de agentes inteligentes nas mais variadas áreas. Principalmente na educação, no comércio, na indústria e na saúde.

2.3 Redes neurais

2.3.1 Definições

A rede neuronal é uma representação do cérebro humano que tenta simular o seu processo de aprendizagem.

Segundo Simon Haykin, uma rede neural é um processador maciço e paralelamente distribuído de unidades de processamento simples, que tem a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para o uso. Ela se assemelha ao cérebro em dois aspectos:

1. O conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente através de um processo de aprendizagem.
2. Forças de conexão entre neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são utilizados para armazenar o conhecimento adquirido.

Segundo Laurence Fausset, uma rede neuronal é um sistema de informação que apresenta certas características comuns com a rede de neurônios biológicos.

2.3.2 Características das redes neuronais

Segundo Fausset as redes neuronais artificiais foram desenvolvidas como modelagem matemática generalizada da cognição humana ou da biologia neuronal, baseada nos seguintes princípios:

1. o processamento da informação ocorre em muitos elementos simples denominados neurônios;
2. os sinais progridem entre os neurônios através de links de conexão;
3. cada link de conexão tem associado um caminho, que em uma rede neuronal, multiplica o sinal transmitido;
4. cada neurônio aplica uma função de ativação (geralmente não linear) ao sinal de entrada (soma dos valores dos caminhos de entrada) para determinar o sinal de saída.

Usualmente, conforme mostrado na figura 2, as camadas são classificadas em três grupos:

- **camada de entrada** : em que os padrões são apresentados à rede;
- **camadas intermediárias ou ocultas** : em que é feita a maior parte do processamento, através das conexões sinápticas, e podem ser consideradas como extratoras de características;
- **camada de saída**: em que o resultado final é concluído e apresentado.

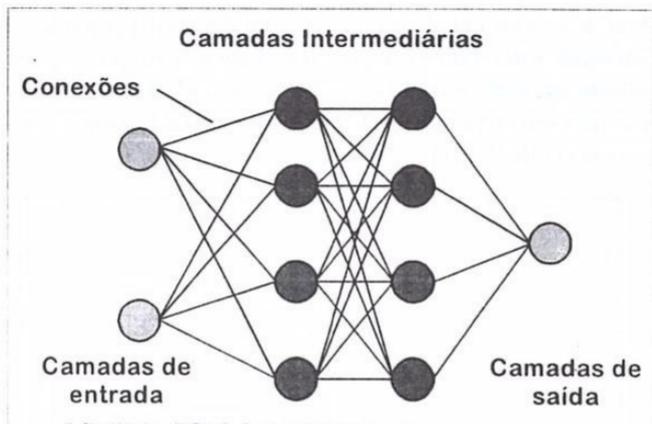


FIGURA 2 – Componentes de uma rede neuronal.

O processamento da informação em um neurônio é efetuada segundo o esquema apresentado na figura 3.

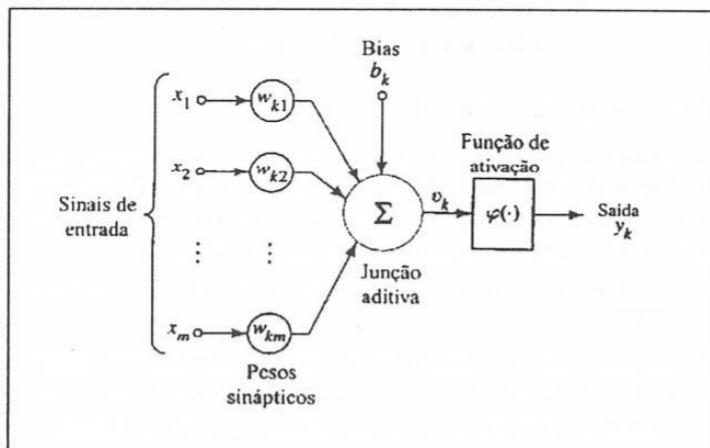


FIGURA 3 -- Estrutura do neurônio em uma rede neuronal.

Onde são identificados três elementos básicos do modelo neuronal:

- um conjunto de sinapses ou elos de conexão, cada uma caracterizada por um peso ou força própria;
- um somador para somar os sinais de entrada, ponderados pelas respectivas sinapses do neurônio;
- uma função de ativação para restringir a amplitude de saída de um neurônio.

O bias b_i exerce o efeito de aumentar ou diminuir a entrada líquida da função de ativação, e desta forma resolve o problema de entrada nula na rede.

A função ativação, conforme mostrado na figura 4, também é referida como uma função restritiva, pois restringe o sinal de saída a um valor finito, geralmente no intervalo $[-1,+1]$.

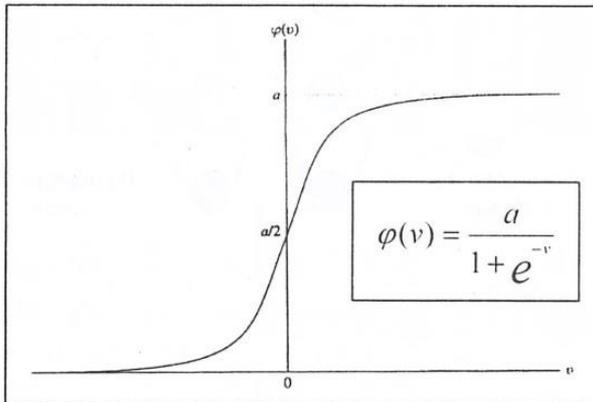


FIGURA 4 – Função de Ativação

2.3.3 Propriedades das redes neuronais

As redes neuronais pelo fato de apresentarem uma estrutura maciçamente e paralelamente distribuída, permitem através da sua habilidade de aprender e portanto generalizar, produzir saídas que não estavam presentes durante o treinamento. Elas apresentam as seguintes propriedades:

1. não-linearidade: permitem trabalhar com valores de entrada não lineares;
2. mapeamento de entrada e saída: com a aprendizagem supervisionada é possível obter resultados para os pesos sinápticos que permitam dar respostas a novos valores do sinal de entrada, sem a necessidade de invocar a massa de dados que originou o modelo;
3. adaptabilidade: as redes neuronais têm uma capacidade inata de adaptar seus pesos sinápticos a modificações do meio ambiente, podendo-se projetar a modificação dos pesos sinápticos em tempo real, permitindo a operação em um ambiente não-estacionário, onde as estatísticas mudam com o tempo;
4. respostas a evidências: no contexto da classificação de padrões, uma rede neural pode ser projetada para fornecer informações não somente sobre qual padrão particular selecionar, mas também sobre a confiança ou crença na decisão tomada;

5. informação contextual: o conhecimento é representado pela própria estrutura e estado de ativação de uma rede neuronal. Cada neurônio da rede é potencialmente afetado pela atividade de todos os outros neurônios na rede. Conseqüentemente, a informação contextual é tratada naturalmente pela rede;
6. tolerância a falhas: uma rede neuronal, implementada na forma física (em hardware), tem o potencial de ser inerentemente tolerante a falhas, ou capaz de realizar computação robusta, no sentido de que seu desempenho se degrada suavemente sob condições adversas. Esta propriedade se deve à natureza distribuída do processamento;
7. implementação em VLSI (Very Large Scale Integration): a natureza maciçamente paralela de uma rede neuronal a faz ser potencialmente rápida na computação de certas tarefas. Esta mesma característica torna-a adequada para implementação utilizando tecnologia de integração em escala muito ampla;
8. uniformidade de análise e projeto: as redes neuronais desfrutam de universalidade como processadores de informação. Esta característica se manifesta de diversos modos: a) os neurônios de uma forma ou de outra, representam um ingrediente comum a todas elas; b) esta uniformidade torna possível compartilhar teorias e algoritmos de aprendizagem em aplicações diferentes de redes. c) redes modulares podem ser construídas através de uma integração homogênea de módulos;
9. analogia neurobiológica: o projeto de uma rede neuronal é motivado pela analogia com o cérebro, que é uma prova viva de que o processamento paralelo tolerante a falhas é não somente possível fisicamente mas também rápido e poderoso.

2.3.4 Histórico

O desenvolvimento da teoria de redes neuronais, iniciada nos anos 40, percorreu um longo caminho desde que o psiquiatra e neuroanatomista McCulloch, juntamente com o matemático Pitts, lançaram o artigo “ *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*”, considerado o ponto inicial do estudo das redes neuronais.

O histórico que segue permite visualizar a caminhada do desenvolvimento das redes neuronais:

- McCulloch e Pitts (1943) – artigo que descreve um cálculo lógico das redes neurais unificando os estudos de neurofisiologia e da lógica matemática;

- Hebb (1949) – “ *The organization of behavior*”, no qual foi apresentado pela primeira vez a formulação explícita de uma regra de aprendizagem fisiológica para a modificação sináptica;
- Ashby (1952) – “ *Design for a brain: The origin of adaptive behavior*”, que trata da noção de comportamento adaptativo, que não é inato mas sim aprendido, e que a aprendizagem muda o comportamento para melhor;
- Van Neumann (1955) – “ *The computer and the brain*”, que é a base para projeto de computadores digitais;
- Roseblatt (1958) – desenvolve o perceptron, um método inovador de aprendizagem supervisionada;
- Widrow e Hoff (1960) – desenvolveram o algoritmo do mínimo quadrado médio e formularam o adaline (adaptive linear neuron). A diferença entre o perceptron e o adaline está no processo de aprendizagem.

Nos anos 60 parecia que as redes neuronais poderiam resolver todos os problemas;

- Minski e Papert (1969) – monografia em que foi demonstrada matematicamente a limitação dos modelos perceptron de camada única e a incapacidade dos modelos perceptrons de múltiplas camadas em superar estas limitações;

O trabalho apresentado por Minski e Papert reduziu sensivelmente a pesquisa sobre redes neuronais, retornando novamente a ser objeto de estudos na década de 80.

- Hopfield (1982) – apresentou as redes recorrentes com conexões sinápticas simétricas, denominadas de redes de Hopfield apesar de não serem modelos realísticos dos sistemas neurobiológicos;
- Kohonen(1982) – desenvolveu os mapas auto-organizáveis, utilizando uma estrutura de rede unidimensional ou bidimensional, tornando-se uma referência para a avaliação de outras inovações neste campo;
- Ackley, Hinton e Sejnowski (1985) – desenvolveram a primeira realização bem sucedida de uma rede neuronal de múltiplas camadas, a máquina de Boltzmann;
- Rumelhart, Hinton e Willians (1986) – desenvolveram o algoritmo backpropagation, que se tornou o algoritmo mais popular para o treinamento de perceptrons de múltiplas camadas. Publicaram o célebre livro “ *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition*” .

Uma sucessão de livros e artigos foram apresentados; no entanto, o artigo de Hopfield, em 1982, e os livros de Rumelhart e McClelland, em 1986, permanecem como referências.

2.3.5 Processo de aprendizagem

Um processo de aprendizagem implica na sequência de eventos:

- a rede neuronal é estimulada por um ambiente;
- a rede neuronal sofre modificações nos seus parâmetros livres como resultado desta estimulação;
- a rede neuronal responde de uma maneira nova ao ambiente, devido às modificações ocorridas na sua estrutura interna.

A aprendizagem com a ajuda de um professor, apresentada na figura 5, também denominada de *aprendizagem supervisionada*, utiliza o conhecimento prévio do sistema, representado por um conjunto de valores entrada-saída, os quais são transferidos para a rede neuronal, promovendo o treinamento da mesma, dispensando posteriormente a ajuda do professor e respondendo ao sistema por seus próprios meios.

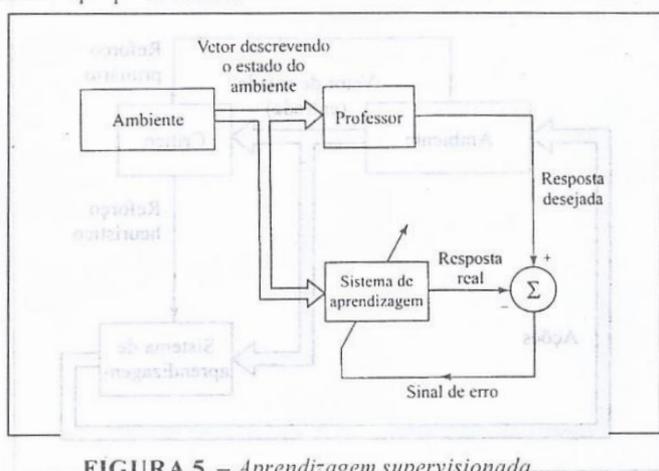


FIGURA 5 – Aprendizagem supervisionada.

Na aprendizagem *não-supervisionada*, não há um professor externo que acompanha o processo de aprendizagem, mas são dadas condições independentes à rede para permitir que os parâmetros livres sejam otimizados atendendo a estas condições.

O diagrama de blocos da aprendizagem não-supervisionada, apresentada na figura 6, pode, por exemplo, utilizar-se de uma regra de aprendizagem competitiva, onde a partir de uma regra pré-determinada os neurônios competem entre si para melhor responder ao estímulo de entrada.

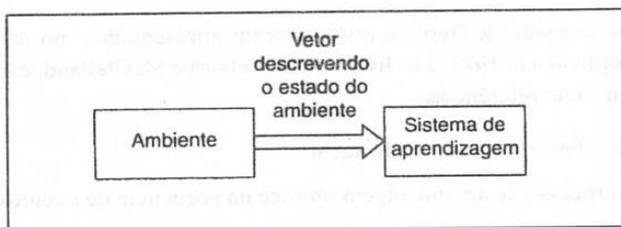


FIGURA 6 – Aprendizagem não-supervisionada.

No *aprendizado por reforço*, um conjunto de entrada – saída apresentado ao sistema é processado visando à redução de um índice escalar de desempenho.

A figura 7, que apresenta o diagrama de blocos de uma forma de aprendizagem por reforço, baseia-se na resposta dada por um sistema *crítico* que converte um sinal primário recebido em um *sinal de reforço heurístico* de melhor qualidade para o sistema de aprendizagem. A máquina de aprendizagem tem a função de descobrir as ações de correção e realimentar o ambiente.

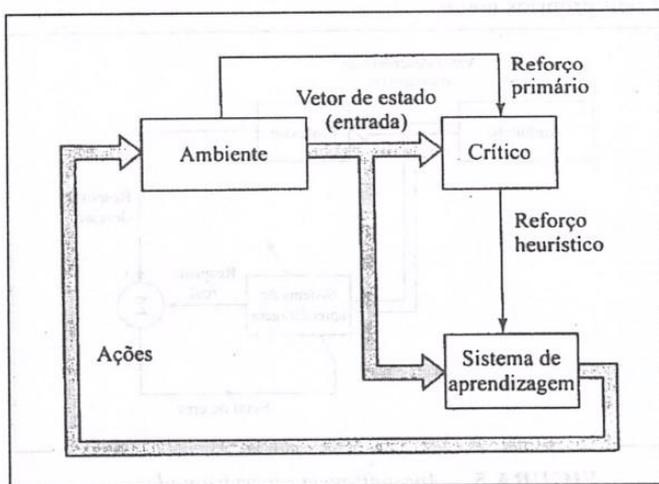


FIGURA 7 – Aprendizagem por reforço.

Dentre os métodos de aprendizagem supervisionado, apresentaremos o método de aprendizagem por correção de erro utilizado na modelagem de redes perceptron alimentadas adiante de camada única e com múltiplas camadas.

Da figura 8, onde está apresentado o diagrama em blocos de um neurônio, de uma rede alimentada adiante, observa-se que o vetor de entrada ao passar pelas camadas de neurônios ocultos, emite um *vetor de sinal* $x(n)$

que aciona o neurônio k . O argumento n representa a discretização do instante de tempo do processo iterativo envolvido no ajuste dos pesos sinápticos do neurônio k .

O *signal de saída* do neurônio k , representado pela única saída $y_k(n)$, é comparada com o *signal da resposta desejada* $d_k(n)$, produzindo um erro $e_k(n)$.

O ajuste do processo de convergência para igualar a resposta do sistema com a resposta desejada é efetuado através da minimização da função de custo ou índice de desempenho dada pela equação [1].

$$\xi(n) = \frac{1}{2} e_k^2 \quad [1]$$

A variável $\xi(n)$ representa o *valor instantâneo da energia do erro*.

O valor do erro é obtido pela diferença entre o sinal calculado $y_k(n)$ e o valor desejado $d_k(n)$, conforme indicado na equação [2].

$$e_k(n) = d_k(n) - y_k(n) \quad [2]$$

O valor do erro alimenta a equação de correção do peso sináptico, através da minimização da função custo, cuja regra de aprendizagem é referida como *regra delta* ou *regra de Widrow-Hoff* e está apresentada na equação [3], onde η é uma constante positiva representativa da taxa de aprendizagem imposta ao sistema.

$$\Delta w_{kj}(n) = \eta e_k(n) x_j(n) \quad [3]$$

Desta forma o novo valor a ser atribuído ao peso sináptico w_{kj} é dado pela equação [4].

$$w_{kj}(n+1) = w_{kj}(n) + \Delta w_{kj}(n) \quad [4]$$

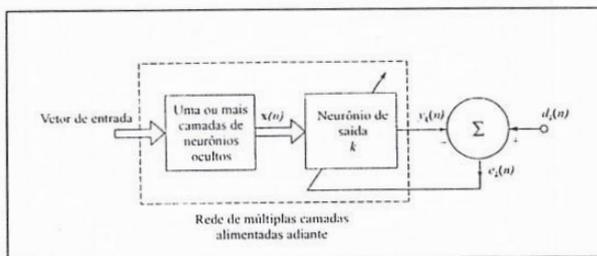


FIGURA 8 *Aprendizagem por correção de erro.*

2.3.6 Algoritmo backpropagation

Há vários tipos de redes neurais: em todas, há a característica fundamental de se mapear uma função de um vetor de entrada a um vetor de saída de um ou mais componentes, cada um dos quais representando o valor de uma variável. As redes neurais do tipo *feedforward* com o algoritmo de aprendizagem tipo *backpropagation* se tornaram muito populares, devido à capacidade de resolver a maioria dos problemas de reconhecimento de padrões, além da utilização em aplicações de sistemas de controle.

Uma rede do tipo *backpropagation* opera em dois passos durante o treinamento:

Passo para frente - Os pesos sinápticos se mantêm inalterados em toda a rede e os sinais funcionais da rede são calculados individualmente neurônio por neurônio. Assim, a fase da computação começa na primeira camada oculta, com a apresentação do vetor de entrada termina na camada de saída calculando o erro de cada neurônio desta camada.

Passo de retropropagação - Começa na camada de saída, passando-se os sinais de erro na direção da camada de entrada, calculando recursivamente os gradientes de cada neurônio, permitindo a correção dos pesos sinápticos através da equação [5].

$$\begin{pmatrix} \text{Correção} \\ \text{de peso} \\ \Delta w_p(n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{Parâmetro da} \\ \text{taxa de aprendizagem} \\ \eta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{Gradiente} \\ \text{local} \\ \delta_j(n) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{sinal de entrada} \\ \text{do neurônio } j \\ y_j(n) \end{pmatrix} \quad [5]$$

Uma rede neuronal do tipo *feedforward* totalmente conectada com uma camada oculta e uma de saída, conforme representada na figura 9, apresenta as características de arquitetura da rede perceptron de múltipla camadas, que utilizada com o algoritmo de aprendizagem *backpropagation* constitui-se na rede neuronal *backpropagation*.

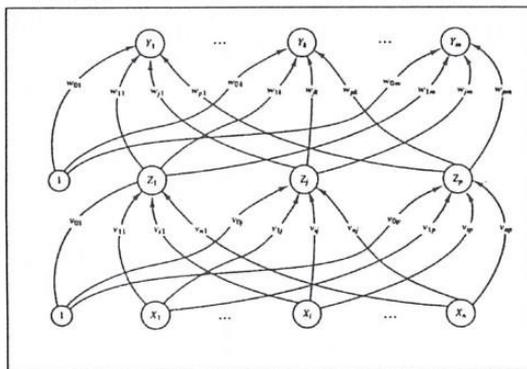


FIGURA 9 – Rede neuronal backpropagation

Quando da aplicação do algoritmo *backpropagation* em uma rede mostrada na figura 9, o objetivo é efetuar o treinamento que efetue o balanço entre a habilidade de responder corretamente aos padrões de entrada utilizados para treinamento – capacidade de memorização, e a habilidade de responder razoavelmente bem à entradas similares, mas não idênticas, daquelas utilizadas no treinamento – capacidade de generalização.

2.3.7 Regras de projeto para as redes neuronais.

Algumas observações importantes (Haykin, 2001) quanto à utilização do algoritmo *backpropagation* podem melhorar o seu desempenho.

A atualização sequencial padrão por padrão é computacionalmente mais rápida quando comparada com a atualização por lote, evitando instabilidades computacionais em conjunto de dados de treinamento elevados e geralmente redundantes.

A apresentação de uma maior diversidade de exemplos para o treinamento da rede neuronal, inclusive com a apresentação dos conjuntos de entrada de forma aleatória, permite ampliar a busca do espaço de pesos.

A escolha de uma função de ativação anti-simétrica, onde $\sigma(-v) = -\sigma(v)$ aplicada aos neurônios do perceptron de múltiplas camadas, tem a capacidade de aprender mais rápido que no caso de utilização da função não-simétrica, em que $0 \leq \sigma(v) < 1$

Escolha dos valores desejados para resposta da rede localizados dentro do intervalo da função de ativação $[-1; +1]$, evitando que o algoritmo leve os valores dos parâmetros livres para o infinito, reduzindo a velocidade do processo de treinamento.

Isso permite normalizar os valores de entrada para permitir a aceleração do processo de aprendizagem. O processo de normalização é executado em três passos e na ordem: remoção da média, descorrelação e equalização da covariância.

A inicialização dos valores para os pesos sinápticos desempenha um papel importante para um projeto bem sucedido da rede neuronal. Valores muito grandes ou muito pequenos não desenvolvem satisfatoriamente resultados adequados para a rede. É desejável que os pesos sinápticos sejam selecionados de uma função distribuição uniforme, onde a média seja nula e a variância igual ao recíproco do número de conexões sinápticas de um neurônio.

A inclusão de informações prévias que tenhamos da função de mapeamento de entrada-saída $f(.)$, tais como simetrias e propriedades invariantes, pode ser utilizada para acelerar o processo de busca da aproximação, melhorando a qualidade da estimativa final.

A taxa de aprendizagem deve ser a mesma para todos os neurônios de uma mesma camada, atribuindo-se valores diferentes entre camadas em função dos gradientes apresentados por cada camada.

Além das regras mencionadas, ainda podemos enumerar (Fausset, 1994) outras regras que podem ajudar no projeto de redes, notadamente no ajuste dos pesos sinápticos. Uma regra apresentada por Hecht-Nielsen (1990) sugere a utilização de dois conjuntos disjuntos de dados durante o treinamento: um conjunto de dados de treinamento e um conjunto de dados de teste do treinamento. Os pesos são ajustados com o conjunto de treinamento e a um dado período de treinamento determinado, a rede é testada com o conjunto de teste de treinamento. Enquanto o erro determinado com o conjunto teste de treinamento estiver diminuindo, o treinamento da rede continua com o conjunto inicial, caso contrário a fase de aprendizagem é finalizada.

Outra questão a ser levantada diz respeito ao número de conjuntos (pares) de treinamento requeridos para que uma determinada rede possa representar satisfatoriamente o fenômeno em estudo. Segundo Baum e Haussler (1989), o número de pares de treinamento P , necessários para uma rede com W pesos sinápticos com um erro e , é dado pela equação [6].

$$P = \frac{W}{e} \quad [6]$$

Normalmente uma camada oculta de neurônios é suficiente para representar a maioria das situações que venham a ocorrer na prática; no entanto, em certas situações, a utilização de duas camadas ocultas torna a resolução do problema mais fácil.

2.3.8 Aplicações das redes neuronais.

O estudo das redes neuronais se constitui em um campo extremamente interdisciplinar, tanto no desenvolvimento quanto na aplicação. Podem ser encontrados exemplos nas áreas comerciais até em pesquisas ativas, prometendo uma grande utilização para o futuro.

O processamento de sinais constitui-se em uma das áreas de maior aplicação das redes neuronais, tendo sido utilizado inicialmente na supressão de ruídos de linhas telefônicas. Com o advento das ligações intercontinentais, foram desenvolvidas redes para efetuar o cancelamento do eco proveniente do processo de transmissão. A rede do tipo Adaline foi treinada para remover o ruído (eco) do sinal de saída híbrido.

Outra aplicação está no controle de processos em que é necessário o conhecimento do posicionamento de transportadores terrestres e marítimos para efetuar operações de carregamento e descarregamento em docas.

As posições relativas dos diversos atores participantes da operação alimenta dois módulos de redes neuronais, que farão o comando de todo o processamento. A primeira rede neuronal é um *emulador* que aprende as novas posições dos transportadores, que estão em constante movimento, e se apresenta com um número considerável de camadas ocultas treinadas com o algoritmo *backpropagation*. A segunda rede neuronal é a *controladora*, que

após a rede emuladora ter sido treinada aprende a desenvolver a série correta de sinais para que os transportadores se locomovam corretamente para os pontos de parada. A cada época o emulador aprende e o controlador define a nova posição do transportador, até o posicionamento final.

O reconhecimento de padrões tem sido uma das áreas de grande utilização das redes neuronais, mais especificamente no reconhecimento de assinaturas. Geralmente são redes com um elevado número de camadas ocultas, para melhor representar as inúmeras variações que podem ser encontradas neste tipo de problema.

A aplicação descrita na medicina sugere a sua utilização para a obtenção de diagnósticos baseados na aprendizagem de atributos correlacionados à doença, obtidos de banco de dados de ocorrências. Esta metodologia pode prescrever tratamentos a situações já apresentadas na fase de treinamento e, em caso de situações novas, a rede prescreve tratamentos correlacionados com sintomas aprendidos de situações anteriores.

O aprendizado da leitura de uma língua é uma tarefa difícil, pois a pronúncia correta depende do contexto em que ocorre. Trabalho desenvolvido por Sejnowski e Rosenberg (1986) apresenta o problema de produção de voz, onde, em um primeiro estágio do processo de aprendizagem, a rede aprende a separar consoantes e vogais, no entanto as utiliza da mesma forma em todas as situações. Em um segundo estágio reconhece as ligações entre as palavras, o que resulta em uma pseudo-palavra. Após passar pelo processo mais de dez vezes pela fase de treinamento, a voz torna-se inteligível.

O reconhecimento de voz a partir de redes neuronais apresenta a dificuldade quanto à limitação de vocabulário e gramática requerida para o processo, bem como a necessidade de treinamento com vários locutores. Um sistema que se mostrou bastante promissor para o reconhecimento de voz foi desenvolvido por Kohonen utilizando os mapas auto-organizáveis.

Na área administrativa existem inúmeras aplicações, que vão desde o acompanhamento de utilização de cartões de crédito pelos usuários até a utilização das redes neuronais para a obtenção de prognósticos de comportamento de bolsa de valores com base em séries temporais.

2.4 Lógica difusa

2.4.1 Considerações gerais e definições

A comunicação em um sentido amplo envolve, entre outras coisas, relações humanas e como tal: "*As relações humanas são, em sua gênese, relações difusas*" BASTOS (1994).

Partindo deste princípio, para que seja possível melhorar, aperfeiçoar, agilizar e modernizar sistemas de comunicações utilizando as novas tecnologias da informação, é necessário trabalhar também com técnicas que sejam capazes

de entender a lógica do raciocínio humano e para isto é necessário trabalhar com incertezas e grau de pertinência.

Conforme ZADEH (1994) em BASTOS (1994):

“A teoria dos conjuntos difusos fornece um instrumento adequado para modelar situações em que ocorram imprecisões ou incertezas. Os recentes progressos verificados nessa teoria, na teoria das possibilidades e nas teorias correlatas como, por exemplo, a teoria da evidência de Shaffer, tem contribuído para dissipar aspectos não muito claros e tornado viável o desenvolvimento de ferramentas de análise bastante poderosa”.

Para RAITTZ (2002), essa ferramenta valiosa para o tratamento de termos da linguagem natural é chamada *lógica difusa*. Define-se a lógica difusa como o ramo da lógica que usa graus de pertinência em conjuntos, em vez da pertinência e ausência absoluta: verdadeiro ou falso.

Para não tornar este artigo muito longo, não serão apresentadas fórmulas e operações matemáticas que a envolve.

2.5 FAN—Free Associative Neurons

2.5.1 Considerações gerais e definições

De acordo com RAITTZ (2002), em 1997, publicou-se a primeira abordagem de FAN. Onde o autor afirma que o centro da proposta do método é o desenvolvimento de uma estratégia de reconhecimento de padrões que garanta boa performance no aprendizado aliado às vantagens computacionais da clareza na representação dos padrões e portabilidade das unidades de representação que são chamadas neurônios ou FAN.

O autor conclui que o FAN é baseado no aprendizado conexionista e modelagem difusa. Os principais passos para a realização do reconhecimento consistem em: (i) gerar vizinhança do padrão; (ii) gerar as combinações das características que compõem os vizinhos; e (iii) testar a semelhança entre a projeção assim obtida e cada classe do domínio do problema, representada por unidades FAN alterando-as conforme os resultados.

Também, pelos motivos expostos no item anterior, não são aqui apresentadas fórmulas e operações matemáticas que o envolve.

2.6 Web Semântica

Semântica é o estudo do significado das palavras, estudo das mudanças que, no espaço e no tempo, sofre o significado das palavras, conforme define o Dicionário Brasileiro Globo. Entretanto, em sistemas que permitem o acesso à informação, o termo se torna mais amplo com a criação do conceito de web semântica pelo físico inglês Tim Berners-Lee, o inventor da World Wide

Web. Ele lidera os estudos sobre o tema com um grupo de pesquisadores do W3C (World Wide Web Consortium) que é um consórcio que define os padrões da web, cujo grupo está ligado ao MIT – Massachusetts Institute of Technology. Conforme artigo da revista INFO, de abril de 2002, o objetivo da web semântica é estruturar o conteúdo que está solto na internet, criando um ambiente no qual *agentes* poderão perambular de página em página para executar tarefas bastante sofisticadas para seus usuários, conforme explica também Berners-Lee no artigo “The Semantic Web”, publicado na revista Scientific American em maio de 2001. Esses agentes serão capazes de identificar não apenas o exato significado de uma palavra, como também as relações lógicas entre várias palavras. O que se propõe é algo que os mais sofisticados mecanismos de busca de hoje ainda não conseguem.

Como fazer com que os computadores entendam o conteúdo da web? Para isso é necessário que eles consigam ler dados estruturados, que são informações colocadas em campos fixos de um arquivo, além de ter acesso a conjunto de regras que ajudem a conduzir seus raciocínios. Neste sentido as páginas web terão que ser escritas em uma nova linguagem de forma que possam compreendidas por diferentes sistemas.

Como os padrões ainda não estão definidos, algumas tecnologias ganham espaço. Entre elas o XML (eXtensible Markup Language), que permite que os usuários criem *tags* que são marcação de dados inseridos em arquivos e que podem com esta tecnologia serem personalizados. Outra tecnologia é o *RDF* (Resource Description Framework), que forma trios de de informação que expressam o significado das tags do XML. Sendo que cada unidade do trio tem sua própria função, como sujeito, verbo e objeto de uma frase, recebendo uma identificação *URI* (Universal Resource Identifier), que foi a tecnologia usada para criar as conhecidas URLs. Nesse ponto poderia se perguntar, por que tanta complicação? Na linguagem humana uma palavra pode assumir vários significados, causando grandes confusões nos sistemas. A solução é usar uma URI diferente para cada conceito. Nesta fase chega-se ao maior desafio da web semântica porque pode acontecer de dois bancos de dados usarem URIs diferentes para um mesmo conceito, e neste caso é necessário que o software que vai pesquisar saiba quando está tratando da mesma coisa. Para resolver este problema, surgem as *Ontologias* que permitem definir relações entre conceitos de diferentes sistemas e vão fornecer o vocabulário necessário para a comunicação entre os agentes e as páginas, bem como mostrar as relações entre os conceitos.

Nesse momento não só as universidades estão envolvidas no assunto, grandes empresas como a Microsoft, IBM, SUN, HP e Oracle estão usando o conceito de web semântica para resolver problemas de integração de aplicações baseadas na internet através de web services.

Para encerrar esta parte, não poderia deixar de citar com grande satisfa-

ção que o trabalho proposto e desenvolvido em CORDEIRO (maio de 2001), com a criação do software que foi denominado “SMAGS”, já utilizou a tecnologia de agentes e outros recursos, além de conceitos similares ao da web semântica, com a integração de sistemas diferentes, extraindo dados de quaisquer bancos de dados genéricos, manipulando e estruturando-os para permitir o acesso à informação de forma facilitada em tempo real e ainda verificando também em tempo real, através de um módulo contestador de mudança de estado, toda e qualquer alteração nos pontos sob o domínio do sistema, isto é em qualquer ponto onde for instalado o sistema, interligado através de uma intranet ou internet, agindo como um “Gerente Virtual” que pode assessorar pessoas em qualquer nível e em qualquer área da atividade humana.

3. SISTEMA PROPOSTO, JÁ DESENVOLVIDO E AS ALTERAÇÕES E ACRÉSCIMOS EM ANDAMENTO

3.1 Introdução

Considerando o grande número existente de diferentes softwares, distribuídos nos diversos setores de instituições públicas ou privadas, em que as pessoas responsáveis pelos níveis decisórios necessitam de informações em tempo real, para que as decisões possam ser tomadas em tempo hábil, surge uma proposta inovadora para integrar os sistemas existentes de forma interativa e automática, com o auxílio da inteligência artificial distribuída e suas técnicas, buscando a melhoria da eficiência e da eficácia na gestão de informações, quer sejam em âmbito interno, como externo às instituições, através da grande rede WEB.

Com a globalização da economia, surge a necessidades de ações rápidas que muitas vezes dependem de análises de relatórios para se tomar as decisões cabíveis, cujos responsáveis, na maioria da vezes, não podem dispor desse tempo.

Procurando a melhor solução para o problema, propõe-se a criação de um “ambiente multiagente para desenvolvimento e/ou integração de sistemas existentes”, de forma que usuários comuns possam programar através de menus amigáveis agentes especialistas para cada caso específico, aproveitando dados dos próprios sistemas já existentes, os quais são analisados, comparados com outros dados e repassados para os usuários, de forma impressa ou sonora, com gráficos e tabelas. Sendo que, após um primeiro momento de um processo ensino/aprendizagem, o sistema passa a executar as tarefas de forma automática, fornecendo informações atualizadas sempre que houver qualquer alteração nos diversos bancos de dados dos sistemas integrados.

A figura 10 ilustra de forma simplificada um SMA, em que a parte de exploração de dados e a parte de comunicação também são agentes que atuam de forma compartilhada com o agente inteligente principal.

3.2 Desenvolvimento e Implementação do Sistema

O Sistema Multi-Agentes (SMA) foi desenvolvido e implementado na linguagem Delphi, de Borland Delphi, podendo conseqüentemente operar em ambientes Windows, com equipamentos e sistemas operacionais tradicionais, reduzindo custos e outras limitações existentes em outros sistemas. O sistema possui uma característica genérica. Embora existam inúmeros softwares desenvolvidos para as mais diferentes situações, eles são para áreas específicas. É muito difícil para as pessoas, que estão à frente nas gerências de grandes instituições públicas ou privadas, conseguir tempo para buscar dados de diferentes áreas, analisar, comparar com dados de períodos anteriores, classificar e tomar as decisões necessárias, baseadas em fatos reais e não por intuição ou experiência.



FIGURA 10 – Sistema Multi-Agentes (SMA) – simplificado.

3.3 Sistema multi-agentes para gerenciamento de sistemas – SMAGS

O SMAGS desenvolvido tem como característica principal a generacidade, contendo vários módulos ou subsistemas, onde o subsistema principal, denominado *Gerente de Aplicações*, é uma célula que pode ser aperfeiçoada ou substituída, o que está acontecendo no presente momento, de forma a tornar este SMAGS cada vez mais inteligente, e, talvez, sem querer ser por demais pretensioso, com o uso compartilhado das várias técnicas de inteligência artificial, conceitos da web semântica e outros recursos computacionais, construir o seu próprio conhecimento, adquirindo capacidades similares às dos seres humanos e, conseqüentemente, ser dotado de *consciência*.

3.4 – Estrutura de funcionamento

O SMAGS é um software dotado de recursos para gerenciar, de forma autônoma, serviços especiais que são normalmente desenvolvidos por seres humanos, tais como: análise, pesquisa e classificação de informações em um ambiente informatizado. O SMAGS atuará sobre o meio através da execução de aplicações especializadas, modificação automática de bancos de dados, geração de consultas, gráficos e relatórios, bem como a comunicação de mensagens visuais ou sonoras, refletindo suas percepções e ações sobre o sistema gerenciado.

A figura 11 mostra a arquitetura do sistema, cujos módulos desempenham as seguintes funções:

Aplicações específicas – As aplicações específicas funcionam na rede, no ambiente gerenciado, consultando e modificando os dados de bancos de dados, bem como realizando operações não dedicadas a bancos de dados.

Agente explorador de dados – É a aplicação de comunicação com bancos de dados, responsável pela extração, modificação e comunicação de informações dos bancos de dados.

Agente de tarefas agendadas – É o agente especialista responsável por organizar a agenda de eventos, bem como disparar eventos de acordo com a prévia programação. Este subsistema poderá operar em uma única estação, em geral no servidor, ou em várias estações do sistema gerenciado.

Agente de mensagens – É o agente especialista responsável por elaborar, armazenar, classificar e entregar mensagens de usuários na rede. Este subsistema é análogo a um cliente, integrado a um servidor de e-mail da internet. Porém, este subsistema deverá realizar funções adicionais especializadas para operar em cooperação com o SMAGS, devendo atuar em todas as estações do ambiente gerenciado.

Agente de conexão de usuários – É o agente especialista responsável por ativar e monitorar as conexões de usuários na rede. Esse agente mantém registros dos usuários autorizados para operar o SMAGS.

Agente gerente de aplicações – Este é o agente principal do sistema, responsável por integrar as aplicações e outros agentes que fazem parte do sistema. Este agente pode ser aperfeiçoado em nível de “inteligência”. Ele é constituído de uma base de conhecimento, montada através de regras lógicas e um dispositivo de inferência, que analisará as regras, de modo a reagir automaticamente aos eventos que estiverem trafegando no sistema.

Agente de Comunicação – É o agente especialista responsável por converter e entregar eventos entre aplicações e outros agentes na rede. Este subsistema funciona em segundo plano, de modo autônomo e transparente, em todos os pontos do ambiente gerenciado, embora, apenas um destes pontos seja configurado como servidor de comunicação. Todos os pontos podem receber eventos locais e propagá-los para que o servidor os entregue

ao destinatário.

Nesta fase do trabalho, o sistema está recebendo mais um módulo que irá atuar de forma compartilhada com agentes e o sistema FAN 2002 criado por RAITTZ para reconhecimento de padrões; sendo um modelo NEURO-FUZZY, com características mais genéricas, o que vem de encontro com o que se pretende com esse trabalho, além de ser um sistema mais transparente para reconhecimento de padrões, deixando mais visível a forma como se chega aos resultados, além de trabalhar com resultados baseados em grau de pertinência em não simplesmente falso e verdadeiro ou zero e um.

O que se pretende é que os dados extraídos dos bancos de dados tenham os seus padrões reconhecidos pelo SMAGS e sempre que novos dados forem inseridos, o sistema terá a capacidade de reconhecer o novo padrão, classificando-o de forma a obter a melhor saída e em função dos novos dados, retrainar o sistema, de forma que esteja sempre atualizado, podendo ficar em constante treinamento no caso de dados dinâmicos.

Com os dados atualizados e com o sistema treinado em tempo real, inúmeras aplicações em todas as áreas do conhecimento humano poderão ser implementadas.

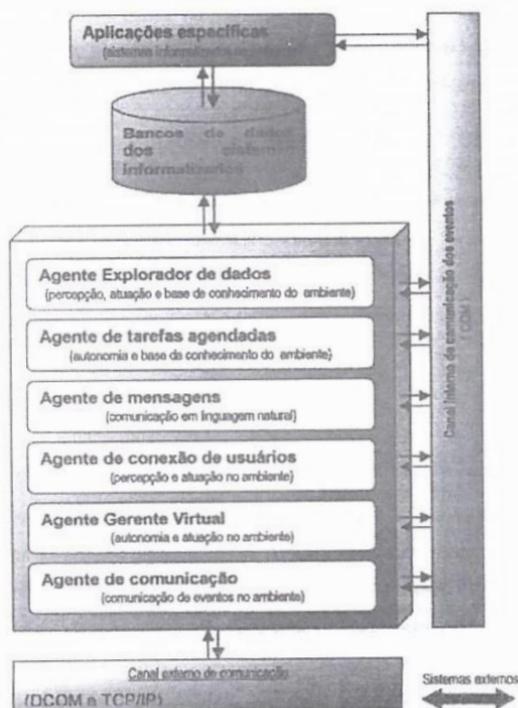


FIGURA 11 – Arquitetura do Sistema Multi-Agentes - SMAGS.

O sistema já está dotado de características imaginadas e em estudos pela equipe de Beners-Lee, ligada ao MIT, faltando logicamente ser incrementado com alguns recursos a mais para poder atuar em âmbito macro através da web. Para isso é necessário também que a grande rede atenda aos conceitos da web semântica com os dados estruturados e as “*ontologias*” que permitem definir relações entre conceitos de diferentes sistemas.

3.5 Testes realizados

O SMAGS já foi testado em parte do sistema acadêmico do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná CEFET-PR, no que se refere ao acompanhamento e avaliação acadêmica, com resultados satisfatórios e extremamente práticos, com gráficos tabelas comparativas, além de comunicação visual com imagens, voz e fisionomia conforme a característica da mensagem comunicada, através de um trabalho inédito de integração de vários softwares inteligentes.

O sistema também foi testado em um laboratório de calibração de aparelhos de alta precisão com excelentes resultados, confirmando a característica genérica do SMAGS.

O gráfico da figura 12 mostra que após um período de tempo inicial necessário para configuração/treinamento do sistema, todas as alterações de informações inseridas no ambiente sob o domínio do sistema são percebidas pelo agente de tarefas agendadas, que age também como um contestador de mudança de estado, cujos dados são processados e utilizados conforme previamente estabelecido, fornecendo informações em tempo real para todos os pontos do ambiente gerenciado.



Com a inclusão da nova célula, mais os conceitos semânticos, os quais na verdade já estão contidos em parte na primeira parte do trabalho já

implementado, espera-se resultados bem mais animadores, os quais poderão, com certeza, colaborar com a equipe de pesquisadores do MIT, liderada por TIM Berners-Lee.

4. CONCLUSÕES

Considerando que este trabalho teve início no ano de 1999, com uma dissertação de mestrado, cuja idéia inicial era fazer com que os computadores entendessem a lógica do raciocínio humano, facilitando o acesso a comunicação e informação e, mais, executando tarefas bastante sofisticadas através de agentes criados para cada caso específico, é grande a satisfação de saber que hoje três anos depois, uma equipe de pesquisadores de renome mundial está estudando o assunto, procurando levar esses benefícios para a comunidade, o que pelo menos em parte, já pode ser feito com o SMAGS.

É verdade que para o seu pleno funcionamento e potencialização, depende de uma padronização em âmbito mundial dos conceitos de web semântica para fazer com os computadores entendam o conteúdo da web, lendo dados estruturados e tenham acesso às várias regras que ajudarão a conduzir o seus raciocínios.

O SMAGS antecipa o futuro e, com alguns ajustes, poderá entrar em funcionamento em curto espaço de tempo, principalmente se contar com a colaboração de pessoas interessadas em fazer com que os computadores, em uma nova era, passem a atender às necessidades dos seres humanos e não ao contrário. Na prática, as pessoas poderão, como já foi dito, fazer mais fazendo. Isto por que grande parte de seus trabalhos as máquinas realizarão automaticamente, atendendo a vontade de seu usuário. Parece um sonho? Nada disso, é a realidade presente. O que até pouco tempo parecia ficção científica, hoje se torna realidade em todas as atividades dos seres humanos.

Com as novas tecnologias disponíveis, com seus microchips, as possibilidades são infinitas. Imaginem em um processo ensino/aprendizagem, o aprendiz executando uma tarefa sofisticada com os seus passos e habilidades necessárias já gravadas em seu cérebro

Imagine um computador que pode estar interligado com tudo o que você faz na vida e que pode aprender tudo o que é necessário para a sua sobrevivência e, ainda, com a vantagem de não esquecer e de não se deixar levar pelos sentimentos, o que em muitos casos é uma grande vantagem. Mas que, por ser dotado também de lógica difusa, pode, quando necessário, atender a essas necessidades.

Finalmente o SMAGS não tem a finalidade de substituir as pessoas e sim ajudá-las, assessorando-as e mesmo executando tarefas muitas cansativas para as características físicas dos seres humanos, tornando a vida mais agradável em todos os sentidos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BASTOS, R. C. **Avaliação de desempenho de sistemas educacionais: uma abordagem utilizando conjuntos difusos.** Florianópolis: 1994. Tese de Doutorado em Engenharia da Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BERNERS-LEE, Tim, HENDLER, James, LASSILA, Ora. **The semantic web.** Scientific American, May 2001.
- BERRY, M.J.A. e LINOFF, G. **"Data mining techniques – for marketing sales, and customer support"**. New York: John Wiley & Sons, 1997.
- CANTU, Marco. Borland Delphi 5.0: **"A Bíblia" – dominando o Delphi 5**. São Paulo: Makron Books, 1999.
- CORDEIRO, Arildo Dirceu. **Concepção e implementação de um sistema multi-agentes para gestão da comunicação de dados "on line" entre sistemas**. Florianópolis: 2001. (Dissertação de Mestrado) UFSC.
- CORDEIRO, Arildo Dirceu e MARTIN, Cláudio. **Mineração de dados com redes neuronais.** Florianópolis: 2002. (Artigo de Data Mining) UFSC.
- DURKIN, John. **Expert systems: design and development.** New Jersey: Prentice Hall: Englewood Cliffs, 1994.
- DURKIN, John. **Expert systems: a view of the field.** IEEE Expert, April 1996.
- FAUSETT, Laurene V. **Fundamentals of neural networks: architectures, algorithms, and applications.** New Jersey: Prentice Hall, 1994.
- FOX-J. **Guardian agents: a role for artificial intelligence in safety-critical systems.** Imperial Cancer Res. Fund Labs, London: 2000.
- FREEDMAN, Roy S.; ROBER, A. Klein; LEDERMAN, Jess. **Artificial intelligence in the capital markets,** Chicago: Irwin Press, 1995.
- HAYKIN, Simon. **Redes neurais – princípios e prática,** 2ª ed. Bookman, 2001.
- HECHT, Nielsen. **Neurocomputing,** Addison-Wesley, 1990.
- KELLER, Robert. **Tecnologia de sistemas especialistas: desenvolvimento e aplicação.** São Paulo: Makron Books, 1991.
- LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática.** São Paulo: 34, 1998.
- LIMA, A. et al: **Objetos distribuídos – DCOM,** 1999. Disponível on line em: URL: http://www.inf.pucrs.br/~arruda/artigos/esp_cs_991/grupo02/index.htm
- MAES, P. **Intelligent software.** IEEE Expert Systems, 1996.
- MEDSKER, L. **Hybrid intelligent systems.** Boston: Kluwer Ac., 1995.

1 Department of computing, Manchester Metropolitan University,
Manchester: Chester Street, M1 5GD.

2 Department Of Eletronic Engineering, London: Queen Mary & Westfield
College, Mile and Road E1 4NS.

MORELLI, Eduardo Terra. **Oracle 8, SQL, PL/SQL e administração**. São
Paulo: Érica, 2000.

MODRO, Nilson Ribeiro. **Sistema inteligente de monitoramento e gerencia-
mento financeiro para micro e pequenas empresas**. Florianópolis:
(Dissertação de Mestrado) - UFSC, 2000.

NISSSEN, Marks. **Intelligent agents: a technology and business application
analysis**. <http://hass.berkeley.edu/~heilmann/agents/#exnum>.
November, 1995.

PARAISO, Emerson Cabrera, **“Proposta de um ambiente multi-agentes para
monitoração e controle de processos industriais”**, Dissertação de
Mestrado, Curitiba: CEFET-PR, 1997.

POLLONI, Enrico Giulio Franco. **Administrando sistemas de informação**. São
Paulo: Futura, 2000.

PYLE, D. **“Data preparation for data mining”**. Academic Press, 1999.

[disponível on-line: [http://rflhs8012.flh-regensburg.de/~saj39122/jfroehl/
diplom/e.....html](http://rflhs8012.flh-regensburg.de/~saj39122/jfroehl/diplom/e.....html)]

RAITZ, R. **FAN 2002: Um modelo neuro-Fuzzy para reconhecimento de
padrões**. Florianópolis: Tese de Doutorado em Engenharia da
Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção,
Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

RICH, E. e KNIGHT, K. **Inteligência artificial**. São Paulo: Makron Books, 1993.

RUSSEL, Stuart. NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach**.
New Jersey: Prentice Hall, 1995.

SHAW I. S. e SIMÕES M. G. **“Controle e modelagem Fuzzy”**. São Paulo: Edgard
Blucher, 1999.

SIMON H. **“Redes neurais – princípios e prática”**. 2ª ed. São Paulo: Bookman,
2001.

SEJNOWSKI, T.J. e ROSEMBERG, C. R. **Parallel networks that learn to
pronounce English text**. Complex Systems, 1987.

WOOLDRIDGE, Michael e JENNINGS, Nicholas R. **Inteligente agents: theory
and practice–The Knowledge Engineering Review**, v. 10:2, 1995.