

Sistema Especialista para o auxílio no Diagnóstico da Policitemia Vera

Luciana Freitas Anes, Reinaldo Silva Fortes

Faculdade de Ciência da Computação e Comunicação Social (FACICS) – Universidade
Presidente Antônio Carlos (UNIPAC)
Barbacena – MG – Brasil

lufanes@terra.com.br, reifortes@yahoo.com.br

***Resumo.** Este trabalho tem por objetivo mostrar que o uso de sistemas especialistas de apoio a decisão pode melhorar o processo de diagnóstico da policitemia vera, que se trata de um distúrbio das células sanguíneas precursoras que acarreta um excesso de glóbulos vermelhos, servindo como auxílio na tomada de decisões sobre tal diagnóstico.*

1. Introdução

Nos últimos anos tem crescido o número de pesquisas e pessoas interessadas em Inteligência Artificial (IA), que se trata da busca em entender a mente humana e imitar seu comportamento. Para isso ela fornece métodos e técnicas para o desenvolvimento de programas que simulam em máquinas comportamentos inteligentes, isto é, tornam estes programas capazes de pensar e tomar decisões com auxílio de uma grande base de conhecimento adquirida através pessoas especializadas nas áreas que estarão em questão. [Barsa]

É comum que o termo inteligência artificial esteja relacionado com sistemas especialistas, pois estes são programas projetados para resolver problemas complexos e específicos cujo conhecimento utilizado é fornecido por pessoas especializadas em certa área. Estes sistemas normalmente são usados para auxílio no apoio á tomada de decisão e ás vezes até tomam as próprias decisões baseadas no conhecimento adquirido e passados a eles.

Neste artigo é proposto a implementação de um Sistema Especialista para auxiliar profissionais da área de medicina a diagnosticar a doença policitemia vera, para ser atingido o objetivo citado acima foi necessário estudar e adquirir conhecimento sobre sistemas especialistas, a doença policitemia vera e a ferramenta utilizada na implementação o Expert SINTA. Foi feito um protótipo de sistema especialista baseado em regras para o auxílio ao diagnóstico utilizando a Shell Expert SINTA.

A seção 2 do artigo traz um breve histórico sobre inteligência artificial e sistemas especialistas. A seção 3 relata uma pesquisa sobre sistemas especialistas mencionando seu funcionamento, classificação, seus benefícios e suas restrições. Na seção 4 são mencionados alguns sistemas especialistas eficazes que também funcionam como shell's e relata sobre a ferramenta escolhida para implementação – o Expert SINTA. A seção 5 explica sobre a doença policitemia vera e o motivo pelo qual foi escolhido seu diagnóstico. A seção 6 mostra a implementação proposta. Na seção 7 está a conclusão e na seção 8 estão relacionadas as referências bibliográficas utilizadas neste artigo.

2. Breve Histórico

Nos anos 50, os pesquisadores já haviam estabelecido conceitos sobre Inteligência Artificial (IA), incluindo Lógica Matemática e Teoria das Funções Recursivas. Aproximadamente nesta mesma ocasião, estudantes da forma de pensar humana, ou seja, que estudavam inteligência artificial criaram caminhos padrão do processo de investigação do raciocínio, modelando o aparente processo de tomada de decisão em termos de regras de produção condicionais.[Fávero 2005]

Nos anos 60, os pesquisadores de Inteligência Artificial tentaram simular o complexo processo do pensamento procurando métodos gerais para resolver uma ampla classe de problemas. Então durante a década de 70 concentraram esforços em técnicas como Representação - isto é, modo de formular o problema de maneira a tornar sua solução mais fácil e como controlá-la de uma forma inteligente dentro da capacidade de memória do computador. Somente no final da década fizeram a descoberta mais importante que foi o poder do programa em resolver problemas que depende mais do conhecimento que ele possui, o qual foi adquirido pelo programador e pelo especialista conseqüentemente passado para ele, do que do motor de inferência empregado. Isto levou ao desenvolvimento de programas de computador de propósito particular, sistemas que são específicos de alguma área limitada. Estes programas são chamados “Sistemas Especialistas”.

Os sistemas especialistas começaram a surgir comercialmente entre 1980 e 1981. A primeira companhia formada exclusivamente para produzir sistemas especialistas foi a Intelli Genetics, da Universidade de Stanford. Assim os sistemas especialistas após terem se desenvolvido por 15 anos como mera curiosidade de IA aplicada em laboratórios de pesquisa, tornaram-se alvo de significativos esforços de desenvolvimento por poderem ser utilizados para auxiliar profissionais especializados.

3. Sistemas Especialistas

Para esclarecer melhor o que vem a ser sistemas especialistas segundo [Fávero 2005], Sistema: Conjunto de elementos, materiais ou idéias, entre os quais se possa encontrar ou definir alguma relação. Especialista: Pessoa que se consagra com particular interesse e cuidado a certo estudo. Conhecedor, perito. Considerando estas definições pode concluir-se que um Sistema Especialista é um “programa inteligente”, capaz de aprender com conhecimentos de especialistas de cada área. São usados para resolver problemas complexos usando processos heurísticos e que programas normais demorariam muito a resolver. Eles são usados com freqüência pela medicina para gerar diagnósticos, também

são usados em determinadas áreas como agricultura, controle de processamento, geologia dentre outras. Os sistemas especialistas se diferem dos sistemas convencionais uma vez que eles trabalham com uma grande base de conhecimentos e os convencionais manipulam uma grande quantidade de dados. Sistemas especialistas são programas de computador que procuram atingir soluções de determinados problemas do mesmo modo que especialistas humanos, se estiverem sob as mesmas condições. [Fávero 2005]

A arquitetura mais comum de sistemas especialistas é a que envolve regras de produção. Essas regras são simplesmente um conjunto de condições no estilo SE... ENTÃO..., com a possibilidade de inclusão de conectivos lógicos relacionando os atributos no escopo do conhecimento e o uso de probabilidades.

Eles podem ser úteis de dois modos diferentes, como apoio à decisão: o programa ajuda o tomador de decisões, que se considera que o especialista saiba, mas que possa ter esquecido ou ignorado, muito usado pela medicina; também é utilizado para tomada de decisão: toma a decisão no lugar de uma pessoa, pois isso implicaria algo que está acima de seu nível de treinamento e experiência. Este é o uso mais comum em muitos sistemas industriais e financeiros, mas também já existe em medicina.

Para estabelecer algumas diferenças existentes entre especialistas humanos (que se baseiam no conhecimento adquirido pela experiência) e sistemas especialistas a tabela 01[Fávero 2005] mostrada a seguir ilustra estas diferenças mostrando determinadas vantagens e limitações dos conhecimentos onde sistemas especialistas podem ser mais eficazes porém não podem substituir o especialista humano:

Tabela 01 - Comparação entre o conhecimento humano e o conhecimento artificial

Conhecimento Humano	Conhecimento Artificial
Percível	Permanente
Difícil de transferir	Fácil de transferir
Difícil de documentar	Fácil de documentar
Imprevisível	Consistente
Caro	Razoável
Discriminatório	Imparcial
Social	Individualizado
Criativo	Sem inspiração
Adaptável	Inflexível
Enfoque amplo	Enfoque restrito
Baseado em senso comum	Técnico

Comparação entre conhecimento especializado humano e artificial.

Através desta tabela pode-se perceber o quanto os sistemas especialistas são eficazes e porque os especialistas humanos não podem ser substituídos principalmente por ele ser adaptável e ser baseado em senso comum.

3.1. Funcionamento

Para que um sistema seja considerado especialista ele deve possuir algumas características que são: (1) uma base de conhecimentos que contém o aprendizado especializado a ser utilizado nas tomadas de decisões; (2) base de dados padrão que possui a definição do vocabulário a ser usado; (3) um motor (mecanismo) de inferência que é um algoritmo capaz de elaborar as conclusões a partir dos dados fornecidos pelo usuário do sistema e do conhecimento armazenado em suas bases; (4) interface com o usuário que tem por finalidade realizar o diálogo entre usuário e sistema. A figura 01 ilustra a hierarquia desta arquitetura:

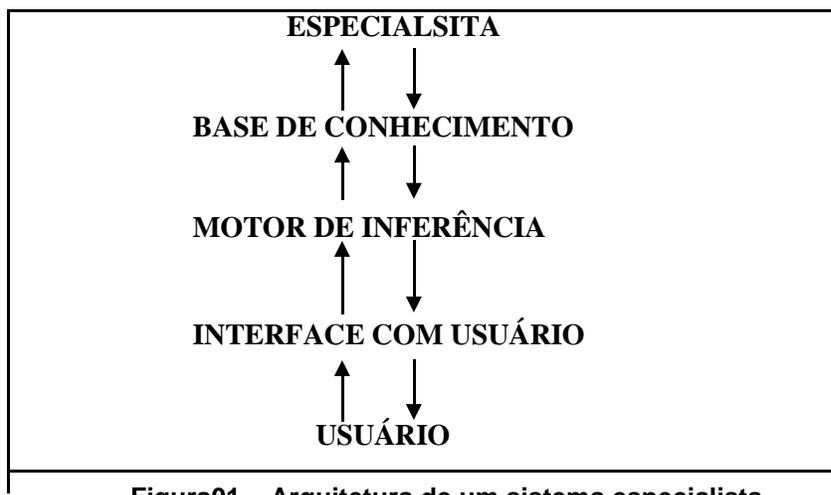


Figura01 – Arquitetura de um sistema especialista.

Entre essas características a mais relevante é a base de conhecimento, onde o engenheiro do conhecimento vai adquirir informações junto ao especialista ou então aprimorar o que já possui sobre o assunto. A interface com o usuário também é de grande importância uma vez que tem como objetivo o diálogo entre o usuário e o sistema, as telas a serem apresentadas ao usuário devem ser de fácil compreensão, e as explicações devem ser claras e diretas [Tavares 2005].

O Sistema Especialista precisa de algumas características importantes como ter um alto desempenho, tempo de resposta adequado, possuir uma alta confiabilidade e ser capaz de entendimento.

3.2. Classificação

O Grupo de Sistemas inteligentes (GSI) do Departamento de Informática da Universidade de Maringá (UEM) define sistemas especialistas quanto ao seu funcionamento, classificados como:

- Interpretação: são sistemas que descrevem situações a partir da observação de fatos fazendo uma análise de dados e procurando determinar as relações e seus significados.
- Diagnóstico: são sistemas que detectam falhas a partir da interpretação de dados.

- **Monitoração:** interpreta as observações de sinais sobre o comportamento monitorado.
- **Predição:** a partir de uma modelagem de dados do passado e do presente, este sistema permite uma determinada previsão do futuro.
- **Planejamento:** o sistema prepara um programa de iniciativas a serem tomadas para se atingir um determinado objetivo.
- **Projeto:** é um sistema capaz de justificar a alternativa tomada para o projeto final, e de fazer uso dessa justificativa para alternativas futuras.
- **Depuração:** trata-se de sistemas que possuem mecanismos para fornecerem soluções para o mau funcionamento provocado por distorções de dados.
- **Reparo:** este sistema desenvolve e executa planos para administrar os reparos verificados na etapa de diagnóstico.
- **Instrução:** o sistema de instrução tem um mecanismo para verificar e corrigir o comportamento do aprendizado dos estudantes.
- **Controle:** é um sistema que governa o comportamento geral de outros sistemas.

3.3. Benefícios e problemas

Conforme dito anteriormente um sistema especialista para ser realmente eficaz precisa ser capaz de interagir facilmente com o usuário, por isso ele deve adquirir novos conhecimentos e aprimorar os antigos de forma a estar sempre atualizando a base de conhecimento, precisa também explicar seu raciocínio de uma maneira clara para que o usuário entenda o que está utilizando [Bittencourt 2001].

Existem algumas vantagens de usar um sistema especialista, ele possui uma habilidade enorme para resolver problemas complexos mais rápido que sistemas convencionais tomando decisões precisas fundadas em sua base de conhecimento que pode ser alterada e incrementada quando for preciso, pode diminuir custos, reduzir tempos e aumentar a qualidade das decisões, pois em qualquer situação com as mesmas características, ele terá sempre o mesmo diagnóstico, na maioria das vezes possui muita segurança.

Como em qualquer programa, o sistema especialista também possui algumas desvantagens como: certa fragilidade, uma vez que trabalha com conhecimentos específicos de um certo domínio quando surge necessidade de conhecimentos mais gerais ele se torna frágil, a falta de meta-conhecimento, a aquisição de conhecimento é um ponto crítico pois é sempre dependente do conhecimento passado a ele.

4. Sistemas Especialistas Eficazes

Com o passar do tempo, foi-se observando que os sistemas especialistas criados tinham praticamente o mesmo modelo, ou seja, várias características em comum. Eram feitos basicamente de regras combinadas com um interpretador das mesmas, desta forma viu-se que poderia separar o interpretador e adicionar depois a várias regras de diferentes sistemas. Assim foram criados as SHELL's, que nada mais são que ferramentas capazes de gerar

implementação da base de conhecimento, facilitando o trabalho do desenvolvedor [Portal Iazoom 2005].

Existem várias Shell`s aplicadas a sistemas especialistas com eficácia, que até hoje são utilizadas para dar sustentação a outros programas, entre eles destacam:

- Mycin se tornou notável por ter introduzido um conjunto de idéias originais que serviram de base para muitos dos Sistemas Especialistas em uso atualmente. Separação entre motor de inferência e base de conhecimentos. Um modo original de tratamento de incerteza, os fatores de certeza. No projeto Mycin, não somente sugeriu os fatores de certeza, como também mostrou que o raciocínio médico não segue em padrão probabilístico. Seu objetivo é prover conselho a respeito de diagnóstico e terapia de doenças infecciosas. Aconselhamento pode ser muito útil, pois nem sempre o médico responsável é um especialista em infecções; [Portal Iazoom 2005].

- Prospector é um sistema especialista criado no final dos anos 70 como apoio á geólogos na busca de depósitos com recursos geológicos. O conhecimento é armazenado sob forma de fatos e regras de produção mas tanto seu motor de inferência como o de tratamento da incerteza são diferentes. Com ele, seu conjunto de regras é patrocinado em “modelos” agrupando as regras que se referissem ao mesmo tipo de depósitos. A incerteza foi tratada juntando a cada regra um par de números, um chamado fato de suficiência e o outro fator de necessidade. Tanto o antecedente como os consequentes da regra são associados a probabilidades; [Portal Iazoom 2005].

- Dendral é um projeto desenvolvido a partir de 1965 na Universidade de Standford (USA). O objetivo do projeto é desenvolver programas capazes de determinar automaticamente o conjunto de estruturas moleculares, constituídas de átomos conhecidos, capazes de explicar dados provenientes da análise espectrográfica de uma molécula desconhecida. Alguns resultados de análises realizadas pelos sistemas foram considerados melhores do que os obtidos por especialistas humanos e publicados em revistas especializadas.[Bittencourt 2001]

- Expert SINTA é uma ferramenta muito interessante que foi desenvolvida no Laboratório de Inteligência Artificial (LIA) na Universidade Federal do Ceará com o objetivo de gerar sistemas especialistas automaticamente. Ele é implementado na linguagem de programação orientada a objetos Borland Delphi 1.0, dando um suporte visual de fácil operação. A escolha por esta ferramenta se deu pelo fato de o Expert SINTA ser uma Shell de fácil manipulação utilizando um modelo de representação do conhecimento baseado em regras de produção e probabilidades, tendo como objetivo principal simplificar o trabalho de implementação de sistemas especialistas através do uso de uma máquina de inferência compartilhada, da construção automática de telas e menus, do tratamento probabilístico das regras e por ser de fácil operação para o desenvolvedor e o usuário final contendo explicações de todas as regras e conclusões. No Expert SINTA o usuário responde a uma seqüência de menus, e o sistema encarrega-se de fornecer respostas que se encaixem no quadro apontado pelo usuário.[Manual do usuário – Expert SINTA 1996]

4.1. Expert SINTA

O Expert SINTA possui algumas características como: utilização do encadeamento para trás (*backward chaining*); utilização de fatores de confiança; ferramentas de depuração; possibilidade de incluir ajudas on-line para cada base. Quanto a sua arquitetura se apresenta semelhante a qualquer sistema especialista, possui a base de conhecimentos; o editor de bases que é o meio pelo qual a *shell* permite a implementação das bases desejadas; a máquina de inferência e por fim o banco de dados global que são as evidências apontadas pelo usuário do sistema especialista durante uma consulta[Manual do usuário – Expert SINTA 1996].

As regras de produção possuem algumas vantagens que são modularidade onde cada regra, pode ser considerada como uma peça de conhecimento independente; facilidade de edição em que novas regras podem ser acrescentadas e antigas podem ser modificadas com relativa independência; transparência do sistema que garante maior legibilidade da base de conhecimentos.

As notações são provenientes da linguagem PROLOG. A cabeça das regras são as conseqüências e os antecedentes são denominados caudas.

Para o programador que cria bases utilizando o Expert SINTA, o seguinte critério para definições de assertivas deve ser seguido:

1. A estrutura de cada cauda (premissa) deve obedecer ao seguinte modelo:

<conectivo> <atributo> <operador> <valor>

- Conectivo são elementos utilizados na lógica clássica: (NÃO, E, OU);
- Atributo é uma variável decorrente de uma consulta à base de conhecimentos. Cabe ao desenvolvedor definir o tipo de atributo. É uma entidade totalmente abstrata, capaz de armazenar listas de valores cujo significado depende do contexto da base;
- Operador liga um atributo ao valor da premissa que define o tipo de comparação a ser realizada: =, >, <=, <>, entre outros;
- Valor é um item de uma lista a qual foi previamente criada e relacionada a um atributo. Para tanto, o Expert SINTA exige que os atributos sejam definidos antes de criarmos uma regra que o utilize.

2. A estrutura de cada cabeça (conclusão) deve obedecer ao seguinte modelo:

<atributo> = <valor> <grau de confiança>

- Atributo equivale ao mesmo atributo usado em caudas;
- “=” é um operador de atribuição e não de igualdade;
- Valor equivale ao mesmo valor utilizado em caudas;
- Grau de confiança é uma porcentagem indicando a confiabilidade daquela conclusão específica da regra. O grau de confiança varia de 0% a 100%.

5. A Policitemia Vera

De início a Inteligência Artificial Médica teve grande euforia e poucos resultados, mas com o passar dos tempos programas inteligentes e mais confiáveis foram aparecendo. Hoje em dia o Sistema Especialista apesar de algumas vezes não ter uma base de conhecimento

confiável ou completa, dão um bom suporte a área médica promovendo e ajudando usuários a fazer diagnósticos de algumas enfermidades.

Vai ser tratado aqui o diagnóstico da Policitemia vera, pois quando ela é diagnosticada corretamente e em tempo hábil, o tratamento poderá ocorrer de forma eficaz aumentando a perspectiva de vida do paciente de 02 para 20 anos.

A policitemia vera é um distúrbio das células sangüíneas precursoras que acarreta um excesso de eritrócitos. A policitemia vera é rara. É uma doença crônica, de evolução lenta, com duas fases bem definidas: uma fase inicial, a fase pletórica, em que há um excesso de células do sangue, e uma segunda fase em que as células do sangue estão reduzidas, o baço atinge grandes dimensões e a medula óssea desenvolve progressiva fibrose e hipocelularidade. A idade média na qual a policitemia vera é diagnosticada é entre 50 e 60 anos, mas ela pode manifestar-se antes. [Manual Merck 2005]

A causa da policitemia vera é desconhecida. A doença tem uma origem clonal, isto é, surge da transformação de uma única célula, neste caso a célula *stem* da medula óssea, que é a célula-mãe das células do sangue. A célula anormal cresce seletivamente e, gradualmente, torna-se a fonte predominante de células precursoras da medula óssea, interferindo negativamente com a produção das células normais.

Os sintomas aparecem com as seguintes características: o excesso de eritrócitos aumenta o volume sangüíneo, tornando-o mais espesso, de modo que o sangue passa a fluir com menor facilidade através dos pequenos vasos sangüíneos (hiperviscosidade). Os primeiros sintomas são fraqueza, fadiga, cefaléia, tontura e falta de ar. A visão pode ser distorcida e o indivíduo pode apresentar manchas cegas ou pode ver flashes de luz. O sangramento gengival e através de pequenos cortes é comum. A pele, especialmente a da face, pode tornar-se avermelhada. O indivíduo pode sentir um prurido generalizado, sobretudo após um banho quente. Ele pode sentir uma sensação de queimação nas mãos e nos pés e, mais raramente, dor óssea. Com a evolução do distúrbio, o fígado e o baço podem aumentar de tamanho, causando uma dor maçante e intermitente no abdômen. Sem tratamento, aproximadamente metade dos indivíduos com policitemia vera sintomáticos morre em menos de 2 anos.

Para que fosse feito um diagnóstico preciso foram usados critérios do manual prático de diagnóstico e tratamento, atualizações terapêuticas com adaptações feitas pelo especialista para validar melhor estes critérios.

6. Implementação do Sistema Especialista

Para ser desenvolvido o sistema especialista foram utilizados vários processos de aprendizagem incluindo a doença policitemia vera e o estudo da ferramenta Expert SINTA.

Na aquisição de conhecimento específico sobre a enfermidade foram utilizadas as seguintes fontes: o especialista Marcelo Dias de Castro (médico especializado em hematologia) que informou sobre o que é, como diagnosticar e a melhor forma de realizar o tratamento com eficácia; o livro atualização terapêutica que auxiliou nas definições e alguns detalhes a serem lembrados futuramente pelo especialista.

Os dados sobre a enfermidade foram coletados através de várias entrevistas e informações adquiridas pelo livro mencionado e sites médicos. A Interpretação do

conhecimento e a análise foram supervisionadas pelo especialista Marcelo Dias de Castro o qual esteve presente em todos os momentos.

Depois do conhecimento sobre a enfermidade, a Shell Expert SINTA foi estudada detalhadamente e entendida. A partir daí o projeto foi sendo criado e o resultado foi o esperado, quando seguidos os critérios de avaliação o diagnóstico é preciso, possui Policitemia Vera ou não. A seguir será mostrada a base de dados, as regras utilizadas para chegar ao diagnóstico e um exemplo da aplicação.

A base de dados foi extraída do conhecimento do especialista juntamente com o livro atualização terapêutica, foram elaboradas variáveis seguidas de seus valores conforme tabela02 a seguir:

Tabela 02 – Apresentação de variáveis e seus valores

Variáveis	Valores
Hemograma: massa eritrocitária	Sim/Não
p.leucemia crônica	Sim/Não
p.cardiopatia cianotica	Sim/Não
p.obesidade morbida	Sim/Não
p.tabagismo	Sim/Não
p.mora cidade grande altitude	Sim/Não
exame físico abdômen	Sim/Não
exame citogenetica	Positivo/Negativo
hemograma: trombocitose	Sim/Não
hemograma: leucocitose	Sim/Não
p.espenomegalia demonstravel	Sim/Não
dosagem de eritropoetina: crescimento de BFU-E	Positivo/Negativo
dosagem de eritropoetina: epo serica	Diminuída/Normal/Aumentada
doença	Policitemia Vera
Criterio A1	Verdadeiro/Falso
Criterio A2	Verdadeiro/Falso
Criterio A3	Verdadeiro/Falso
Criterio A4	Verdadeiro /Falso
Criterio B1	Verdadeiro/Falso
Criterio B2	Verdadeiro/Falso
Criterio B3	Verdadeiro/Falso
Criterio B4	Verdadeiro/Falso

Entre estas variáveis utilizadas a única variável objetivo é a doença na qual vai ser sempre exposto o resultado da consulta, com exceção da variável doença e das variáveis Criterio A1,A2,A3,A4 e B1,B2,B3,B4, o restante das variáveis são todas com pergunta. A partir das variáveis foram construídas as seguintes regras que mostram a base de conhecimento utilizada conforme mostra a figura02:

REGRA 1	SE	hemograma: massa eritrocitaria = Sim	REGRA 11	SE	Critério A1 = Verdadeiro
	ENTÃO	Critério A1 = Verdadeiro CNF 100%		E	Critério A2 = Verdadeiro
REGRA 2	SE	p.mora cidade grande altitude = Não		E	Critério B1 = Verdadeiro
	E	p.obesidade morbida = Não		E	Critério B2 = Verdadeiro
	E	p.tabagismo = Não	REGRA 12	ENTÃO	doença = Policitemia Vera CNF 100%
	E	p.cardiopatia cianotica = Não		SE	Critério A1 = Verdadeiro
	E	p.leucemia cronica = Não		E	Critério A2 = Verdadeiro
	ENTÃO	Critério A2 = Verdadeiro CNF 100%		E	Critério B1 = Verdadeiro
REGRA 3	SE	exame fisico abdômem = Sim		E	Critério B3 = Verdadeiro
	ENTÃO	Critério A3 = Verdadeiro CNF 100%	REGRA 13	ENTÃO	doença = Policitemia Vera CNF 100%
REGRA 4	SE	exame citogenetica = Positivo	REGRA 13	SE	Critério A1 = Verdadeiro
	ENTÃO	Critério A4 = Verdadeiro CNF 100%		E	Critério A2 = Verdadeiro
REGRA 5	SE	hemograma: trombocitose = Maior		E	Critério B1 = Verdadeiro
	ENTÃO	Critério B1 = Verdadeiro CNF 100%		E	Critério B4 = Verdadeiro
REGRA 6	SE	hemograma: leucocitose = Maior	REGRA 14	ENTÃO	doença = Policitemia Vera CNF 100%
	ENTÃO	Critério B2 = Verdadeiro CNF 100%		SE	Critério A1 = Verdadeiro
REGRA 7	SE	p.espenomegalia demonstravel = Sim		E	Critério A2 = Verdadeiro
	ENTÃO	Critério B3 = Verdadeiro CNF 100%		E	Critério B2 = Verdadeiro
REGRA 8	SE	dosagem de eritropoetina: epo serica = Diminuid		E	Critério B3 = Verdadeiro
	OU	dosagem de eritropoetina: crescimento de BFU-I	REGRA 15	ENTÃO	doença = Policitemia Vera CNF 100%
	ENTÃO	Critério B4 = Verdadeiro CNF 100%		SE	Critério A1 = Verdadeiro
REGRA 9	SE	Critério A1 = Verdadeiro		E	Critério A2 = Verdadeiro
	E	Critério A2 = Verdadeiro		E	Critério B2 = Verdadeiro
	E	Critério A3 = Verdadeiro		E	Critério B4 = Verdadeiro
	ENTÃO	doença = Policitemia Vera CNF 100%	REGRA 16	ENTÃO	doença = Policitemia Vera CNF 100%
REGRA 10	SE	Critério A1 = Verdadeiro		SE	Critério A1 = Verdadeiro
	E	Critério A2 = Verdadeiro		E	Critério A2 = Verdadeiro
	E	Critério A4 = Verdadeiro		E	Critério B3 = Verdadeiro
	ENTÃO	doença = Policitemia Vera CNF 100%		E	Critério B4 = Verdadeiro
				ENTÃO	doença = Policitemia Vera CNF 100%

Figura02 – Regras implementadas no Sistema Especialista proposto.

Após ter definido as regras um exemplo prático da aplicação pode ser exposto para testar a eficácia do sistema especialista desenvolvido. Quando um paciente chega para consulta é necessário que ele tenha feito hemograma completo e/ou exame de citogenética, exame de ultra-som ou radioisótopo, é necessário também fazer exame físico do baço. Com estas informações em mãos o usuário pode começar a consulta, a princípio vem a tela de abertura mostrada pela figura03,

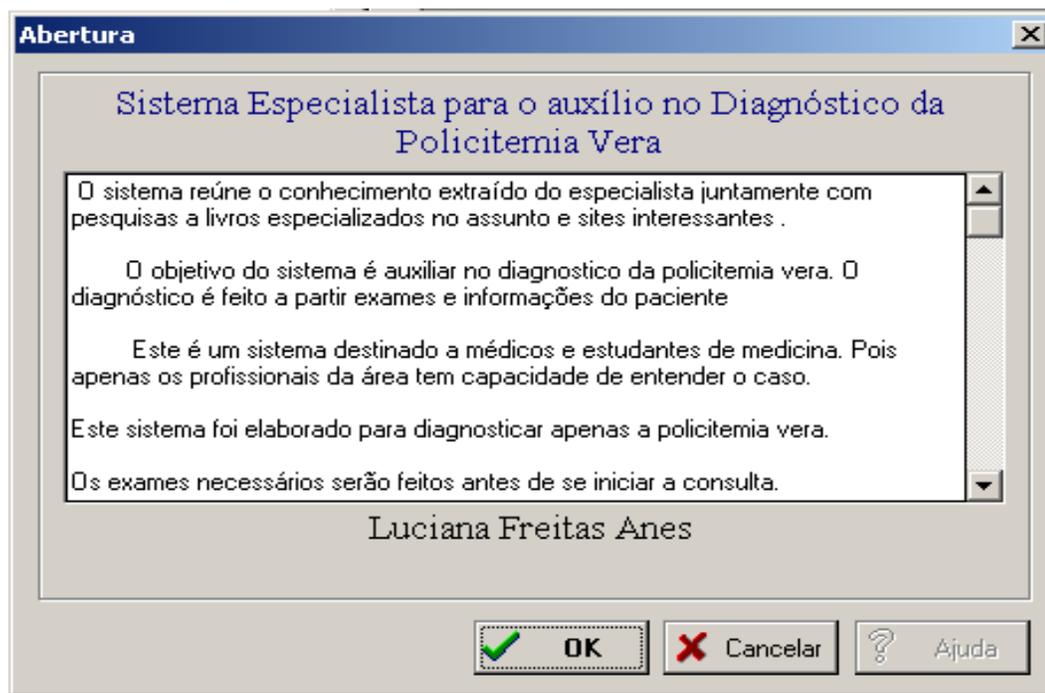


Figura03 – Tela de abertura do Sistema Especialista desenvolvido

Em seguida a primeira pergunta é feita, a resposta foi Sim, e o critério A1 é estabelecido. No critérioA2 foram respondidas cinco perguntas pelo paciente e todas obtiveram valor não tornando este critério verdadeiro. O terceiro critério, o CritérioA3 obteve resposta Não tornando assim um critério invalidado. A figura04 ilustra o critérioA4 possuindo resposta Positiva e se concretizando como verdadeiro.

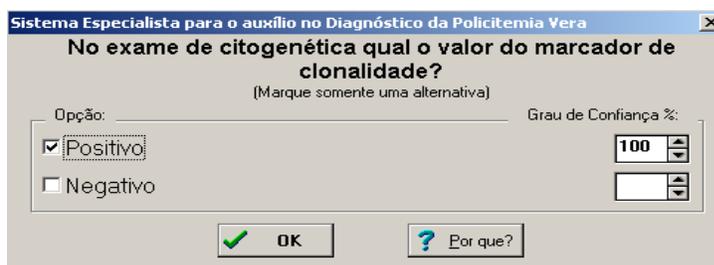


Figura04- CritérioA4 sendo estabelecido.

Com este critério estabelecido verdadeiro foi diagnosticada a doença policitemia vera depois da seqüência de informações passadas a este programa pelo usuário, na Figura05 fica claro este diagnóstico:

The screenshot shows a window titled "Resultados" with a sub-header "doença". It contains a table with two columns: "Valor" and "CNF (%)". The table has one row with the value "Policitemia Vera" and a confidence of "100". There are buttons for "Fechar" (Close) and "Ajuda" (Help) on the right side. At the bottom, there is a navigation bar with options: "Resultados", "Histórico", "Todos os valores", and "O sistema".

Valor	CNF (%)
Policitemia Vera	100

Figura05 – Resultado da consulta com o diagnóstico da enfermidade.

Para se obter o diagnóstico da enfermidade policitemia vera como sendo presente no paciente é necessário que os critérios A1 e A2 sejam respectivamente verdadeiros, juntamente com o critério A3 ou A4, também pode ser juntamente com dois critérios B, que podem ser B1, B2, B3 ou B4. O restante das combinações não acarretam na enfermidade trabalhada.

7. Conclusão

Através deste trabalho foi constatado como a Inteligência Artificial é de grande valia ao ser humano e que através de interações entre os mesmos pode-se conseguir resultados positivos e eficazes como o sistema especialista proposto, e para o usuário que vai fazer uso do programa em sua vida profissional ou acadêmica.

O sistema especialista implementado foi designado ao auxílio do diagnóstico da policitemia vera na qual médicos e estudantes da área podem utilizar para obter o diagnóstico ou para “lembrar” de detalhes importantes no decorrer de cada consulta. Através deste protótipo pode-se constatar o quanto a inteligência artificial pode ajudar o ser humano a desenvolver suas tarefas do cotidiano com mais precisão, cumprindo assim o objetivo deste trabalho.

Dos sistemas especialistas não se espera que eles possam substituir especialistas humanos, pois existem características do aprendizado humano que nenhum sistema consegue reproduzir, mas com certeza podem contribuir muito com o trabalho destes, servindo como uma “memória adicional” para resolução dos problemas.

Para os interessados fica como sugestão para trabalhos futuros a implementação da mesma base de conhecimento em outras ferramentas, ou seja, em outras shell's e assim comparando os resultados e verificando qual a melhor se adapta e mostre melhores resultados para o conhecimento em questão.

8. Referências Bibliográficas

Bittencourt, G. (2001) “Inteligência Artificial – Ferramentas e teorias”, 2ªed. Editora da UFSC, Florianópolis, SC.

Tavares, C. A.Jr. (2005) “Estudo e Implementação Sistema Especialista aplicado ao Diagnóstico Etiológico de Anemia”, monografia desenvolvida na FACICS, Barbacena, MG.

Prado, F., Ramos, J., Vale, J. R. (2001) “Atualização Terapêutica”, 20ªed. Editora Artes Médicas.

Sinta, Expert. (1996) “Expert SINTA – Uma ferramenta visual para criação de sistemas especialistas –Versão 1.1– Manual do Usuário”. – Laboratório de Inteligência Artificial /LIA – UFC, CE.

Melo, R. C. de, Motta, E. da S., Pellegrini, N. M. B. (2005) “Inteligência Artificial. Sistemas Especialistas”.
http://www.geocities.com/taxonomia_ucb/sistemas_especialistas.html, Agosto.

Fontelonga, A.(2001) “MNI Médicos na Internet”. <http://saudenainternet.pt/guia>, Setembro.

Dapper, C. D., Strauss, L. M., Leiria, R., Furlaneto, T. M. (2003) “Introdução ao Estudo dos Sistemas Especialistas”.
<http://www.inf.unisinos.br/~cazella/dss/SistemasEspecialistas.pdf>, Setembro.

(2004) “Sistemas Especialistas” http://www.iazoom.com.br/sistemas_especialistas.htm, Agosto.

Alunos do curso de Computação da Unimontes. “Inteligência Artificial”
<http://www.biocomputer.vilabol.uol.com.br/inteligenciartificial.htm>, Agosto.

Seção 14 “Distúrbios do Sangue”, Capítulo 160 “Distúrbios Mieloproliféricos”.
http://www.msd-brazil.com/content/patients/manual_Merck/mm_sec14_160.html,
Setembro.

Fávero, A. J. (2005) “Sistemas Especialistas”.
<http://www.din.uem.br/ia/especialistas/index.html> , Agosto

Vaz, F. F., Raposo, R. “Visão Geral sobre Inteligência Artificial”
<http://www.nce.ufrj.br/ginape/publicacoes/trabalhos/RenatoMaterial/intelartf.htm>, Outubro.

Barsa Planeta, Inc. (2005) “Inteligência Artificial: as máquinas pensantes”.
<http://www.miniweb.com.br/Atualidade/Tecnologia/Artigos/Inteligencia.html>, Setembro.