

## CAP\_USO: Um sistema especialista para determinação da capacidade de uso da terra

Monica Luri Giboshi<sup>1\*</sup>, Luiz Henrique Antunes Rodrigues<sup>2</sup> e Francisco Lombardi Neto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Rua Dr. Arnaldo de Carvalho, 555. Ap. 62, 13070-090, Campinas-São Paulo, Brazil. e-mail: grando@supernet.com.br

<sup>2</sup>Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp. C.P. 6011, 13083-970, Campinas-São Paulo, Brazil. e-mail:

lique@agr.unicamp.br <sup>3</sup>Centro de Solos e Recursos Agroambientais, Instituto Agronômico de Campinas, C.P. 28, 13001-970, Campinas-São Paulo, Brazil. e-mail: flombard@barao.iac.br

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema especialista (CAP\_USO) para determinar a capacidade de uso da terra, visando auxiliar e dar mais agilidade ao processo de tomada de decisão para o planejamento do uso da terra. O sistema foi desenvolvido utilizando um software conhecido como C Language Integrated Production System (CLIPS), desenvolvido pela National Aeronautics and Space Administration (Nasa). Para determinar a capacidade de uso, foram considerados doze fatores limitantes ao uso da terra, além da declividade. A validação do sistema mostrou que o CAP\_USO foi rigoroso ao determinar as classes de capacidade de uso por considerar a declividade em conjunto com os fatores que apresentam maior restrição ao uso da terra. A técnica de sistemas especialistas mostrou ser eficaz para a classificação de terras segundo a sua capacidade de uso, facilitando a manipulação e o processamento das informações necessárias à sua determinação.

**Palavras-chave:** sistemas especialistas, capacidade de uso, planejamento de uso da terra.

**ABSTRACT. CAP\_USO: an expert system to determine land use capability.** The objective of this paper was to develop an expert system (CAP\_USO) to determine the land use capability in order to aid and speed up the decision-making process in land use planning. The system was developed by using CLIPS (C Language Integrated Production System), an expert system designed by NASA (National Aeronautics and Space Administration). The slope and twelve other factors that limit the land use were considered in order to determine the land capability. The validation of the system showed that the CAP\_USO was rigorous to determine the land capability because it considers the slope and takes into account other factors that present major restrictions to the land use. The technique for expert systems showed to be efficient to determine land capability, which facilitates the manipulation and the processing of the necessary information.

**Key words:** expert systems, land capability, land use planning.

O uso inadequado e intensivo dos recursos naturais é a principal causa da degradação do meio ambiente. Uma de suas consequências diretas é a diminuição da capacidade produtiva da terra e o comprometimento da produção agrícola devido, principalmente, ao aumento da erosão do solo.

Por isso, um planejamento do uso racional da terra é essencial para aqueles que desejam utilizá-la de maneira correta, de acordo com a sua sustentabilidade e produtividade econômica, de forma que os recursos naturais sejam conservados.

Nesse contexto, a classificação de terras segundo sua capacidade de uso é muito importante para esse planejamento, pois tem a finalidade de fornecer

dados que permitam decidir qual a melhor combinação de uso agrícola para um aproveitamento mais intensivo da terra sem risco de empobrecimento do solo. Seu objetivo principal está relacionado à conservação dos solos, na qual são analisadas suas potencialidades, dando maior ênfase às suas limitações.

Contudo, é um trabalho que envolve conhecimentos diversos e interdisciplinares, tais como: condições climáticas, natureza do solo, relevo, recursos hídricos, práticas conservacionistas, entre outros, necessitando, portanto, de técnicos especializados para a sua execução.

Existe, portanto, a necessidade de se

desenvolverem ferramentas para auxiliar aqueles que desejam fazer um planejamento adequado do uso da terra para obter uma produção agrícola sustentável.

A técnica de sistemas especialistas é adequada para esse tipo de problema, uma vez que possibilita incorporar o conhecimento de vários especialistas de diversas áreas.

Sistemas especialistas são programas computacionais que permitem a sistematização da lógica utilizada por especialistas em suas áreas de domínio, ou seja, *imitam* o raciocínio utilizado por especialistas ao resolverem problemas.

Um sistema especialista tem os seguintes componentes principais:

- base de conhecimento: contém a representação do conhecimento do domínio do problema;
- mecanismo de inferência: aplica as regras de lógica racional para pesquisar a base de conhecimento em busca de soluções. O procedimento é similar ao de um especialista quando avalia um problema e propõe soluções;
- interface com o usuário: sistema de entrada e saída que permite a comunicação bidirecional, isto é, a troca de informações entre o usuário e o sistema.

Como alguns exemplos de sistemas especialistas, podemos citar: DELEITE - sistema especialista capaz de emitir diagnósticos sobre problemas relacionados com alimentação, sanidade e manejo reprodutivo de rebanhos leiteiros (Braga *et al.*, 1997); TOMEX-UFV - sistema especialista de diagnóstico de doenças do tomateiro (Pozza *et al.*, 1997).

Sistemas especialistas também podem ser ligados a outros tipos de sistemas, a modelos matemáticos e ainda a modelos de simulação e, junto com estes, constituir uma ferramenta de grande utilidade para auxiliar produtores e técnicos agrícolas na tomada de decisões. Um exemplo disso é o EROSYS, desenvolvido por Fernandes (1997), que integra o Sistema de Informações Geográficas (SIG), sistema especialista e modelagem matemática para a avaliação de impacto ambiental das atividades agrícolas sobre o solo. Fernandes Filho (1996) também integrou um sistema especialista com SIG para determinar a aptidão agrícola das terras. Montas e Madramootoo (1992) desenvolveram um sistema de suporte à decisão para o planejamento de conservação do solo, integrando um SIG com um sistema especialista para avaliar a quantidade perdida de terra e recomendar práticas conservacionistas para uma microbacia.

Segundo Waterman (1986), os fatores-chaves que justificam o desenvolvimento de um sistema

especialista são a natureza, a complexidade e o escopo do problema a ser resolvido. Quanto à natureza, deve ser um problema que possa ser resolvido por manipulação de símbolos e estruturas simbólicas. Muitos problemas, apropriados para sistemas especialistas, são de natureza heurística, isto é, requerem o uso de regras práticas para encontrar soluções aceitáveis. O problema deve ser complexo e difícil de ser resolvido para justificar o custo e o esforço do desenvolvimento de um sistema especialista. Finalmente, o problema deve possuir um escopo apropriado. Deve ser suficientemente limitado para que o problema seja manuseável e bem demarcado para assegurar que ele tenha algum interesse prático.

A determinação da capacidade de uso da terra é um problema cuja solução não pode ser encontrada com o uso de modelos matemáticos ou de algoritmos tradicionais, mas pode ser mais facilmente resolvido com o uso de métodos heurísticos. É complexo, pois envolve conhecimentos diversos e interdisciplinares e é recomendado para planejamentos conservacionistas, aplicável para propriedades agrícolas ou pequenas bacias hidrográficas, sendo, portanto, um problema com limite bem demarcado.

Com base nas afirmações apresentadas, a determinação da capacidade de uso da terra apresenta o típico potencial para o desenvolvimento de um sistema especialista, pois tem a natureza, a complexidade e o escopo que justificam o desenvolvimento de tal sistema.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema especialista para determinar a capacidade de uso da terra, visando auxiliar e dar mais agilidade ao processo de tomada de decisão para o planejamento do uso da terra.

## Material e métodos

O sistema especialista CAP\_USO foi desenvolvido em um microcomputador Pentium 166Mhz, com 32MB de memória RAM, utilizando um *shell*, conhecido como C Language Integrated Production System (Clips), versão 6.0, desenvolvido por Software Technology Branch (STB), Nasa/Lyndon B. Johnson Space Center (Giarratano e Riley, 1993).

Um *shell* é um sistema especialista *vazio*, sem a sua base de conhecimento, mas com o mecanismo de inferência e a interface do usuário, ou seja, uma linguagem de programação de alto nível que tem o sistema de inferência construído como parte dela.

A base de conhecimento do sistema foi desenvolvida com o conhecimento adquirido de

literatura e de especialistas das diversas áreas relacionadas à determinação da capacidade de uso da terra.

O conhecimento adquirido foi sistematizado com base em regras do tipo *IF-THEN* (Tabela 1), utilizando como controle de inferência o encadeamento para frente ou *forward chaining*. O sistema avalia se as condições da regra são satisfeitas e, caso isso ocorra, ele executa alguma ação ou ativa novas regras até obter a solução.

**Tabela 1.** Exemplos de regras utilizadas no sistema especialista desenvolvido

Conhecimento sistematizado em regras do tipo IF-THEN	Regras em CLIPS*
<b>SE</b> erodibilidade menor que 0.005	(defrule grau-de-limitacao-nula (erodibilidade ?fatorK &:(<=?fatorK 0.005))
<b>ENTÃO</b> grau de limitação devido à erodibilidade é nulo	=> (assert (erodibilidade-limitacao 0)))
<b>SE</b> CTC maior que 5 <b>E</b> V% entre 50 e 100	(defrule dispnutri-nula (dispnutri ?CTC ?V) (test (> ?CTC 5)) (test (and (> ?V 50)(<=?V 100)))
<b>ENTÃO</b> grau de limitação devido à disponibilidade de nutrientes é nulo	=> (assert (dispnutrientes-limitacao 0)))
<b>SE</b> classe de declividade igual D ou E	(defrule mecanizacao-forte (CD D   E)
<b>ENTÃO</b> grau de limitação devido à mecanização é forte	=> (assert (mecanizacao-limitacao 3)))

\* As regras em CLIPS estão escritas com a sintaxe do programa, por isso algumas palavras não estão de acordo com regras de ortografia

Além da declividade (Tabela 2), foram considerados doze fatores limitantes ao uso da terra. Para cada fator, o sistema determina um grau de limitação ao uso e a combinação destes fornece a classe e subclasse de capacidade de uso da terra.

**Tabela 2.** Classes de declividade (CD)

CD	Declividade (%)
A	0 - 3
B	3 - 6
C	6 - 9
D	9 - 12
E	12 - 18
F	18 - 25
G	> 25

Os fatores considerados são os seguintes:

1. *pedregosidade*: o grau de limitação ao uso é determinado em função da porcentagem de fragmentos grosseiros em relação à massa de solo, com base em Lepsch *et al.* (1991);
2. *rochiosidade*: o grau de limitação ao uso é determinado em função da porcentagem de matações e afloramentos rochosos em relação à massa do solo, com base em Lepsch *et al.* (1991);

3. *risco de geada*: o grau de limitação ao uso é determinado em função da posição no relevo;
4. *risco de inundação*: o grau de limitação ao uso é determinado em função da duração e frequência da inundação, com base em Lepsch *et al.* (1991) e Oliveira e Sosa (1995);
5. *profundidade efetiva*: o grau de limitação ao uso é determinado em função da classe de profundidade efetiva, segundo Lepsch *et al.* (1991);
6. *disponibilidade de água*: o grau de limitação ao uso é determinado em função da textura e profundidade do solo e deficiência hídrica anual, segundo Oliveira e Sosa (1995);
7. *drenagem interna*: o grau de limitação ao uso é determinado em função da classe de drenagem, segundo a Embrapa (1997) e com base em Oliveira e Sosa (1995);
8. *risco de erosão*: o grau de limitação ao uso é determinado em função da erodibilidade e da classe de declividade. A erodibilidade é determinada pelo CAP\_USO utilizando o modelo proposto por Denardin (1990), exceto para solos podzólicos. Para estes, a erodibilidade é determinada conforme Lombardi Neto e Bertoni (1975);
9. *restrição à mecanização*: o grau de limitação ao uso é determinado em função da declividade, risco de inundação e/ou pedregosidade;
10. *disponibilidade de nutrientes*: o grau de limitação ao uso é determinado em função da saturação de bases e da capacidade de troca de cátions, com base em Oliveira e Berg (1985);
11. *fixação de fósforo*: o grau de limitação ao uso é determinado em função da textura superficial e da cor do solo com base em Oliveira e Sosa (1995);
12. *toxicidade por alumínio*: o grau de limitação ao uso é determinado em função da capacidade de troca de cátions e da saturação de alumínio, com base em Oliveira e Berg (1985).

As classes de capacidade de uso da terra são determinadas, pelo sistema especialista, em função das classes de declividade e dos graus de limitação dos fatores limitantes considerados. São oito classes de capacidade de uso, numeradas com algarismos romanos de I a VIII, segundo Lepsch *et al.* (1991).

Para casos de classes de solos em associações, a classe de capacidade de uso é determinada, pelo CAP\_USO, considerando o primeiro solo, por este ser dominante.

A subclasse representa a classe de capacidade de uso em função da natureza da limitação, tornando, assim, mais explícitas as práticas ou grupos de

práticas conservacionistas a serem adotadas (Lepsch et al., 1991).

Foram adotadas as seguintes subclasses:

- e: limitações por risco de erosão (risco de erosão e mecanização);
- s: limitações relativas ao solo (pedregosidade, rochosidade, profundidade efetiva e disponibilidade de água);
- f: limitações relativas à fertilidade do solo (disponibilidade de nutrientes, toxicidade por alumínio e fixação de fósforo);
- a: limitações por excesso de água (risco de inundação e drenagem interna)
- c: limitações climáticas (geada).

Para a validação, utilizou-se uma área teste, a microbacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira, no município de Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, que foi analisada por sete especialistas (Tabela 3) e cujas análises foram comparadas com a análise obtida com a aplicação do CAP\_USO, observando-se a concordância entre as mesmas.

A validação do sistema foi feita apenas comparando os resultados obtidos pelo CAP\_USO e pelos especialistas, sem a utilização de um método estatístico, pelo fato do processo de determinação da capacidade de uso ser muito subjetivo, o que leva a possibilidades de várias interpretações distintas, pois está sujeito à experiência e ao conhecimento do avaliador.

## Resultados e discussão

O sistema desenvolvido tem 500 regras, sendo que 65% são regras que representam o conhecimento necessário para determinar a capacidade de uso da terra e 35% são regras de

controle, ou seja, para entrada de dados e saída dos resultados.

A base de conhecimento está dividida em três partes (Figura 1):

- a) *Solos*: conjunto de regras que representam os graus de restrição ao uso dos fatores limitantes de algumas classes de solo;
- b) *Limitações*: conjunto de regras que representam o conhecimento necessário para determinar os graus de limitação ao uso da terra para as classes de solo que não fazem parte da base de conhecimento *Solos*;
- c) *Classes e subclasses*: conjunto de regras que representam o conhecimento necessário para determinar as classes e subclasses de capacidade de uso da terra.

A entrada de dados é feita via tela, através de perguntas feitas ao usuário, e está dividida em três partes. A primeira entrada de dados pede ao usuário a classe de solo e a deficiência hídrica anual. Se a classe de solo fizer parte da base de conhecimento *Solos*, o sistema pede informações sobre as classes de declividade e, então, determina as classes e subclasses de capacidade de uso da terra. Se a classe de solo não fizer parte da base *Solos*, o sistema determina os graus de restrição ao uso com a entrada de dados complementares, através da base de conhecimento *Limitações* e, então, determina as classes e subclasses.

O usuário do sistema não precisa ser um especialista, mas é necessário que tenha algum conhecimento sobre o assunto para responder as perguntas que são feitas pelo sistema para obter informações a respeito da natureza do solo, do relevo e do clima.

**Tabela 3.** Identificação, em ordem alfabética, dos especialistas que participaram da validação

Especialista	Função	Área de atuação
Adriana Cavalieri	Engenheira Agr <sup>a</sup> , professora da Escola de Agronomia do Centro Regional Universitário de Espírito. Sto. do Pinhal	Planejamento, sistema de informações geográficas e meio físico
Carlos Roberto Espíndola	Engenheiro Agr <sup>o</sup> , professor titular da Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp	Pedologia, qualidade dos solos, relações solos – paisagem
Hélio do Prado	Engenheiro Agr <sup>o</sup> , pesquisador científico do Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agronômico de Campinas	Classificação de solos
Isabella Clérice de Maria	Engenheira Agr <sup>a</sup> , pesquisadora científica do Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agronômico de Campinas	Manejo e conservação do solo
Jener Fernando Leite de Moraes	Engenheiro Agr <sup>o</sup> , pesquisador científico do Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agronômico de Campinas	Geoprocessamento e sensoriamento remoto, sistema de informações geográficas
João Bertoldo de Oliveira	Engenheiro Agr <sup>o</sup> , pesquisador visitante, Seção de Pedologia, Instituto Agronômico de Campinas. Professor visitante da Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp	Morfologia e classificação de solos
Pedro Luiz Donzelli	Engenheiro Agr <sup>o</sup> , pesquisador científico do Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agronômico de Campinas	Geoprocessamento e sensoriamento remoto, sistema de informações geográficas

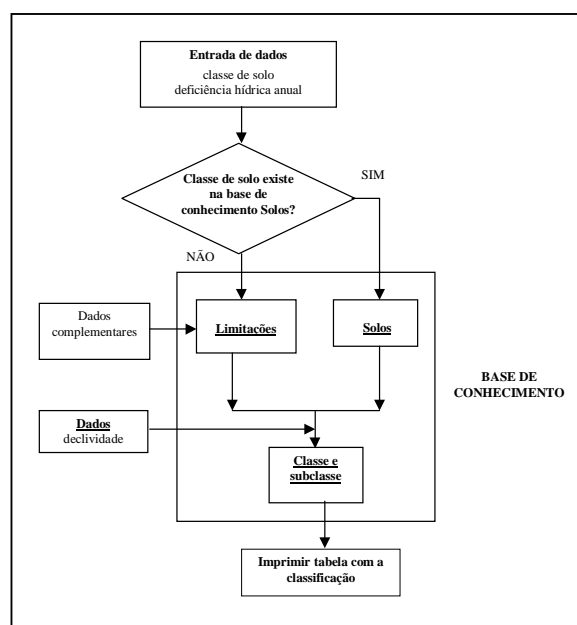


Figura 1. Diagrama de fluxo do CAP\_USO

A classificação segundo a capacidade de uso da terra, obtida com a aplicação do sistema, é apresentada em um arquivo que pode ser facilmente impresso.

Na Tabela 4 estão representados os resultados das análises feitas pelos especialistas e o resultado obtido com a aplicação do CAP\_USO.

Pode-se notar que mesmo entre os especialistas não há um consenso quanto ao resultado da classificação, o que mostra o alto grau de subjetividade apresentado por esse processo de classificação de terras.

O sistema foi mais rigoroso que os especialistas ao determinar as classes de capacidade de uso. Pode-se observar que a concordância entre o resultado obtido com o uso do CAP\_USO e os resultados dos especialistas diminui com o aumento da declividade e que não houve concordância entre os resultados para as classes de declividade C e D. Isso acontece porque as classes de capacidade de uso são determinadas, pelo CAP\_USO, considerando a declividade em conjunto com os fatores limitantes que apresentam os maiores graus de restrição ao uso, sendo os fatores relacionados à fertilidade para os latossolos e o risco de erosão para os podzólicos, por estes apresentarem alta erodibilidade.

Em relação às subclasses, pode-se observar que, para as classes de declividade C e D, não houve concordância entre os resultados analisados. Embora estes não sejam coincidentes, encontram-se bem próximos, quanto aos tipos de limitação.

Classes de declividade maiores (E, F e G) não foram testadas, pois os solos da microbacia do Ribeirão da Cachoeira não ocorrem nesses declives.

Embora os resultados da validação do sistema não tenham sido coincidentes, podem ser considerados próximos, pois as classes de capacidade de uso II, III e IV, encontradas pelo sistema, são apropriadas para o mesmo tipo de utilização.

As divergências encontradas na validação do sistema podem ser reduzidas entrevistando novamente os especialistas e modificando algumas regras da base de conhecimento do CAP\_USO.

Tabela 4. Classes e subclasses de capacidade de uso obtidas pelos especialistas e com o uso do CAP\_USO

Solos	CD	CAP_USO	Especialistas						
			1	2	3	4	5*	6	7*
Latossolo Vermelho-Amarelo álico Camarguinho	A	II f	III f	II f	II f	II f	II	III f	II
	B	III f	III f	II f	II f	II	III f	II	
Latossolo Vermelho-Escuro álico Limeira	A	II f	III f	II f	II f	II f	II	III f	II
	B	III f	III f	II f	II f	II f	II	III f	II
	C	IV ef	III ef	II f	III ef	III f	III	III ef	III
Latossolo Roxo distrófico Barão Geraldo	A	II f	II f	I	II f	II f	I	III f	I
	B	III f	II ef	I	II f	II f	II	III f	II
	C	IV ef	III e	II	III f	III f	III	III ef	II
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico Mato Dentro	A	II f	III e	II	III f	III f	III	III ef	II
	B	III ef	III f	II f	II f	II	III f	II	
Associação de classe de solos LRd + LEa	A	II f	II f	II f	II f	II f	I	III f	I
	B	III f	II ef	II f	II f	II f	II	III f	II
	C	IV ef	III e	II f	III f	III f	III	III f	II
Podzólico Vermelho-Amarelo, Indiscriminado, relacionado a materiais do Complexo Cristalino	B	III ef	II ef	II f	III ef	.....**	II	III ef	.....**
	C	IV ef	III e	II ef	III ef	III e	III	III ef	.....**
	D	VI ef	IV e	III ef	IV ef	IV e	IV	IV e	.....**
Podzólico Vermelho-Amarelo, Eutrófico, não abrupto Textura média / argilosa	B	III ef	II ef	II e	III ef	II e	II	III e	II
	C	IV ef	III e	III e	III ef	III e	III	III e	III
	D	VI ef	IV e	IV e	IV ef	IV e	IV	IV e	IV
Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico, não abrupto Textura média / argilosa	B	III ef	III f	II ef	III ef	II e	II	III ef	II
	C	IV ef	III ef	III ef	III ef	III e	III	III ef	III
	D	VI ef	IV e	IV ef	IV ef	IV e	IV	IV e	IV

\*Estes especialistas não colocaram as subclasses; \*\* Estas situações não foram analisadas por esses especialistas

As regras que determinam as classes de capacidade de uso devem ser revistas, pois houve um avanço da ciência do solo referente a aspectos morfológicos e de classificação.

O sistema desenvolvido permite a redução da subjetividade existente no processo de classificação de terras segundo a sua capacidade, pois foram consultados vários especialistas das diversas áreas relacionadas ao assunto e, também, o sistema dá sempre a mesma resposta para um mesmo conjunto de informações iniciais, permitindo, dessa forma, uma uniformização da classificação.

O CAP\_USO pode ser adaptado para outras regiões ou escolas que tenham outros parâmetros, pois é um sistema aberto que permite modificações, que são relativamente fáceis de serem efetuadas.

A técnica de sistemas especialistas mostrou ser eficaz para a classificação de terras segundo a sua capacidade de uso, facilitando a manipulação e o processamento das informações necessárias à determinação da capacidade de uso da terra, permitindo a sua determinação com rapidez para áreas de qualquer tamanho e número de classes de solos, constituindo, assim, uma importante ferramenta para o planejamento do uso da terra.

O desenvolvimento desse sistema especialista, para determinar a capacidade de uso da terra, é uma proposta nova e por isso não é possível comparar os resultados obtidos com dados já publicados. Porém, à medida que mais pessoas utilizarem o sistema, poderão ser feitas melhorias, através de sugestões e críticas recebidas. E para que isso ocorra, o CAP\_USO encontra-se à disposição dos interessados.

### Agradecimentos

À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado à autora. À Dra. Adriana Cavalieri, do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal, por ter contribuído intensamente para a realização deste trabalho. Ao Prof. Dr. Carlos Roberto Espíndola, da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas e aos especialistas do Instituto Agronômico de Campinas: Dr. João Bertoldo de Oliveira, Dr. Pedro Luiz Donzelli, Dr. Hélio do Prado, Dra. Isabella Clérici De Maria, Dr. Jener Fernando Leite de Moraes e Dr. Ângelo Paes de Camargo, pela colaboração.

### Referências bibliográficas

- Braga, J.L.; Sousa, E.M. de; Nascif, C.; Pereira, N.V.L. DELEITE: Diagnóstico inicial de problemas relacionados ao rebanho leiteiro. In: I CONGRESSO DA SBI-AGRO - AGROSOFT'97, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: AGROSOFT, 1997. s.p.
- Denardin, J.E. *Erodibilidade do solo estimada através de parâmetros físicos e químicos*. Piracicaba, 1990. (Doctoral Thesis in Soils and Plant Nutrition) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Embrapa/CNPS. *Sistema brasileiro de classificação de solos: 4ª aproximação*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- Fernandes, E.N. Sistema inteligente de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias. Viçosa, 1997. (Doctoral Thesis in Soils and Plant Nutrition) - Universidade Federal de Viçosa.
- Fernandes Filho, E.I. Desenvolvimento de um sistema especialista para determinação da aptidão agrícola das terras de duas bacias hidrográficas. Viçosa, 1996. (Doctoral Thesis in Forestry Science) - Universidade Federal de Viçosa.
- Giarratano, J.C.; Riley, G. *Expert Systems: principles and programming*. 2ª ed. Boston: PWS, 1993.
- Lepsch, I.F.; Bellinazi JR., R.; Bertolini, D.; Espíndola, C. R. *Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso. 4ª Aproximação*. 2ª ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.
- Lombardi Neto, F.; Bertoni, J. *Erodibilidade de solos paulistas*. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1975. (Boletim técnico n.º 27)
- Montas, H.; Madramootoo, C.A.A. Decision Support System for soil Conservation planning. *Comp. Eletr. Agricult.*, 7:87-202. 1992.
- Oliveira, J.B.; Berg, M. van den. *Aptidão Agrícola das Terras do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras. II Memorial Descritivo*. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1985. (Boletim Técnico n.º 102).
- Oliveira, J.B.; Sosa, S.M. Sistema de Clasificación de la Aptitude Agro-ecologica de la Tierra (S.C.A.A.T.) para la Region Oriental del Paraguay. 1ª aproximación. Asunción: UNA.FCA.CIF.GTZ, 1995.
- Pozza, E.A.; Maffia, L.A.; Silva, C.A.B. da; Braga, J.L.; Cerqueira, F. G., 1997. TOMEX-UFV: Um sistema especialista para diagnose de doenças do tomateiro. In: I CONGRESSO DA SBA-AGRO - AGROSOFT'97, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: AGROSOFT. s.p.
- Waterman, D.A. *Guide to Expert Systems*. USA: Addison - Wesley, 1986.

Received on September 01, 1999.

Accepted on November 10, 1999.