

# Aplicação da informática para auxiliar a agricultura

Eliane Pozzebon, Maria Aparecida Fernandes Almeida, Daniel Rodrigues, Anderson Luiz Fernandes Perez

**Resumo** — Este artigo pretende contribuir com o desenvolvimento de aplicações da Informática na Agricultura para a melhoria da qualidade da produção. Apresenta a concepção de um sistema especialista baseado em regras, que se destina ao auxílio no diagnóstico de doenças que geralmente atacam macieiras e maçãs. O protótipo do sistema é resultado de um estudo sobre o ciclo de vida de sistemas especialistas que certamente auxiliarão nas tomadas de decisões de como o projeto deve ser desenvolvido, nos fazendo abstrair o que realmente é importante, qual passo deve ser seguido e como executá-lo.

**Palavras-chave** — Sistemas especialistas, agricultura, diagnóstico de doenças, maçãs e macieiras.

## I. INTRODUÇÃO

Desde a metade dos anos 70, o Brasil transformou-se em um grande produtor de maçãs, existindo inclusive, inúmeras variedades da fruta desenvolvidas no próprio país, tais como a Rainha, a Soberana e a Brasil. Em suas variedades, os frutos da macieira podem ser distinguidos e agrupados por suas qualidades e sabor, tamanho, forma, aparência e consistência da polpa e da casca, e por suas distintas utilidades.

Além da importância dos tratos culturais, existem rigorosas normas de classificação e controle de qualidade para maçãs. Estas normas têm por objetivo definir as características de identidade, qualidade, acondicionamento, embalagem e apresentação da maçã para fins de comercialização, destinadas ao consumo em estado fresco (in natura).

Estes dados apontam para um grande interesse e a utilidade de um sistema especialista (SE) no auxílio à qualidade da produção de maçãs.

Este trabalho pretende contribuir com o desenvolvimento de aplicações da informática na agricultura, do qual destina -se ao auxílio no diagnóstico de doenças que atacam macieiras.

## II. SISTEMAS ESPECIALISTAS

Os Sistemas Especialistas (SE) são a principal aplicação do paradigma simbólico da Inteligência Artificial (IA). Os SE são sistemas computacionais que devem apresentar um comportamento semelhante a um especialista humano em um determinado domínio, conforme citado [9].

Eliane Pozzebon, [eliane@das.ufsc.br](mailto:eliane@das.ufsc.br), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC – PGEEL – DAS - LCMI) ; Maria Aparecida Fernandes Almeida, [mafa@pucminas.br](mailto:mafa@pucminas.br), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMinas); Daniel Rodrigues da Silva, [daniel@tortelli.com.br](mailto:daniel@tortelli.com.br), Universidade Planalto Catarinense (UNIPLAC) ; Anderson Luiz Fernandes Perez, [anderson@inf.ufsc.br](mailto:anderson@inf.ufsc.br), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC – INE PGCC ) e UNIPLAC.

Inicialmente, a estrutura básica dos SE eram desenvolvidas imaginando-se que a resolução dos problemas era feita através de um computador digital. Atualmente, em vez de definir o SE dando sua estrutura de implementação, é melhor se definir independente da maneira que ele vai ser implementado [1]. Os SE podem ser implementado através de inteligência artificial simbólica (IAS) com manipulação simbólica; inteligência artificial conexionista (IAC) a implementação é feita com o paradigma de Redes Neurais Artificiais [4] e sistemas híbridos que podem ser utilizados paradigmas como simbólico, conexionista e evolutivo [3].

Um SE pode e deve se possível reunir o conhecimento de vários especialistas humanos diferentes. São bases de conhecimento individuais. Algumas propriedades desejáveis de um SE são encontradas na literatura [2] [9]:

*Aprendizado:* O SE deverá ser capaz de aprender. As técnicas de aprendizado são utilizadas por programas que conseguem em cima de uma base de conhecimentos e mudar esta base de conhecimento de acordo com a sua utilização. Deve-se utilizar as técnicas de manter a verdade, ou seja, quando se introduzir um novo conhecimento na base de conhecimento, este deve ser testado para verificar se entra em conflito com outros já existentes. A manipulação de informações simbólicas permite analisar ilustrações, desenhos símbolos na tela do computador, diagramas, etc..

*Explicação:* Um SE deve ser capaz de explicar seu raciocínio, ou seja como um programa chega a uma conclusão. Quais os passos que ele tomou, desde o início até a finalização, com explicações para cada passo. Essa característica é muito importante, pois assim o usuário tem acesso ao mecanismo de raciocínio do sistema, de forma que sua validação se torna mais aceitável. É desejável que tenha uma interface em linguagem natural.

*Disponibilidade:* O programa deve funcionar de maneira autônoma e ser disponível para o uso. Os SE têm a capacidade de absorver e armazenar o conhecimento humano, evitando que ele se perca com o passar do tempo.

*Robustez :* Um programa é robusto se a variação dos dados não alterar muito o comportamento do programa. Neste caso, o uso de abordagens como a lógica nebulosa é útil para dar robustez ao programa, pois permite tratar com um tipo de imprecisão. Uma característica altamente relevante para os SE é o recurso de trabalhar com imprecisões e incertezas. Assim, problemas cujo conhecimento seja incompleto ou não inteiramente precisos, podem ser resolvidos por meio da satisfação e da heurística.

*Similaridade:* É uma propriedade intrínseca a sua própria definição, similar ao especialista humano. Dentre os primeiros SE se cita o MYCIN de Shortlife [11] para diagnóstico de doenças infecciosas do sangue, que sugeria uma separação entre a base de conhecimento e o modo de manipulação da base de conhecimento.

Para que um sistema seja realmente considerado especialista, ele deve apresentar as propriedades características citadas. Entretanto, as citadas neste sistema influenciam positivamente na decisão de desenvolver um sistema especialista. Porém, existem as características negativas, que limitam a sua utilidade, a maioria tem a ver com custos, complexidade e controle. Segundo Stair [10] dentre as características consideradas negativas tem-se:

Um SE baseado em regras funciona através da comparação das regras com casos semelhantes e de outras formas. Ele não consegue, por exemplo, funcionar mesclando regras e casos. Isso pode limitar sua capacidade de resolver problemas.

O conhecimento presente em um SE precisa ser refinado constantemente, para que sua qualidade seja mantida. Atualmente, é necessário que o Engenheiro do Conhecimento faça este trabalho, pois os SE não tem a capacidade de absorver novas regras diretamente, nem eliminar regras redundantes ou contraditórias.

Problemas inerentes à Engenharia de Programas: Aceitabilidade, dificuldade de utilização por usuários e dificuldade com a manutenção do programa.

Além dessas, uma outra característica marcante nos SE é que eles não estão livres de erros. Mesmo que o conhecimento seja absorvido de forma exata, e na programação não haja erros, um SE pode resultar em erros, devido a sua complexidade de funcionamento [7].

### III. REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO NOS SE

O desenvolvimento da lógica formal no século XIX ofereceu uma notação precisa para declarações sobre todas as coisas do mundo e suas relações. Os programas de computadores podem tomar uma descrição em lógica e encontrar a solução do problema, se ela existir.

Em termos de computabilidade, se não há solução para o problema ele nunca pára e em termos de complexidade, o tempo e recursos necessários para resolver determinado problema podem crescer de tal maneira que seja inviável sua resolução. Geralmente, os problemas em IA são NP-completos [2]. Observando estes critérios e as representações do conhecimento utilizando a lógica clássica da IA simbólica verifica-se quais são as regras de raciocínio válido.

Uma primeira maneira de representar o conhecimento no SE proposto é a utilização de regras do tipo: SE condição ENTÃO ação ou conclusão. Deve-se notar que a ação é uma ordem e a conclusão é uma prova. Quando se coloca uma regra dentro de uma base de conhecimento, por exemplo;  $A \Rightarrow B$ .

Supõe-se que esta regra é verdade, pois dentro de uma base de conhecimento numa fórmula lógica não se tem valores de

verdade e falso. Dentro de uma base de conhecimento pode-se ter várias regras [11]. Além desta representação pode-se construir outras representações para um problema. Outras representações podem utilizar redes semânticas (relações e conceitos) num grafo semântico ou molduras cuja idéia é colocar uma estrutura complexa que define toda uma situação de algo [3].

O SE, aqui proposto, utiliza como modelo de representação do conhecimento um *Sistema de Produção*.

Definição 1: Um Sistema de Produção *SP* é definido como uma quádrupla:  $S_p = \langle R, E, e_0, F \rangle$ , onde: *R* é um conjunto de regras; *E* é um conjunto de estados;  $e_0$  é o estado inicial; *F* é o conjunto de estados finais.

As regras são constituídas de um lado esquerdo (um padrão) que determina a que estados a regra pode ser aplicada, e um lado direito, que descreve a transformação a ser aplicada aos estados que se encaixam no padrão, originando novos estados.

São estruturas do tipo: SE <condição> ENTÃO <ação>, onde: <condição> estabelece um teste cujo resultado depende do estado atual da base de conhecimento. Tipicamente o teste verifica a presença ou não de certas informações na base.

<ação> altera o estado atual da base de conhecimento, adicionando, modificando ou removendo unidades de conhecimento presentes na base.

A base de conhecimentos é constituída de inúmeras regras utilizando os operadores E, OU ou NÃO.

### IV. O CONCEITO DE CICLO DE VIDA DE UM SE BASEADO EM REGRAS

Grande parte do esforço de desenvolver um sistema especialista se encontra na elicitacão do conhecimento, ou seja, como capturar e utilizar o conhecimento de um ser humano em uma aplicação computacional. Essa é uma tarefa realmente importante, mas para que ela resulte em um bom sistema especialista, o mesmo deve ser desenvolvido utilizando técnicas que considerem todo o universo que o cerca, desde o início do projeto até a morte do programa.

Essas técnicas envolvem o ciclo de vida de um programa, aumentam a sua qualidade e facilitam a sua manutenção.

Um ponto, considerado muito importante, é a avaliação do sistema no que diz respeito a sua utilidade. O sistema aqui proposto é tratado segundo o conceito de "Ciclo de Vida de um SE baseado em regras" e as linhas guias podem ser encontradas em [2].

Como qualquer programa, fases do ciclo de vida de um SE podem ser descritas como:

**Análise de Oportunidades:** É o estudo dos problemas relevantes a serem tratados pelo SE.

**Análise Funcional:** Após saber se o SE tem uma potencial comunidade de usuários, torna-se necessário saber que funcionalidades são desejadas deste SE.

**Conceituaçãõ:** Criação do modelo capaz de resolver o problema, incluindo a definição das ferramentas a serem utilizadas;

**Elicitação do conhecimento:** Obtenção do conhecimento do especialista pelo Engenheiro do Conhecimento.

**Implementação:** Desenvolvimento construtivo do sistema utilizando alguma linguagem e/ou ferramenta de programação.

**Teste do SE:** É a utilização de problemas e soluções propostas por especialista diferentes das usadas para construir a base de conhecimentos e comparando as respostas do SE com o especialista.

**Manutenção:** É a atualização da base de conhecimentos, melhoria da interface.

**Morte:** Termina o ciclo de vida.

No SE aqui proposto, a *Análise de Oportunidades* apontou para o desenvolvimento do protótipo para auxílio ao diagnóstico de doenças em macieiras. Um estudo das principais doenças e pragas que atacam as macieiras e portanto as maçãs são a base da *Análise Funcional* deste SE. Na etapa de *Conceituação* é criado o modelo do sistema englobando os aspectos e características do conhecimento obtido no sistema. Nesta fase, nota-se a utilidade de um protótipo para o ensino e treinamento através de dados obtidos em situações reais [6].

A *Elicitação do Conhecimento*. A base de conhecimentos é desenvolvida com auxílio de especialistas humanos (agricultores, empresários do setor, outros). A base de conhecimentos foi dividida levando em consideração os aspectos físicos das folhas, ramos e frutos das macieiras.

Outro próximo passo realizado foi a *Implementação*. A linguagem escolhida é *Object Pascal* e a ferramenta de desenvolvimento é *Borland Delphi 5*. Também existe a possibilidade de inclusão de bibliotecas prontas da Ferramenta *Expert Sinta* [5] para inclusão de características adicionais no desenvolvimento do SE. Um banco de imagens com variações dos ataques das doenças nos frutos foi montado para inclusão no sistema.

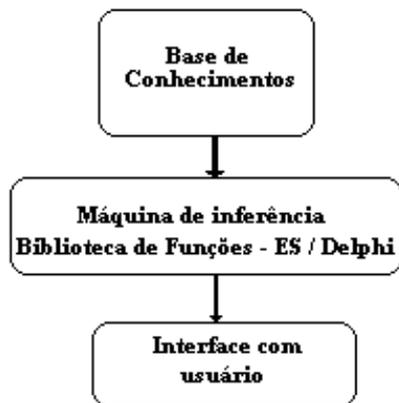


Figura 1 : Arquitetura do Sistema  
(Fonte: Silva, Pozzebon, Almeida [9])

A Figura 1 mostra um diagrama simplificado da arquitetura do sistema. Vale ressaltar que a base de conhecimentos é dividida em aspectos físicos da árvore, aspectos físicos da fruta e doenças.

Na *análise funcional*, foi definido que o usuário escolhe uma base de conhecimentos e responde a uma seqüência de questões inseridas em telas e menus, e o sistema fornece

respostas pela manipulação de regras através do motor de inferência (produzido com objetos do *Delphi* e bibliotecas de funções do *Expert Sinta* [5].

Como os SE devem ser auto-explicativos [3] e uma ajuda sensível ao contexto deverá permitir uma melhoria na qualidade do programa e a interface com o usuário. Basicamente, após a abertura do programa, o usuário será conduzido a uma tela onde poderá escolher as bases de conhecimentos para os tipos de doenças abordados. Após a escolha da base de conhecimentos o usuário pode iniciar a consulta ao sistema. Assim, diversas caixas de diálogo irão aparecendo com as opções sobre o estado geral da macieira e sobre os aspectos das folhas, caules e frutos das maçãs produzidas. As regras são habilitadas conforme as escolhas das opções nas telas de interface com usuário.

## V. PROTÓTIPO IMPLEMENTADO - SEMAÇA

Um protótipo inicial, denominado Semaça - Sistema Especialista para Auxílio ao Diagnóstico de Doenças em Macieiras, oferece suporte ao treinamento na identificação de algumas doenças, escolhidas pelo seu grau de importância. A utilização do SE em situações de treinamento permite aos usuários a familiarização com situações simples, hipotéticas, com o diagnóstico de doenças envolvendo maçãs.

Quanto as ferramentas para desenvolvimento de sistemas especialistas pode-se citar como exemplo de *shells* de SE atualmente em uso o *Babylon*, *Expert Elements Environment*, *RT-Expert*, *WindExS*, *Mobal*, *FOCL*, e o *Expert Sinta*. O protótipo implementado neste trabalho teve sua base de conhecimento construída com a utilização da *shell Expert Sinta*.

### Base de regras

Como citado anteriormente, a base de regras deste protótipo foi implementada no shell *Expert Sinta*. Para criar uma base de regras no *Expert Sinta*, é necessário seguir os passos de criação de uma base de regras neste shell, que podem ser encontrados completamente descritos em GRUPO SINTA [6].

### Interface com o usuário

Após a criação da base de regras, o protótipo foi implementado na ferramenta de desenvolvimento *Delphi*. Para aproveitar a base de regras criada no *Expert Sinta*, foi utilizado a *VCL (Visual Component Library) Expert Sinta*, que permite a importação da base de regras para um aplicativo padrão *Windows*. O SE possui funções básicas como:

**Nova Consulta:** Esta função faz com que o SE inicie uma nova consulta (figura 2) à base de regras. É a principal função do SE. O procedimento para se fazer uma consulta é descrito abaixo.

Ao iniciar uma consulta, o usuário deve escolher a região da macieira onde observou os sintomas, e então clicar no botão *Próximo*.



Fig. 2: Inicializando a área de trabalho do Semaça.

O Botão *Fechar* encerra a consulta. Feito isso, o SE começa uma série de perguntas sobre possíveis sintomas que a macieira pode apresentar. O usuário responde estas perguntas, sempre escolhendo uma entre as respostas apresentadas, conforme figura 4.

Ao término das perguntas, é exibido a janela com o resultado da consulta, indicando a(s) doença(s) que o SE diagnosticou.

**Base de Regras:** o usuário pode visualizar a base de regras do sistema especialista, abaixo um exemplo de tela apresentada no decorrer da consulta que utiliza a base de regras.

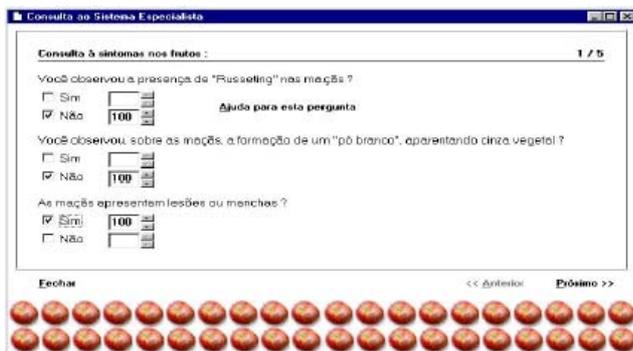


Fig 4 - Semaça, decorrer da consulta.

**Fotos:** o usuário pode visualizar fotos (folhas e frutos) de macieiras atacadas pelas doenças que o SE pode diagnosticar, conforme a figura 5.

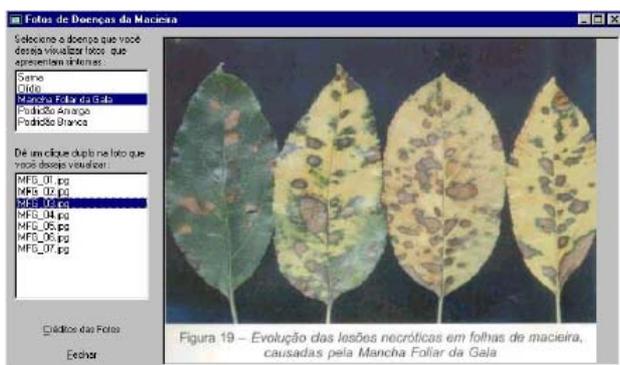


Fig. 5. Exemplo de foto de Doenças nas folhas da Macieira.

Os testes estão sendo realizados por grupos distintos de usuários : Professores da área da IA, Professores da área da fruticultura e Produtores de maçã.

## VI. CONCLUSÃO

Através da realização deste trabalho, pôde-se concluir que os SE são aplicações que podem ser utilizadas pelas mais diversas áreas, desde que disponham de um conhecimento técnico e especialista. Na área da agricultura os SE podem ser aplicados perfeitamente como ferramenta auxiliar ao diagnóstico de doenças das maçãs e macieiras.

Com relação à aplicação proposta para o SE desenvolvido, o auxílio ao diagnóstico de doenças em macieiras, conclui-se que sua aplicação pode ser de grande valia para produtores de maçã, que teriam uma ferramenta auxiliar para a melhoria na qualidade da produção. Pode ajudar técnicos e engenheiros agrícolas com conhecimento especialista na área de doenças da macieira, sendo utilizado com o suporte para a tomada de decisões na hora de diagnosticar qual doença determinada situação apresentou.

Na área educacional também é visualizada uma aplicação para o SE desenvolvido. Cursos voltados ao ensino da fruticultura e da fitopatologia podem usar o SE como ferramenta de ensino do diagnóstico de doenças em macieiras.

## REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, M. A. F. (1999) Aprender, atividade inteligente: e se esta inteligência for parcialmente artificial? ,115 f. Tese (Mestrado em Ciência da Computação) - Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFSC, Florianópolis.
- [2] BARRETO, J.M. (2001) Inteligência Artificial no Limiar do Século XXI, Florianópolis,SC
- [3] BARRETO, J. M. (1995) "Notas de aulas da disciplina Lógica Nebulosa", Mestrado em Engenharia Biomédica, GPEB, Universidade Federal de Santa Catarina.
- [4] FISHER, I. (2001) "Florada da Maçã", Fraiburgo, URL: <http://www.fischerfraiburgo.com.br/produdp.htm#florada>.
- [5] GALLANT, S. (1988) "Connectionist Expert Systems", Communications of ACM, vol.31, no. 2. February.
- [6] GRUPO SINTA (1996) - Sistemas Inteligentes Aplicados, Expert Sinta V.1.1 Manual do usuário. Universidade Federal do Ceará.
- [7] NETO, W. C. B. (2000) "Sistema especialista para diagnóstico de doenças infecto-contagiosas em bovinos e eqüinos", SEVET. 2000, 12 f., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- [8] RURAL NEWS. (2001) "Maçãs", URL: <http://ruralnews.terra.com.br/agricultura/frutas/maca.htm>.
- [9] SILVA, D R; POZZEBON, E; ALMEIDA, M A F. SEMAÇA(2002) Sistema Especialista para Auxílio no diagnóstico de doenças da maçã e macieiras. In: SIPM 2002 III Simpósio de Informática Planalto Médio , UPF - Passo Fundo - RS.
- [10] STAIR, R. M. (1998) "Princípios de sistemas de informação - uma abordagem gerencial". Ed.LTC.
- [11] SHORTLIFE, E.H. (1974) "Mycin: A rule-based computer program for advising physicians regarding ant microbial therapy selection", Stanford University, California.