

**Sistema especialista para diagnóstico do uso do solo em atividades agropecuárias****Specialist system for diagnosing the potential of land use for agricultural activities**

DOI:10.34117/bjdv6n7-752

Recebimento dos originais: 28/06/2020

Aceitação para publicação: 28/07/2020

**Rodes Angelo Batista da Silva**

Formação: Doutoranda em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil

E-mail: rodesangel@gmail.com

**Héilton Pandorfi**

Formação: Doutor em Física do Ambiente Agrícola pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil

E-mail: hpandof@hotmail.com

**Gledson Luiz Pontes de Almeida**

Formação: Doutor em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil

E-mail: gledson81@hotmail.com

**Pedro Henrique Dias Batista**

Formação: Doutorando em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil

E-mail: giga\_pedro@hotmail.com

**Marcos Vinícius da Silva**

Formação: Doutorando em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil

E-mail: macolino\_14@hotmail.com

**Nicole Viana da Silva**

Formação: Graduanda em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil

E-mail: nicollevianasilva@gmail.com

**Taize Calvacante Santana**

Formação acadêmica: Mestranda em Engenharia Agrícola  
Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil  
E-mail: taizehaes@gmail.com

**Wesley Amaro da Silva**

Formação acadêmica: Mestrando em Engenharia Agrícola  
Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil  
E-mail: wesleyamaro.s@gmail.com

**Maria Vitória Neves de Melo**

Formação acadêmica: Graduanda em Engenharia Agrícola  
Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil  
E-mail: vitorianesss@outlook.com

**Ingrid do Nascimento Bezerra**

Formação acadêmica: Graduanda em Engenharia Agrícola pela  
Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil  
E-mail: ingridnascimentob@hotmail.com

**Maria Eduarda Gonçalves de Oliveira**

Formação acadêmica: Graduanda em Engenharia Agrícola  
Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil  
E-mail: dduda.oliveira@hotmail.com

**Nicolý Farias Gomes**

Formação acadêmica: Doutoranda em Engenharia Agrícola  
Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil  
E-mail: nicoly\_farias@hotmail.com

**Adriel Sales Coutinho**

Formação acadêmica: Mestrando em Engenharia Agrícola  
Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Endereço: Rua Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife – PE, Brasil  
E-mail: adriel\_sales2009@hotmail.com

**RESUMO**

As características químicas, físicas e biológicas do solo são importantes informações para identificar o potencial do uso do solo para a atividade agropecuária. Neste contexto, objetivou-se com esta pesquisa utilizar técnicas de inteligência artificial para o desenvolvimento de um sistema especialista aplicado ao diagnóstico do potencial do uso do solo para a atividade agropecuária. As etapas do modelo de desenvolvimento consistiram no planejamento, na definição do conhecimento, na representação computacional em planilha eletrônica e na codificação do sistema. A metodologia abordada foi do tipo quantitativa, utilizando o software Expert SINTA. As categorias empregadas na composição da representação computacional do conhecimento foram divididas em seis classes distintas, como a textura do solo, a disponibilidade de água, a inclinação do terreno, a profundidade do solo, a coloração do solo e as possibilidades de exploração agropecuária. Foram geradas 32 regras de exploração agropecuária, que descreveram distintas combinações de possibilidade de utilização do solo. A verificação do SE comprovou as expectativas quanto ao seu funcionamento, comparando-se o resultado da consulta realizada pelo usuário e a árvore de possibilidades preparada na fase de planejamento pelo especialista. O 'Sistema Pericial IA' aumentou de forma significativa a acurácia e a precisão na tomada de decisão, servindo de base para o desenvolvimento de um sistema mais robusto, que possa ser utilizado por técnicos e profissionais da área.

**Palavras-chave:** aprendizado de máquina, inteligência artificial, planejamento agropecuário.

**ABSTRACT**

As chemical, technical and biological characteristics of the soil, important information is needed to identify the potential use of the soil for an agricultural activity. In this context, the objective of this research is to use artificial intelligence techniques for the development of a specialist system, applied to the diagnosis of the potential use of soil for an agricultural activity. As the stages of the development model consisted of planning, knowledge definition, computational representation in electronic planning and system coding. The methodology used was of the quantitative type, using the Expert SINTA software. As categories used in the composition of the computational representation of knowledge, they were divided into six distinct classes, such as soil texture, water availability, terrain slope, soil depth, soil color and possibilities for agricultural exploitation. 32 rules of agricultural exploitation were generated, which describe the combinations of possibilities of land use. The SE verification confirmed the expectations regarding its functioning, comparing the result of the consultation carried out by the user and a tree of possibilities prepared in the planning phase by the specialist. The 'AI Expert System' significantly increased precision and accuracy in decision making, serving as a basis for the development of a more robust system, which can be used by technicians and professionals in the field.

**Keywords:** machine learning, artificial intelligence, agricultural planning.

**1 INTRODUÇÃO**

Avaliar a qualidade do solo é uma importante estratégia para definir práticas e sistemas de manejo capazes de manter ou melhorar a sustentabilidade na produção agrícola (CHERUBIN et al., 2015). Diante disso, no início da década de 1990, houve um aumento da conscientização da importância do solo para a qualidade ambiental, por meio de estudos que abordam a preocupação com a degradação dos recursos naturais, o equilíbrio ecológico e a função do solo nesse contexto (CARDOSO et al., 2013).

Com o avanço da tecnologia, ferramentas computacionais são cada vez mais utilizadas para apoiar a resolução de problemas de áreas distintas, tais como medicina, biologia e engenharia. Dessa forma, o desenvolvimento de sistemas inteligentes capazes de resolver e/ou apoiar ações que envolvem alto nível de especialização e conhecimento, tem se tornado um tema de interesse e amplamente explorado, tanto no meio científico, quanto nos meios de produção.

A utilização de sistemas especialistas permite simular a atuação de especialistas humanos pelo emprego de métodos de Inteligência Artificial e amplo conhecimento em problemas específicos. Nesse cenário, a inteligência artificial (IA) está sendo cada vez mais utilizada pelo homem, seja na busca por soluções de problemas reais ou no auxílio à tomada de decisão. Os chamados sistemas especialistas (SE) utilizam técnicas de IA para reproduzir o raciocínio de um especialista humano, voltado ao processo de tomada de decisão (REZENDE, 2003).

Diversos sistemas especialistas vem sendo desenvolvidos ao longo dos anos, dentre eles destaca-se o estudo de Chilausky, Jacobsen e Michalsk (1976) que foram os pioneiros no desenvolvimento de sistemas especialistas aplicados ao diagnóstico de desordens na agricultura. Uchôa et al. (2010) desenvolveram um sistema especialista capaz de lidar com uma ampla gama de desordens do citros, incluindo 3 doenças, 40 pragas e 34 fatores abióticos. Outro sistema dedicado a cana de açúcar, teve por objetivo o diagnóstico de 50 tipos de desordens, referentes a estresses bióticos e abióticos (Hasan et al., 2015).

A ferramenta computacional Expert SINTA é um recurso que emprega um modelo que reproduz o conhecimento fundamentado em regras de probabilidade e produção, simplificando o trabalho para implementar o sistema especialista pela utilização de um mecanismo de dedução compartilhado, da geração de menus e telas automaticamente, da avaliação estatística das regras de produção e do emprego de interpretações sensíveis ao ambiente da base modelada (NOGUEIRA et al., 1996).

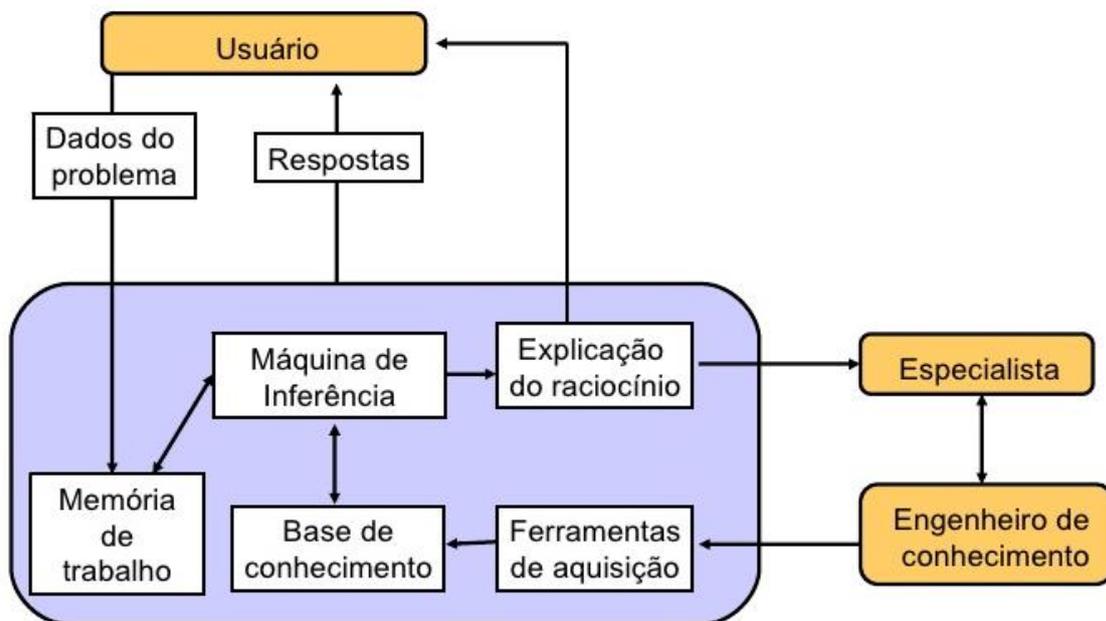
Neste contexto, objetivou-se com esta pesquisa utilizar técnicas de inteligência artificial para o desenvolvimento de um sistema especialista aplicado ao diagnóstico do potencial do uso do solo para a atividade agropecuária.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O modelo de sistema especialista (SE) desenvolvido nesta pesquisa foi fundamentado na associação dos preceitos básicos dos processos de desenvolvimento de software, como análise de requisitos, modelagem e codificação do sistema com o processo de execução específico para a construção de SEs (GIARRATANO; RILEY, 1998).

O SE foi formado pela base de conhecimento, máquina de inferência e interface com o usuário. A base de conhecimento foi composta por uma série de regras, fatos e heurísticas relacionada ao conhecimento do especialista para a construção do sistema. A máquina de inferência teve a função de conduzir a busca pelas regras que foram armazenadas na base de conhecimento analisadas. A interface com o usuário garantiu a interação entre o usuário e o SE no decorrer do processamento (Figura 1).

Figura 1. Arquitetura de um sistema especialista.



As etapas do modelo de desenvolvimento consistiram no planejamento (análise dos requisitos), na definição do conhecimento, na representação computacional do conhecimento (base de regras) em planilha eletrônica e na codificação do sistema especialista (REZENDE, 2004).

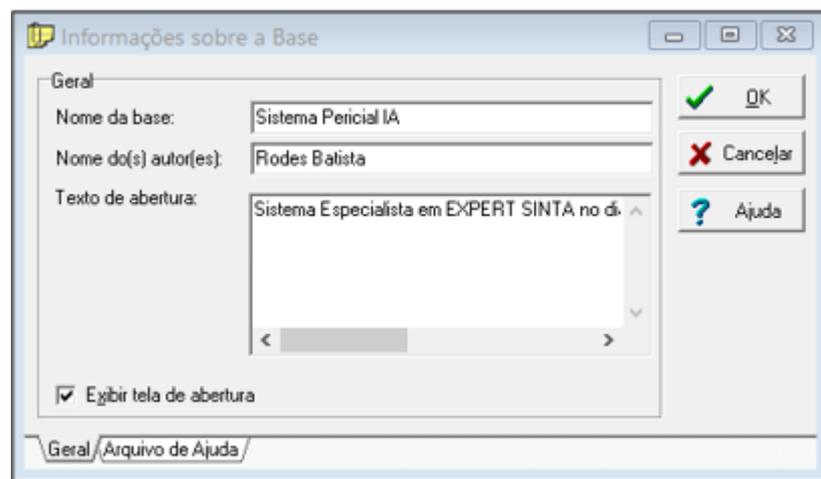
A metodologia abordada foi do tipo quantitativa, utilizando o software Expert SINTA. Efetuou-se a simulação utilizando o conhecimento de um especialista na área de solos. As características do funcionamento do Expert SINTA, caracteriza-se pelo encadeamento para trás (backward chaining), fatores de confiança, ferramentas de depuração e inclusão de ajudas on-line para cada base. Também proporciona ao desenvolvedor a execução da base de conhecimento num menor tempo e um melhor aproveitamento por parte do usuário final, ao permitir a inclusão de hipertextos explicativos sobre as possíveis soluções encontradas pelo sistema.

As categorias empregadas na composição da representação computacional do conhecimento foram divididas em seis classes distintas como a textura do solo, a disponibilidade de água, a inclinação do terreno, a profundidade do solo, a coloração do solo e as possibilidades de exploração agropecuária. Assim, num primeiro momento foi criada uma árvore de possibilidades (Figura 1)

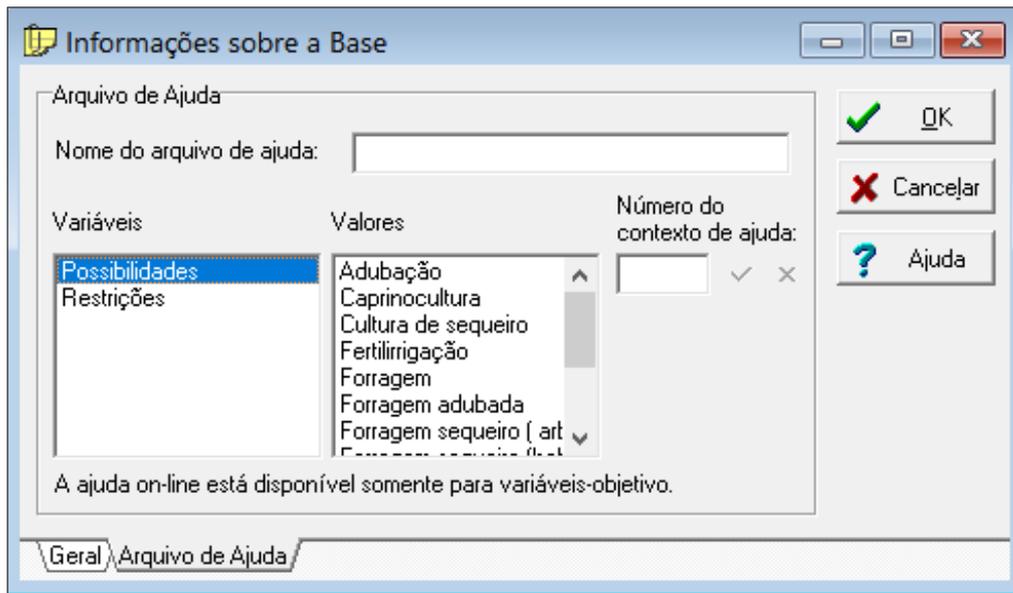
O processo de implementação das regras associadas as possibilidades de exploração agropecuária foram divididas em duas fases: definição das variáveis e valores envolvidos e; definição das regras, baseado em regras de produção e probabilidade, por meio da linguagem de programação Delphi 3.0

O início da criação do sistema teve início com a inserção de informações da base de conhecimento, com o nome da base, nome do autor (Figura 2 A) e informações sobre a base (Figura 2 B). Na aba arquivo de ajuda foram inseridas duas variáveis, possibilidades e restrições. Estas variáveis constituem-se de grande importância, pois, atribuem alguns valores que auxiliam o sistema na tomada de decisão.

Figura 2. Informações sobre a base de conhecimento com identificação da base (A) e arquivo de ajuda (B)  
A.

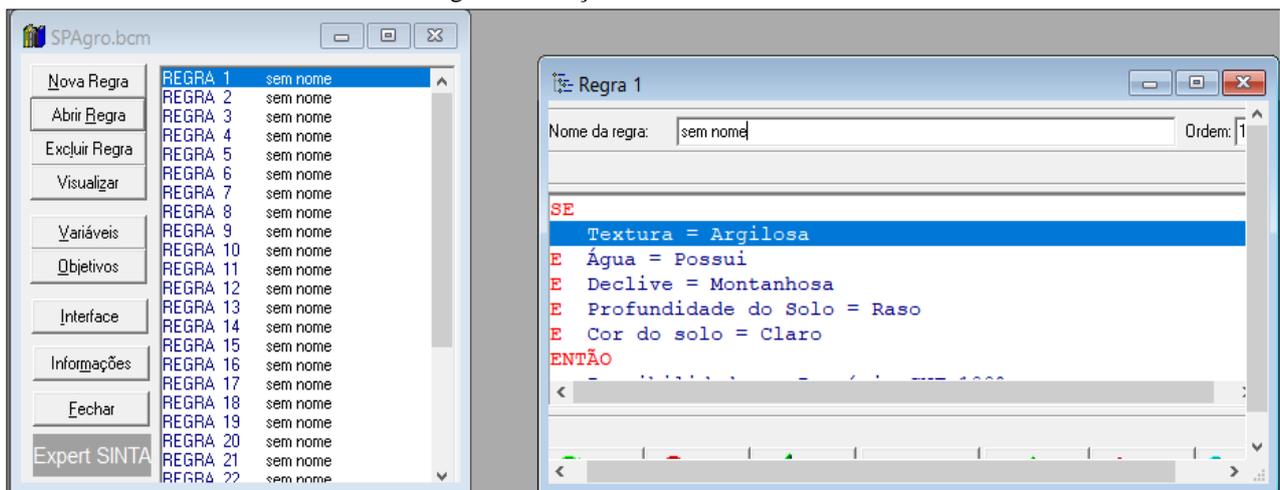


B.



A partir das variáveis definidas na Figura 3, foram geradas 32 regras de produção (exploração agropecuária) que descrevem as distintas combinações de valores (indicativo de possibilidade de utilização do solo) para cada variável. O emprego da base de regras foi a opção mais simples e compreensível para sinalização das possibilidades de uso do solo, além de se aproximar do modelo de raciocínio humano.

Figura 3. Criação de todas as variáveis



A fase de avaliação dividiu-se em validação e verificação. Na fase de avaliação três grupos de pessoas, classificados em função de níveis de conhecimento na área de solos. O primeiro grupo foi composto por 6 pessoas, 2 acadêmicos do curso de Pós-Graduação em Agronomia, atuantes na área de solos, 3 acadêmicos do curso de Pós-Graduação em Agronomia, ligados diretamente à área de solos, uma analista de Laboratório. O segundo grupo foi composto por 6 acadêmicos de Pós-Graduação, sem prática na área. O terceiro grupo foi composto por 6 acadêmicos de graduação em Agronomia.

Para os dados relativos ao diagnóstico de uso do solo pelos usuários, com e sem o apoio do programa, verificou-se as porcentagens de acerto. Na fase de verificação foi comparada a árvore criada pelo software através do histórico ao fim da consulta, com a árvore de possibilidades criada na fase de planejamento do SE pelo especialista.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente definiu-se como domínio de conhecimento do sistema especialista (SE) as características do solo em relação as suas possibilidades de uso. Na sequência foram identificadas as principais variáveis que determinaram as características preponderantes do solo para escolha da exploração agropecuária. Dentre as variáveis selecionadas destacou-se a coloração do solo (claro ou escuro); a existência de fonte de água (possui ou não possui), o declive (várzea ou montanhoso), a profundidade do solo (raso ou profundo) e a sua textura (argilosa ou arenosa). Essas variáveis em conjunto com as possibilidades e restrições, constituíram as principais informações para determinação do potencial do uso do solo e das condições de trabalho de um determinado ambiente.

De acordo com os valores selecionados pelo usuário durante a consulta, o programa identificou e apresentou ao usuário as possibilidades de utilização da área disponível, com a indicação da melhor possibilidade de uso. Ao iniciar a consulta ao sistema especialista, o usuário se deparou com telas de abertura com perguntas que ele respondeu de maneira conversacional (Figura 4).

Figura 4. Interface sistema-usuário

The image shows a screenshot of a software interface titled "Sistema Pericial IA". The main window displays a question: "Qual a textura do solo?" (What is the soil texture?). Below the question, it says "(Marque somente uma alternativa)" (Mark only one alternative). There are two radio button options: "Argilosa" (checked) and "Arenosa" (unchecked). To the right of the options, there is a field labeled "Grau de Confiança %:" (Confidence Level %). At the bottom of the dialog, there are two buttons: "OK" with a green checkmark icon and "Por que?" (Why?) with a question mark icon.

Sistema Pericial IA

**Tem alguma fonte de água nas proximidades?**  
(Marque somente uma alternativa)

Opção: \_\_\_\_\_ Grau de Confiança %:

Possui 100

Não possui

OK Por que?

Sistema Pericial IA

**Qual é a topografia do terreno?**  
(Marque somente uma alternativa)

Opção: \_\_\_\_\_ Grau de Confiança %:

Varzea 100

Montanhosa

OK Por que?

Sistema Pericial IA

**O solo é raso ou profundo?**  
(Marque somente uma alternativa)

Opção: \_\_\_\_\_ Grau de Confiança %:

Raso 100

Profundo

OK Por que?

Sistema Pericial IA

**Qual o valor de Cor do solo ?**  
(Marque somente uma alternativa)

Opção: \_\_\_\_\_ Grau de Confiança %:

Claro 100

Escuro

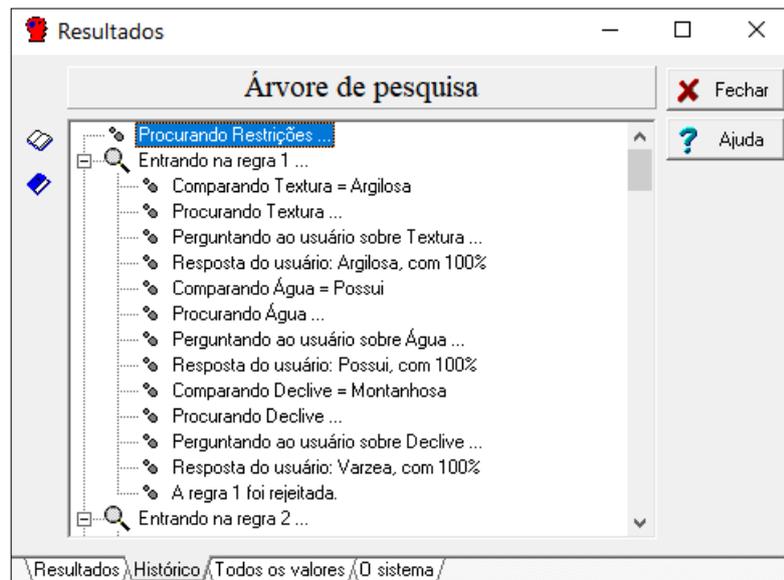
OK Por que?

Para a variável possibilidades foram criadas variáveis linguísticas de atribuições como adubação, caprinocultura, cultura de sequeiro, fertiirrigação, forragem, forragem adubada, forragem de sequeiro, irrigação de alta frequência, pecuária e práticas de prevenção. Para a variável restrições, as opções foram baixa fertilidade, fertiirrigação, irrigação e máquinas agrícolas.

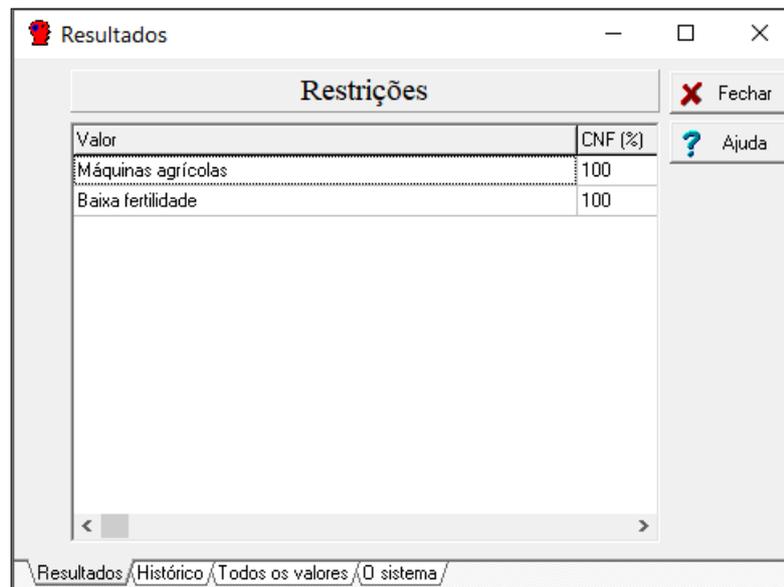
Ao final, na aba resultados foi exibida a árvore de pesquisa que apresentou o histórico de todo o funcionamento do sistema (Figura 5 A), desde a entrada do usuário até as opções de respostas escolhidas. Também foi exibido o diagnóstico para a tomada de decisão do usuário (Figura 5 B).

Figura 5. Final da consulta com a árvore de pesquisa (A) e exibição do diagnóstico para a tomada de decisão do usuário (B)

A.



B.



Na validação do 'Sistema Pericial IA', os grupos 2 e 3 apresentaram 0% de acerto no diagnóstico de uso do solo sem o auxílio do SE. Com esse resultado, comprovou-se o baixo conhecimento prático desses grupos. O grupo 1, composto por especialistas da área do

---

Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 7, p. 52180-52193 jul. 2020. ISSN 2525-8761

conhecimento contido no SE, apresentou, em média, 71,4% de acerto antes de utilizar o programa e 100% após sua utilização. Os grupos 2 e 3 apresentaram, em média, 0% de acerto antes de usar o programa e, após a sua utilização, essa porcentagem subiu, em média, para 100%, respectivamente (Tabela 1). Esses resultados indicam a correta aplicação do SE na organização e estruturação do conhecimento, pois, o problema estruturado no programa apresentou domínio de aplicação bem definido, delimitado e específico, satisfazendo as características de SEs.

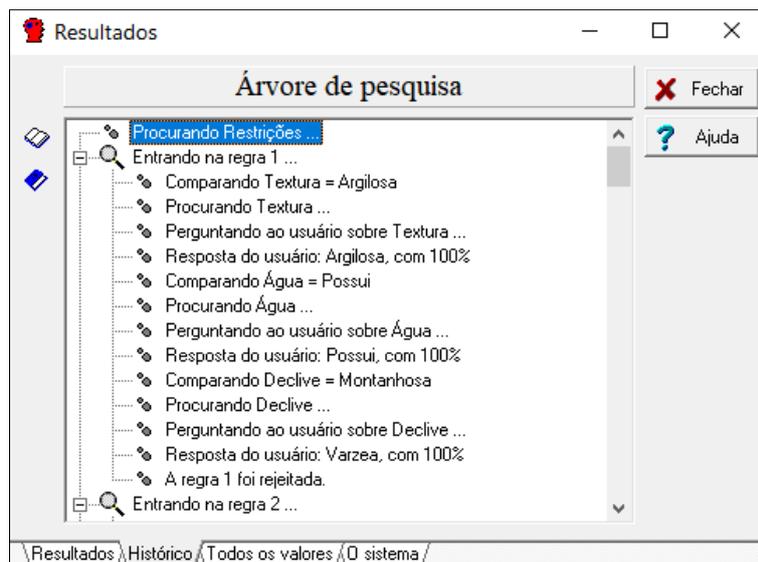
Tabela 1. Porcentagem média de acerto no diagnóstico de uso do solo apresentado pelos grupos 1, 2 e 3 antes e depois de usar o SE.

Diagnóstico	Grupo I		Grupo II		Grupo III	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Pecuária	81,1	100	0	100	0	100
Fruticultura	65	100	0	100	0	100
Cult. anuais	88,3	100	0	100	0	100
Forragem	55	100	0	100	0	100
Nada	67,6	100	0	100	0	100
Média	71,4	100	0	100	0	100

Ao contrário da fase de verificação do SE, a fase de validação é mais utilizada durante a avaliação de programas, como, por exemplo, nos SEs CALEX/Peaches (Plant et al., 1989), MDMS (Latin et al., 1990), 'TomEX' (Pozza, 1998). Na validação do 'TomEX', obtiveram-se índices de acerto superior a 95%.

Na fase de verificação comparou-se o desempenho do SE ao final de uma consulta realizada por um usuário. O resultado de todas as opções escolhidas apareceu na aba valores. Esse resultado foi comparado à árvore de possibilidades realizada na fase de planejamento do SE, o que implicou no seu correto funcionamento.

A



B

TEXTURA	AGUA	DECLIVE	PROFUNDIDADE	COR	POSSIBILIDADES
ARGILOSA	SIM	SIM	RASO	CLARA	PECUÁRIA
ARGILOSA	SIM	SIM	RASO	ESCURA	PECUÁRIA
ARGILOSA	SIM	SIM	PROFUNDO	CLARA	FRUTICULTURA IRRIGADA
ARGILOSA	SIM	SIM	PROFUNDO	ESCURA	FRUTICULTURA IRRIGADA, FORRAGEM
ARGILOSA	SIM	NÃO	RASO	CLARA	PECUÁRIA
ARGILOSA	SIM	NÃO	RASO	ESCURA	PECUÁRIA, FORRAGEM
ARGILOSA	SIM	NÃO	PROFUNDO	CLARA	CULTURAS ANUAIS
ARGILOSA	SIM	NÃO	PROFUNDO	ESCURA	CULTURAS ANUAIS

#### 4 CONCLUSÕES

O conhecimento sobre diagnóstico de uso dos solos pode ser armazenado, estruturado e organizado de forma lógica, de modo a constituir um sistema especialista.

O 'Sistema Pericial IA' aumentou de forma significativa a acurácia e a precisão na tomada de decisão, servindo de base para o desenvolvimento de um sistema mais robusto, que possa ser utilizado por técnicos e profissionais da área.

**REFERÊNCIAS**

- BARBEDO, J.G.A. Expert Systems Applied to Plant Disease Diagnosis: Survey and Critical View. *EEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, v. 14, n. 4, 2016.
- CARDOSO, E.J.B.N., VASCONCELLOS, R.L.F., BINI, D., MIYAUCHU, M.Y.H., SANTOS, C.A., ALVES, M.P.R.L., PAULA, A.M., NAKATANI, A.S., PEREIRA, J.M., NOGUEIRA, M.A. Soil health: Looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? *Scientia Agricola*, v.70, p.274-89, 2013.
- CHERUBIN, M.R., EITELWEIN, M.T., FABBRIS, C.; WEIRICH, S.W. SILVA, R.F., SILVA, V.R., BASSO, C.J. Qualidade física, química e biológica de um latossolo com diferentes manejos e Fertilizantes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, p.615-625, 2015.
- CHILAUSSKY R, JACOBSEN, B., MICHALSKI, R.S. An application of variable-valued logic to inductive learning of plant disease diagnostic rules. In Proceedings of the sixth international symposium on Multiple- valued logic, pp. 233–240, 1976.
- EXPERT SINTA. Universidade Federal do Ceará, Laboratório de Inteligência Artificial. Disponível em: <http://www.lia.ufc.br/~bezerra/exsinta.html> . Acesso em 24/06/fev. 2020.
- GIARRATANO, J.; RILEY, G. Expert Systems: Principles and Programming. Boston: PWS Publishing Company, 1998.
- HASAN, S.S; BAITHA, A. S.; SINGH, M. R.; KUMAR, S.R.; SHUKLA, S.K.. "CaneDES: A web-based expert system for disorder diagnosis in sugarcane," *Sugar Tech*, vol. 17, no. 4, pp. 418–427, 2015.
- LATIN, R.X.; MILES, G.E.; RETTINGER, J.C. et al. An expert systems for diagnosing muskmelon disorders. *Phytopathology*, St Paul, v. 74, n. 1, p. 83-87, 1990.
- NOGUEIRA, J. H. M.; SILVA, R. B. A.; ALCÂNTARA, F. L.; DE ANDRADE, R. C. Expert SINTA – Manual do Usuário. Fortaleza: LIA-UFC. 1996. 52 p.
- PLANT, R.E.; ZALOM, F.G.; YOUNG, T.A. et al. CALEX/Peacher, an expert system for the diagnosis of peach and nectarine disorders. *HortScience*, Alexandria, v. 24, p.700, 1989.
- POZZA, E.A.; MAFFIA, L.A.; SILVA, C.A.; BRAGA, J.L. Desenvolvimento e Aplicações de sistemas especialistas e redes neuronais em fitopatologia. *Revista Brasileira de Agroinformática*, v. 2, n. 1, p. 28-61, 1999.
- REZENDE, S. O. Sistemas Inteligentes: fundamentos e aplicações. Barueri: Manole, 2003.
- SILVA, D.R., POZZEBON, E., ALMEIDA, M.A.F. SEMAÇA – Sistema Especialista para Auxílio no diagnóstico de doenças da maçã e macieiras. III Simpósio de Informática Planalto Médio, UPF-Passo Fundo - RS, 2002.
- UCHÔA, C.N.; POZZA, E.A.; BASSANEI, R.B.; SPÓSITO, M.B.; P. T. YAMAMOTO, J. C. BARBOSA, J. C.; OLIVEIRA, A.A.S. "Development of a decision support system for the

diagnosis of citrus diseases, pests, and abiotic factors," *Summa Phytopathologica*, vol. 36, n. 2, p. 155–157, 2010