

Uma Estratégia para Construção de um Sistema Híbrido Simbólico-conexionista para Apoio à Tomada de Decisão

Arnalberto J. N. Seixas*
Antônio Carlos G. Thomé**

SUMÁRIO

Este artigo apresenta de forma sucinta, a pesquisa e o trabalho desenvolvidos para se chegar a um Sistema Híbrido Simbólico-Conexionista para Apoio à Tomada de Decisão. O texto sugere algumas aplicações para tal sistema bem como um estudo de caso com *dados reais* que se mostraram desafiadores quanto ao seu pré-processamento e adequação ao modelo do Sistema Híbrido. São apresentados, também, os resultados obtidos e apontadas atividades futuras previstas para que tal trabalho possa ser aprimorado.

INTRODUÇÃO

O problema da tomada da decisão mais adequada e no tempo certo é fator de grande importância em todos os setores do conhecimento humano. Seus principais requisitos são: dispor do conhecimento necessário sobre o assunto e ter uma vasta experiência no setor. Ambos, os requisitos, são subjetivos, requerem longo tempo de formação específica e larga experiência profissional. A dinâmica e a

evolução tecnológica da sociedade atual fazem da “tomada da decisão” um processo ao mesmo tempo complexo e fundamental.

Para lidar com esta complexidade, faz-se necessário o uso de ferramentas de auxílio e de suporte aos processos de análise, simulação e tomada da decisão. É dentro deste contexto que vem se colocar o presente Sistema.

Dependendo da área de atuação, os “agentes decisores” [PERS83] lançam mão de diferentes ferramentas de auxílio, como por exemplo o uso de técnicas estatísticas para análise das probabilidades de êxito; de modelos analíticos;

* e-mail: jacques@ime.eb.br

** e-mail: thome@nce.ufrj.br

esquemas; maquetes; protótipos etc. Entretanto existem ferramentas mais modernas, entre as quais estão incluídas técnicas de Inteligência Artificial ou Inteligência Computacional (como chamada por alguns), tais como Sistemas Especialistas [PASS89] e Redes Neurais.

Sistemas Especialistas são, até o presente momento, os mais conhecidos e os mais utilizados como suporte à tomada da decisão [PASS93]. Tais sistemas atribuem grande importância ao conhecimento e à experiência prática do especialista que são extraídos do mesmo através de entrevistas e questionários e repassados ao computador em formas de representação específica como, por exemplo, as regras de produção.

O emprego de *Redes Neurais* para esta classe de problemas ainda é pouco encontrado na literatura, embora estas apresentem-se, por suas características estruturais e de funcionamento, como uma ferramenta bastante eficiente para aqueles casos em que haja a disponibilidade de um acervo histórico de dados, de onde o conhecimento sobre o assunto possa ser automaticamente extraído com base em evidências passadas e, ainda, naqueles casos em que os especialistas não estão disponíveis.

Embora *Redes Neurais* apresentem soluções eficientes para os problemas de aprendizado com base em dados históricos, o que caracteriza um raciocínio indutivo, falta-lhes flexibilidade para justificar as decisões tomadas. Por este motivo, a integração destas redes com Sistemas Especialistas, que oferecem o raciocínio dedutivo lógico, extraído do especialista no assunto, indica hoje um caminho promissor para pesquisa e desenvolvimento de modelos mais eficientes e eficazes.

ÁREAS DE INTERESSE

Existe um grande leque de atividades em que um auxílio automatizado à Tomada da Decisão, principalmente levando em consideração o conhecimento e experiência históricos, vem a ser de grande valia, como por exemplo.

a) A predição de séries temporais no mercado

de ações. Trata-se de um problema extremamente complexo, onde não só o comportamento histórico da ação é de capital importância mas também outras informações como a situação política e econômica do mercado, por exemplo, constituem fatores de influência bastante considerável [THOM92].

b) A análise de risco para empréstimo bancário. É um problema que até agora vem sendo geralmente tratado exclusivamente por Sistemas Especialistas [PASS93], gerados a partir da experiência dos analistas de crédito. Tais sistemas podem ser largamente enriquecidos com a introdução da experiência histórica, que pode ser obtida através do processamento automático dos casos e experiências adquiridas em empréstimos anteriores.

c) A análise de risco de cobertura de bens móveis ou imóveis. Sabe-se que tal problema não se prende a regras estáticas bem estabelecidas, mas sim a instâncias que dependem muito de fatores econômicos, sociais, regionais etc. Tais fatores podem ser melhor captados e mantidos atualizados pelo paradigma conexionista através de treinamentos periódicos. Tais treinamentos permitem passar para o sistema a variação apresentada no mercado com a apresentação de novos casos surgidos no período de tempo em vigor para a nova atualização.

d) A seleção de recursos humanos. Este é um problema que tem sido comumente operacionalizado por meio de testes de natureza psicotécnica e puramente técnica segundo alguns padrões de necessidade validados dentro de um certo contexto. Apesar disso, muitas vezes se observa que indivíduos selecionados são inadequados para a função a que se destinam. Embora não se possa avaliar exatamente o porque desse fato, supõe-se que redes neurais, com uma massa de dados históricos corretamente levantados, poderia propor a não contratação de indivíduos com características semelhantes às de outros que trouxeram problemas em épocas passadas. Caberia ao Sistema Especialista a parte originalmente feita pelos próprios especialistas em seleção de pes-

O CASO ESTUDADO

soal, qual seja: a análise lógica das características do candidato, comparativamente com as desejadas para a ocupação do cargo vago. Dessa forma, o especialista fica liberado para atividades mais nobres como a preparação de novas baterias de teste, por exemplo. Um trabalho nesta área foi o realizado por Fran Labate e Larry Medsker [LABA93] durante o desenvolvimento de um sistema híbrido para seleção de equipes para tarefas específicas dentro do universo de funcionários de uma determinada empresa.

e) De modo especial, foi motivação para este trabalho, a necessidade de contribuir para uma melhor seleção dos recursos humanos para as Forças Armadas e em particular para o Exército Brasileiro.

O MODELO SHIATD

Esquemáticamente, o *SHIATD* possui um pré-processador, um comitê de redes neurais, um módulo especialista e uma interface com o usuário que podem ser vistos, em destaque, na figura 3.1.

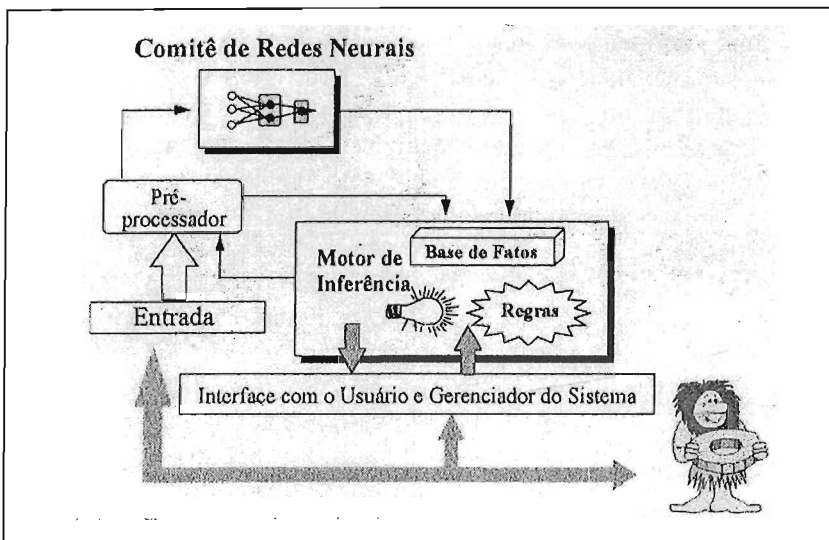


FIGURA 3.1: Esquema esclarecedor das partes componentes do SHIATD.

Aparecem todos os seus componentes, destacando-se as funções, pelas interligações da figura. A Interface proporcionando o "diálogo" entre Sistema Especialista e Usuário; o Pré-processador, adaptando os dados de entrada para os formatos necessários ao Módulo do SE e ao Comitê de Redes Neurais; o Motor de Inferência trabalhando com fatos e regras da base; e o Comitê fornecendo seu pré-diagnóstico como base para a solução final que o Sistema Especialista fornecerá em nome de todo o SHIATD (etapa de utilização).

Buscou-se um sistema que apoiasse a decisão final sobre incorporar ou não incorporar um determinado conscrito¹ nas fileiras do Exército Brasileiro. Para tanto, foram utilizadas informações de cadastro de conscrito que, no passado, foram incorporados e, também, suas alterações do período de vida na caserna, que foram úteis para se gerar um conceito indicador do grau de adaptação do citado conscrito à vida militar. Com tais dados e a experiência de oficiais e sargentos experimentados em várias turmas de soldados, foram treinadas as redes neurais e formadas as regras do sistema especialista.

Motivação Profissional

Uma das principais, senão a principal missão das Forças Armadas e, em particular, do Exército, é formar seus reservistas para uma ocasião de necessidade de emprego; tarefa esta que é responsável pelo consumo de elevada parcela de seu orçamento.

Muitas vezes, na vivência da tropa, nota-se que servem ao Exército, rapazes que não têm o menor pendor para tal serviço. Tal fato acarreta problemas na sua formação, constituindo e caracterizando uma série de problemas, como por exemplo: o uso do tempo de tal cidadão com baixo rendimento, quando ele poderia ser mais útil à nação e a si próprio em uma outra atividade qualquer; o uso dos recursos da Nação com alguém que não dará o retorno adequado; e a

1. conscrito: cidadão em regime de seleção para o Serviço Militar Inicial (período anterior à incorporação)

possibilidade de existência de elemento muitas vezes aliciador de maus propósitos, que tende a perveter o bom preparo dos demais companheiros.

Freqüentemente, devido a não se adaptar corretamente ao regime de treinamento, ou por trazer problemas familiares com os quais não consegue conviver bem, o recruta tenta fugas, obrigando, desta forma, o comando a fazer diligências no sentido de trazê-lo de volta ao quartel antes que passe à situação de desertor, o que faria dele um criminoso. Tais diligências são custosas, principalmente em grandes centros ou em lugares de distâncias físicas muito grandes como é muito comum em quartéis como os de Itajubá-MG, Rio de Janeiro-RJ e Pindamonhangaba-SP, por exemplo.

À luz do que foi exposto, viu-se a valia de um sistema que, adicionalmente aos métodos e procedimentos hoje utilizados, pudesse ajudar o pessoal responsável pela seleção dos conscritos a identificarem aqueles que tenham maiores chances de serem bem-sucedidos e darem melhor retorno às Forças Armadas. Desta forma, buscase evitar maiores gastos em material, pessoal e segurança; e, adicionalmente, criar condições de melhor emprego do orçamento, uma vez que, obtendo um percentual maior de sucesso na seleção do conscrito mais adequado, não seriam despendidos tantos recursos em ações desnecessárias ao treinamento básico do reservista.

Aquisição dos Dados Necessários [SEIX96]

Quanto aos dados relativos aos resultados dos testes a que foram submetidos e outras informações pessoais, foram obtidos através de cópias magnéticas dos cadastros dos conscritos em disquetes de 3 1/2" através do *C Infor/2-SP*. Tais cópias compreendiam um subconjunto dos dados do conscrito, aqueles julgados relevantes para se estimar o comportamento de uma pessoa.

Vários programas foram elaborados para gerar os arquivos de entrada de dados para o treinamento das redes neurais e para a base de fatos do sistema especialista.

Os dados relativos ao comportamento do soldado durante o período em que esteve incorporado, foram levantados junto a 5 (cinco) unidades militares, todas de uma única especialidade (Engenharia), de forma a facilitar a homogeneidade no que se refere aos requisitos necessários para um conscrito se tornar um bom soldado.

As unidades escolhidas foram o 1^o Batalhão de Engenharia de Combate e a 9^a Cia de Engenharia de Combate (Escola) (Rio de Janeiro-RJ); o 2^o Batalhão de Engenharia de Combate e a 11^a Cia de Engenharia de Combate Bld (Pindamonhangaba-SP) e o 4^o Batalhão de Engenharia de Combate (Itajubá-MG). Foram estas as escolhidas por se tratarem de unidades da mesma arma e estarem no Rio ou próximas do mesmo, onde o trabalho foi desenvolvido, facilitando, dessa forma, o acesso aos dados. O período de seleção e serviço militar compreendeu os anos de 1989 a 1992.

Esta etapa de coleta de dados foi realmente um grande gargalo para o desenvolvimento desta pesquisa: foram necessários treinamento de pessoal para investigar as cadernetas de alterações dos soldados e passar os dados de relevância para as fichas e montar um esquema de digitação para que fossem gerados os arquivos em correspondência biunívoca com os das características enviadas pelo *C Infor/2*. Tal montagem foi conseguida pela construção de um programa de montagem de arquivos a partir das alterações para simplificar o trabalho do digitador e evitar que, por um erro na digitação do RA (Registro de Alistamento), os dados de um determinado soldado fossem perdidos. Para tanto, tal programa abria o arquivo vindo do *C Infor/2*, verificava a existência do RA digitado e, então, caso fosse confirmada a sua existência, solicitava, via menus, os dados das alterações, necessários para o cálculo do grau de comportamento do soldado. Isto feito, gerava um arquivo com o grau de comportamento do soldado, usado para ser convertido em um estereótipo do mesmo, conforme a rede a ser treinada (vide figura 4).

REDES	Representação da Saída	Interpretação da Saída	Relação com o grau de comportamento
TIPO 1 (1 saída)	0	mau soldado	Grau < 0.5
	0.5	bom soldado	0.5 <= Grau <= 0.59
	1	ótimo soldado	Grau > 0.59
TIPO 2 (3 saídas)	1 - 0 - 0	mau soldado	Grau < 0.5
	0 - 1 - 0	bom soldado	0.5 <= Grau <= 0.59
	0 - 0 - 1	ótimo soldado	Grau > 0.59
TIPO 3 (1 saída)	0	contra-indicado a servir	Grau < 0.5
	1	indicado a servir	Grau > = 0.5

FIGURA 4.1: Representação e Interpretação das saídas desejadas para as redes neurais. Tudo conforme gerado a partir das alterações dos soldados, pelo programa SHIASPA6.

Para maior segurança na digitação dos dados, além de telas com as opções de respostas a cada solicitação, como pode-se ver no exemplo da figura 4.2, ao final, antes de gerar o grau de comportamento, o programa permitia ao digitador alterar qualquer das entradas que, porventura tivesse sido feita de forma errônea (vide figura 4.3).

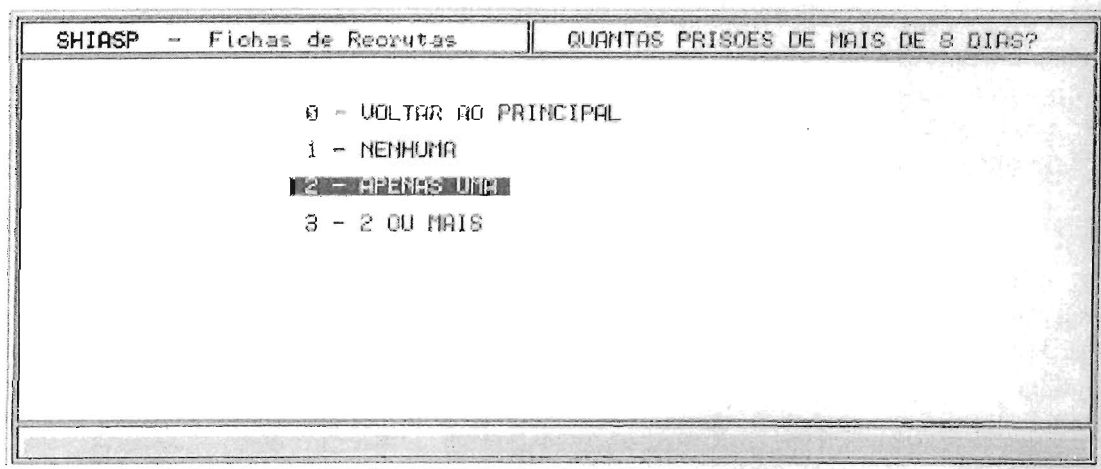


FIGURA 4.2: Tela do programa SHIASPA6 que solicita uma das informações contidas nas alterações do soldado. Observa-se que o digitador necessita apenas caminhar com a seta até a resposta desejada e, então digitar "enter" para que a resposta seja recebida pelo programa. Diminui bastante a probabilidade de erro de digitação.

SHIASP - Fichas de Recrutamento	MOSTRANDO ESCOLHAS FEITAS:
TUDO CONFIRMADO	
COMPORTAMENTO:	BOM
NA ATIV:	NAO
CFC ou CFT:	SIM
CURSO ESA? :	NAO
ACIDENTES:	NENHUM (0)
BAIXAS:	NAO INFORMADO
VISITAS MEDICAS:	ATE 2 VISITAS
PRISAO + DE 8 DIAS:	APENAS UMA
PRISAO ATE 8 DIAS:	APENAS UMA
QUANTIDADE DE DET:	NENHUMA
QUANTIDADE DE REPR:	APENAS UMA
QUANT DE AUSENCIAS:	NENHUMA VEZ
ELOGIOS COLETIVOS:	1 OU 2 ELOGIOS
ELOGIOS INDIVID:	1 OU 2 ELOGIOS
MEDALHAS/DIPLOMAS:	UMA MEDALHA OU DIPLOMA.....(1)
REENGAJAMENTOS:	NENHUMA VEZ

Caso haja ERRO: use as setas para caminhar e tecla <ENTER> para corrigir

FIGURA 4.3: Tela do programa SHIASPA6 que mostra ao digitador todas as suas respostas anteriores, possibilitando quantas correções o digitador precisar fazer, antes que seja dada for finalizada a digitação dos dados de alteração de um soldado.

O programa citado, denominado SHIASP6, foi escrito em linguagem “C” para DOS pela facilidade de gerar códigos que pudessem rodar em um computador “XT”, como foi o caso no início dos trabalhos, para a digitação dos dados.

A partir dos dados extraídos, foram montados os conjuntos para treinamento e para testes das redes neurais valendo-se de técnicas de Feature Selection [THOM93] e de representação de características [LAWR91].

O Treinamento das Redes

Foi seguida a seguinte de atividades para se chegar ao formato final do Módulo Neural:

- 1) Escolha da representação ideal para a saída das redes neurais (tabela 4.1);
- 2) Seleção, a partir dos arquivos vindos do C Infor/2, das características de entrada mais apropriadas para o problema (tabela 4.2);
- 3) Escolha do número de camadas intermediárias e do número de neurônios mais adequados ao caso (tabela 4.3);
- 4) O particionamento do espaço de entrada (tabela 4.3) e
- 5) A escolha do modelo de comitê de redes ideal para o treinamento (tabela 4.3).

Todos os passos anteriormente citados, cujos resultados e decisões finais serão vistos neste artigo, encontram-se melhor detalhados em [SEIX96, p. 93 a p. 104].

OBS.: Técnicas obtidas em [LAWR91] e [CROO92] foram utilizadas para representar as características.

REDES	Representação da Saída	Interpretação da Saída	Relação com o grau de comportamento
(1 saída)	0	contra-indicado a servir	Grau < 0.5
	1	indicado a servir	Grau > = 0.5

TABELA 4.1: Montagem da Saída Desejada para os treinamentos das Redes Neurais

1) Condição de voluntário	2) Apresentação fora do prazo
3) Pai não declarado	4) Mãe não declarada
5) Residência em zona rural ou urbana	6) Existência de ocupação anterior
7) Grau de escolaridade	8) Desejo de servir ou não
9) Tipo de distribuição	10) Grupo de distribuição
11) Preferências por atividades de combate, mecânica, burocrática, elétrica, eletrônica ou gerais (carpintaria etc.)	

TABELA 4.2: Características selecionadas para comporem a entrada de dados para as redes neurais, a partir das 72 inicialmente disponíveis. Além destas, duas outras foram artificialmente construídas: se o conscrito tem uma relação PESO x ALTURA que lhe dá um físico problemático (baixo ou gordo demais) e se o conscrito vai servir no estado em que nasceu (bairrismo).

Número de Camadas Intermediárias	01
Número de Neurônios na Camada Intermediária	10
Particionamento do Espaço de Entrada	03 "clusters"
Modelo de Comitê Escolhido	Fuzzy

TABELA 4.3: Características Estruturais do Modelo Neural

O MÓDULO NEURAL

Foram estudados e treinados os seguintes tipos de comitês: Winner Takes All [SEIX96] [THOM93], Especialista [SEIX96], e Fuzzy [THOM93] [SEIX96]. Os testes mostraram que o comitê Fuzzy com três redes, cada uma com 10 neurônios na camada intermediária, era o que melhores resultados apresentara. A implementação do citado comitê é feita em três etapas:

a) Pré-classificação das amostras: As amostras disponíveis para o treinamento do comitê são classificadas pelo algoritmo *Fuzzy C-means* de acordo com o número de classes pré-estabelecidas, gerando os centróides e a correspondente matriz de pertinência das amostras [THOM93][SEIX96].

b) Treinamento: Dada uma amostra, ela é passada pelo algoritmo *Fuzzy C-means* de modo a que receba um grau de pertinência em relação a cada classe existente. Ela é, então, treinada por todas as redes (cada uma referente a uma *classe* específica) e a combinação final é feita, fazendo-se uma média ponderada das saídas de cada rede pelo grau de pertinência que a referida amostra possui em relação a cada *classe*. Só então o erro pode ser calculado e a retropropagação do mesmo pode ser feita. Esta retropropagação do erro começa multiplicando o valor do erro respectivamente pelos mesmos graus de pertinência de forma a que cada rede retropropague a parcela do erro que a si pertence.

c) Teste e Emprego: É feito apenas o forward do treinamento, obtendo-se a saída como a resposta do comitê.

Na figura 5.1 observa-se graficamente a constituição do comitê *Fuzzy* em regime de treinamento. As redes R1, R2 e R3, são treinadas com todas as amostras e suas saídas são ponderadas segundo os graus de pertinência que o algoritmo de clusterização indicou.

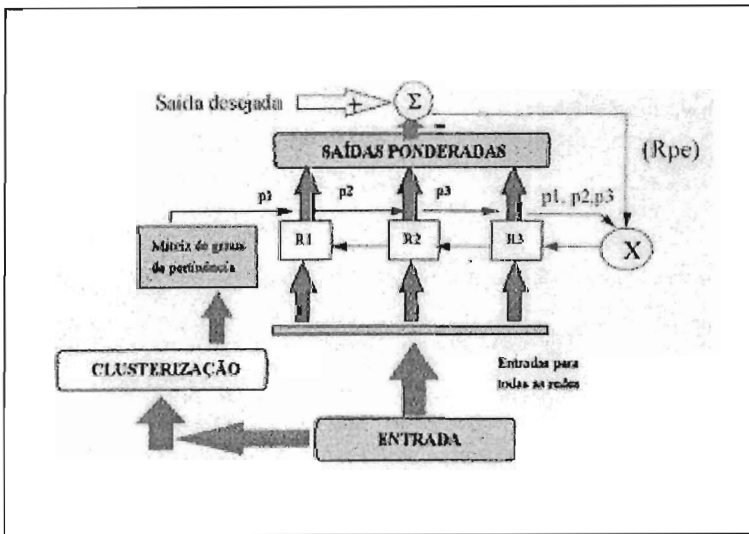


FIGURA 5.1: Esquema de treinamento do Comitê FUZZY, onde todas as redes treinam todas as entradas e fazem a composição da saída conforme o grau de pertinência de cada entrada em relação a cada classe representada pela rede. Na retropropagação do erro, também o grau de pertinência é considerado para que cada rede retropropague tão-somente a sua parcela no erro total.

A idéia contida no modelo *Fuzzy* é a de um corpo de jurados onde cada jurado tem um certo grau de confiabilidade em sua opinião. Desta forma, todos são ouvidos, entretanto, cada um com um peso de confiabilidade tanto maior quanto mais especializado for no caso em análise.

O MÓDULO ESPECIALISTA

Para o desenvolvimento deste sistema, foi utilizado um SHELL, recentemente elaborado, que facilitou o desenvolvimento das interfaces, devido ao acesso obtido ao código fonte [TEIX95].

As regras para o sistema foram obtidas de duas formas distintas que se completaram: uma pesquisa entre os responsáveis pelas seleções inicial e complementar do conscrito para que se obtivesse a sua opinião e, adicionalmente, foi feito um levantamento estatístico em função dos atributos levantados pelos especialistas (tab. 6.1), a partir do qual foram obtidas as probabilidades do conscrito ser *contra-indicado*, condicionadas aos valores dos seis atributos selecionados pelos especialistas como os mais importantes para a análise global. Tal levantamento foi feito com os dados não utilizados, quer em treinamentos quer em testes das redes neurais.

O FUNCIONAMENTO COOPERATIVO

O Sistema como um todo tem um funcionamento cooperativo entre os dois módulos que se faz através dos seguintes passos:

- 1) Extração das características necessárias para as entradas do Comitê Fuzzy;
- 2) Extração dos valores dos atributos necessários ao Módulo Especialista;

SIGLA PARA AS REGRAS	SIGNIFICADO DO ATRIBUTO
M	Tem Pai e/ou Mãe não declarado(s)
U	Mora em zona Urbana
O	Tinha Ocupaçã anterior à incorporação
B	Nível de Escolaridade inferior à 5ª série do 1º grau
G	Gosta de atividades de combate?
D	Grau (Grupo) de distribuição abaixo de 4??

FIGURA 6.1: Relação de Atributos Levantados para o Módulo Especialista

3) Processamento das características, por parte do Comitê Fuzzy, gerando uma saída (chamada de PD)² entre 0 (zero) e 1 (hum) que, dependendo de seus limites, indicará para a interface entre o Comitê e o SE a forma cálculo da aptidão, mostrada na tabela 7.1;

4) A interface calcula e exterioriza a aptidão no monitor, arquivo magnético e/ou impressora.

SAÍDA (PD)	Formas de cálculo da aptidão
0 0.5 O Comitê tem certeza de ser contra-indicado.	aptidão = $100 - (55 + 90 * (0,5 - PD))$
0.7 1.0 O Comitê tem certeza de ser Indicado.	aptidão = $100 - (150 * (1 - PD))$
0.5 0.7 Caracteriza a dúvida do Comitê. Neste caso, o SE é acionado e as duas opiniões são consideradas, embora a do SE tenha peso dobrado.	O Sistema Especialista entra em ação e gera o seu diagnóstico (PCI); ¹ então a aptidão é calculada como se vê: aptidão $= 100 - \left(\frac{(45 + 50(0,7 - PD)) + 2 * PCI}{3} \right)$

FIGURA 7.1: Formas de Cálculo da Aptidão emitida pelo Sistema Híbrido

2. PD: Pré-Diagnóstico do Comitê Fuzzy.

3. PCI: Probabilidade de ser Contra-Indicado.

RESULTADOS OBTIDOS E TRABALHOS FUTUROS

1) Os treinamentos foram feitos com 301 amostras dentre as 355 completas (com todas as características necessárias ao treinamento).

2) Foram reservadas as outras 54 amostras para serem utilizadas em teste que pudesse demonstrar a “performance” das redes e do sistema híbrido como um todo.

3) A comparação entre todas as redes e outros modelos de comitês testados [SEIX96] que é feita de modo simplificado na figura 8.1, se vale dos Acertos imediatos (AC) aos quais a rede ou comitê chega, dos Erros em considerar Indicado um conscrito que deveria ser contra-indicado (EM) (pior dos erros) dos Erros em considerar contra-indicado um conscrito que deveria ser indicado (EB) e das dúvidas, que fazem com que o SE dê o seu parecer para a “aptidão” final (SE).

4) Os resultados finais do Sistema Híbrido trabalhando com o comitê vencedor são mostrados na figura 8.2. A coluna “ESP” mostra o valor conhecido do conscrito onde 1 = indicado e 0 = contra-indicado; a coluna “PD” mostra o valor da saída do comitê; a coluna “PCT” recebe “X” quando não houve dúvida por parte do módulo Neural e, portanto, o SE não entra em ação, e recebe um valor de Probabilidade de ser Contra-Indicado dado pelo SE quando o mesmo é empenhado (no caso de dúvida do módulo Neural).

As colunas “APT”⁴ e “CF” mostram, respectivamente, a “aptidão” final dada pelo sistema híbrido e o conseqüente conselho representado por 1 (indicado) ou por 0 (contra-indicado).

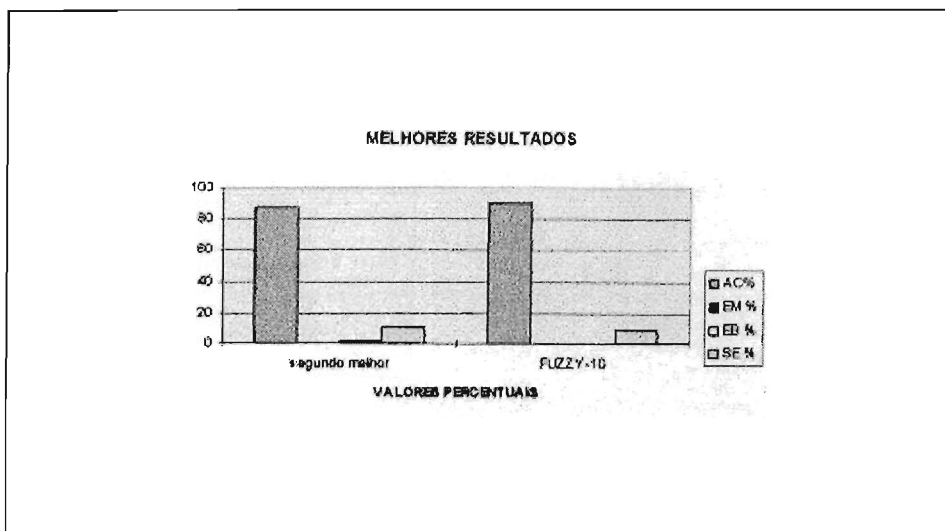


FIGURA 8.1: Comparando o resultado de teste, apenas do componente neural entre o Comitê Fuzzy com 3 redes de uma camada intermediária com 10 elementos nesta camada com todas as outras redes e comitês treinados. Percebe-se que o comitê Fuzzy além de não cometer qualquer tipo de erro, fica em dúvida num percentual menor que o melhor de todos os outros treinados.

4. APT: Aptidão dada pelo “Sistema Híbrido Inteligente de Apoio à Seleção de Pessoal”.

NR	ESP	PD	PCI	APT	CF	NR	ESP	PD	PCI	APT	CF
1	1	0,79	X	68	1	28	1	1,00	X	100	1
2	1	0,96	X	94	1	29	1	0,93	X	89	1
3	1	1,00	X	100	1	30	1	0,80	X	70	1
4	1	1,00	X	100	1	31	1	0,99	X	98	1
5	1	0,94	X	90	1	32	1	1,00	X	100	1
6	1	0,95	X	92	1	33	1	1,00	X	100	1
7	1	1,00	X	100	1	34	1	1,00	X	100	1
8	1	0,97	X	95	1	35	0	0,13	X	12	0
9	1	1,00	X	99	1	36	1	0,98	X	97	1
10	1	0,71	X	57	1	37	1	0,98	X	97	1
11	1	1,00	X	100	1	38	1	0,71	X	57	1
12	1	0,74	X	61	1	39	1	1,00	X	99	1
13	1	0,66	0	84	1	40	1	1,00	X	99	1
14	1	1,00	X	100	1	41	0	0,13	X	12	0
15	1	0,96	X	95	1	42	1	0,78	X	68	1
16	0	0,49	X	44	0	43	0	0,37	X	34	0
17	1	0,97	X	95	1	44	1	0,97	X	95	1
18	1	1,00	X	100	1	45	1	1,00	X	100	1
19	1	1,00	X	100	1	46	0	0,43	X	39	0
20	1	1,00	X	100	1	47	0	0,26	X	23	0
21	1	1,00	X	100	1	48	0	0,67	60	44	0
22	1	1,00	X	99	1	49	1	1,00	X	100	1
23	1	0,99	X	99	1	50	0	0,57	60	43	0
24	1	1,00	X	100	1	51	1	0,98	X	97	1
25	1	0,81	X	72	1	52	0	0,67	60	44	0
26	1	1,00	X	100	1	53	0	0,26	X	23	0
27	1	1,00	X	100	1	54	0	0,57	60	43	0

FIGURA 8.2: Resultados esperados (ESP) e obtidos com o SHIASP. A coluna "PD" mostra os valores dados pelo comitê Fuzzy aos 54 elementos do teste; a coluna "PCI" mostra o valor dado pelo Sistema Especialista, quando solicitado pela dúvida do comitê; a coluna "APT" mostra a conclusão final do sistema, após "ponderar" os dois componentes (conexionista e simbólico) e por fim, a coluna CF mostra a conclusão a que chegaria o agente decisor: Com o comitê Fuzzy unido ao SE, o acerto total foi de 100%.

Como trabalhos futuros, estão, entre outros:

1) Estudos para se elevar a integração RN x SE;

2) Desenvolvimento de técnicas para facilitar extrair de uma massa de dados históricos, as regras corretas para um sistema especialista;

3) Implementação de Interação SE x Usuário, de modo que permita ao sistema, em caso de permanência em dúvida, solicitar informações complementares ao usuário, como por exemplo, as

levantadas nas reuniões com os especialistas em seleção de recruta: tem olhos vermelhos, parente militar, pratica esporte, mora em favela, pratica alguma religião, e outras;

4) Estudos para automatizar a atualização do SHIATD e prazos variáveis, de acordo com a aplicação;

5) Avaliar outras modalidades de redes na composição do comitê, como por exemplo, as auto-organizáveis. □

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [CROO92] CROOKS, Ted. *AI Expert Magazine*. julho de 1992, páginas 37-41.
- [LABA93] LABATE, Fran & MEDSKER, Larry. *Employee Skills Analysis Using a Hybrid Neural Network and Expert System*; Geodynamics Corporation and The American University. IEEE, USA, 1993.
- [LAWR91] LAWRENCE, Jeannette. *AI Expert Magazine*, novembro de 1991, páginas 34-41.
- [PASS89] PASSOS, E. P. L. *Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas ao Alcance de Todos*. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio-RJ, 1989.
- [PASS93] PASSOS, E. P. L. *Sistema Especialista para Análise de Crédito*, 1993.
- [PERS83] PERSONA AWARENESS, *Decisões Criativas*; Curso ministrado na IBM — Gávea, RJ, 1983.
- [SEIX96] SEIXAS, Arnalberto Jacques Nunes. *Sistema Híbrido Inteligente de Apoio à Tomadas de Decisões (SHIATD)*; Dissertação de Mestrado. IME, Rio-RJ, 1996.
- [TEIX95] TEIXEIRA, César Bezerra. GSEOO, *Ambiente para Desenvolvimento de Sistemas Especialistas com Base de Conhecimento que Suportam Herança*; Dissertação de Mestrado. IME, Rio-RJ, 1995.
- [THOM92] THOMÉ, Antônio C. G. *Economic Signal, Modelling and Estimation Through a Similarity Based Approach*; paper publicado no Anais do IX Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial, RJ, setembro de 1992, páginas 66-78.
- [THOM93] THOMÉ, Antônio C. G. *Massively Paralle Nonlinear System Identification Techniques: A Committee Architecture*; Tese de Doutorado (Ph.D.). Purdue University, Purdue (EUA), 1993.