



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Brasil

GIBOSHI, M. L.; LOMBARDI NETO, F.; RODRIGUES, L. H. A.  
CAP\_USO: UMA FERRAMENTA PARA AUXILIAR O PLANEJAMENTO DO USO DA TERRA  
Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 26, núm. 1, 2002, pp. 203-209  
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo  
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180217643022>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# **CAP\_USO: UMA FERRAMENTA PARA AUXILIAR O PLANEJAMENTO DO USO DA TERRA<sup>(1)</sup>**

**M. L. GIBOSHI<sup>(2)</sup>, F. LOMBARDI NETO<sup>(3)</sup> & L. H. A. RODRIGUES<sup>(4)</sup>**

## **RESUMO**

**A classificação da capacidade de uso das terras é uma tarefa complexa, difícil e demorada, que envolve conhecimentos interdisciplinares e uma vasta quantidade de dados. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta (CAP\_USO), utilizando a técnica de sistemas especialistas, para determinar a capacidade de uso da terra, com base em conhecimento adquirido de literatura e de entrevistas com especialistas desta área. Foram considerados doze fatores limitantes ao uso da terra, e a capacidade de uso foi determinada também por sete especialistas. Os resultados da validação mostraram que o CAP\_USO foi mais rigoroso que os especialistas ao determinar as classes de capacidade de uso, e a concordância entre os resultados diminuiu com o aumento da declividade. As discordâncias verificadas entre os especialistas e o sistema pouco influem na classe de capacidade de uso, pois o CAP\_USO é um sistema aberto que permite ajustes, alterações e modificações conforme as condições locais. A técnica mostrou-se eficaz, permitindo determinar, com rapidez, a capacidade de uso da terra, contribuindo para dar mais agilidade ao processo de tomada de decisão para o planejamento do uso da terra.**

**Termos de indexação: capacidade de uso da terra, classificação de terras, sistema especialista.**

---

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Mestrado da primeira autora, apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade de Campinas - UNICAMP. Recebido para publicação em setembro de 1999 e aprovado em agosto de 2001.

<sup>(2)</sup> Pós-Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas – UNICAMP. Rua Dr. Arnaldo de Carvalho 555. CEP 13070-090 Campinas (SP). E-mail: giboshi@agr.unicamp.br

<sup>(3)</sup> Pesquisador Visitante do Centro de Solos e Recursos Agroambientais, Instituto Agrônomo de Campinas – IAC. Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas (SP). E-mail: flombard@barao.iac.br

<sup>(4)</sup> Professor da Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP. E-mail: lique@agr.unicamp.br

### SUMMARY: CAP\_USO: A TOOL IN LAND USE PLANNING

*Land capability classification is a very complex, time-consuming task involving interdisciplinary knowledge and a huge amount of data. The objective of this paper was to develop a tool (CAP\_USO), using an expert system technique, to determine land capability. The system was developed with knowledge acquired from literature and interviews with experts of these field. The classes and subclasses were determined taking into account twelve factors presenting restriction to land use and land capability was also determined by seven experts. The system validation showed that CAP\_USO was more rigorous than the experts in the determination of land capability. The agreement among the results was reduced with the increment of land slope. Divergences between the experts and the present tool had a slight effect on land capability class since. CAP\_USO is an open system that allows changes and adjustments according to local conditions. The technique was efficient, allowing a quick determination of land capability thus contributing to a faster decision making - process in land use planning.*

*Index terms: land use capability, land classification, expert system.*

### INTRODUÇÃO

A classificação da capacidade de uso é muito importante para um planejamento racional do uso da terra, pois tem o propósito de fornecer dados que permitem decidir qual a melhor combinação de uso agrícola para um aproveitamento mais intensivo da terra com diminuição do risco de empobrecimento do solo.

O sistema de classificação de capacidade de uso da terra utilizado no Brasil está em sua quarta aproximação e é uma adaptação feita por Lepsch et al. (1991) do sistema desenvolvido pelo Serviço de Conservação do solo dos EUA, por Klingebiel & Montgomery (1961), para agrupar solos em classes de capacidade de uso.

Oliveira & Sosa (1985) utilizaram uma classificação que é o resultado de uma adaptação da classificação americana de capacidade de uso da terra (Klingebiel & Montgomery, 1961), do Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho et al., 1978) e do sistema estabelecido por Oliveira & van den Berg (1985).

A classificação da capacidade de uso das terras é uma tarefa complexa, difícil e demorada, que envolve conhecimentos interdisciplinares e uma vasta quantidade de dados. É um problema cuja solução não pode ser encontrada com a utilização de modelos matemáticos ou de algoritmos tradicionais por apresentar um alto grau de subjetividade, pois trabalha com muitas informações qualitativas.

Com base nas afirmações já apresentadas, determinar a capacidade de uso da terra é um problema que 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. 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.

Todo sistema especialista é formado por três componentes básicos: uma base de conhecimento do domínio, um sistema ou mecanismo de inferência e uma interface com o usuário. A base de conhecimento do sistema especialista contém a representação do conhecimento do domínio do problema. O mecanismo, ou sistema de inferência, aplica as regras de lógica racional para pesquisar a base de conhecimento em busca de soluções. A interface com o usuário é conhecida como o sistema de entrada e saída que permite a comunicação bidirecional, isto é, a troca de informações entre o usuário e o mecanismo de inferência (Sawyer & Foster, 1986).

Sistemas especialistas têm sido utilizados como ferramentas para planejamento de uso da terra. Como exemplo, pode-se citar o sistema EROSYS, desenvolvido por Fernandes (1997), para medir o impacto ambiental das atividades agrícolas sobre o solo. A autora utilizou essa técnica para a avaliação da aptidão agrícola das terras e integrou o sistema especialista com modelagem matemática e um sistema de informações geográficas.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta (CAP\_USO) para auxiliar o planejamento do uso da terra, utilizando uma técnica de inteligência artificial, mais especificamente sistemas especialistas, para determinar a capacidade de uso da terra e, assim, dar mais agilidade ao processo de tomada de decisão no planejamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O CAP\_USO foi desenvolvido em um microcomputador Pentium 166 Mhz, com 32MB de memória RAM, utilizando um "shell"<sup>(5)</sup>, conhecido como CLIPS (C Language Integrated Production System), versão 6.0, desenvolvido por Software Technology Branch (STB), Nasa/Lyndon B. Johnson Space Center (Giarratano & Riley, 1993).

A base de conhecimento do sistema foi desenvolvida com o conhecimento adquirido de literatura (Lombardi Neto & Bertoni, 1975; Oliveira & van den Berg, 1985; Denardin, 1990; Lepsch et al., 1991; Oliveira & Sosa, 1995) e de entrevistas com especialistas<sup>(6)</sup> das diversas áreas relacionadas com a determinação da capacidade de uso da terra.

Para a avaliar a capacidade de uso da terra, além da declividade (Quadro 1), foram considerados 12 fatores limitantes ao uso da terra (Quadro 2).

**Quadro 1. 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

**Quadro 2. Fatores limitantes**

Pedregosidade	pd
Rochosidade	r
Risco de geada	g
Risco de inundação	i
Profundidade efetiva	p
Disponibilidade de água	w
Drenagem interna	d
Risco de erosão	er
Restrição à mecanização	m
Disponibilidade de nutrientes	v
Fixação de fósforo	f
Toxidez por alumínio	a

Como o sistema desenvolvido visava à classificação de terras para fins agrícolas (comerciais), o declive foi considerado em relação à agricultura, ou seja, para as classes de declividades acima de 25% não há interesse agrícola, por serem regidas por legislação própria. Dessa forma, o sistema classificou tais terras como Classe VIII de capacidade de uso.

Para cada fator o sistema determinou um grau de limitação ao uso (0: nulo, 1: ligeiro, 2: moderado, 3: forte e 4: muito forte), cuja concepção foi introduzida por Ramalho Filho et al. (1978). Para determinar qual o grau atribuído às limitações consideradas neste trabalho, o sistema baseou-se no conhecimento extraído da literatura e de especialistas. Giboshi (1999) destacou mais detalhes a respeito desses fatores e de como foram determinados os graus de restrição ao uso.

As classes de capacidade de uso da terra foram determinadas, pelo CAP\_USO, pela análise das classes de declividade e os graus de restrição ao uso dos fatores limitantes considerados. Para casos de classes de solos em associações, a classe de capacidade de uso foi determinada, pelo sistema, considerando o primeiro solo, por este ser dominante.

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, toxidez por alumínio e fixação de fósforo); **a**: limitações por excesso de água (risco de inundação e drenagem interna); **c**: limitações climáticas<sup>(7)</sup> (geada), (Lepsch et al., 1991). Todas as limitações com grau de restrição ao uso superior ou igual a dois foram indicadas na subclasse.

Para avaliar o CAP\_USO, foi criado um cenário que teve a sua capacidade de uso determinada por sete especialistas, tendo sido esses resultados comparados com a classificação obtida com a aplicação do sistema especialista.

A entrada de dados, para o funcionamento do CAP\_USO, foi feita via tela, por meio de perguntas feitas ao usuário, e foi dividida em três partes (Figura 1), onde está representado o diagrama de fluxo do sistema.

Os dados iniciais solicitados ao usuário foram: deficiência hídrica anual da região em estudo, informações sobre as classes de solos e em quais classes de declive estas ocorriam. O sistema revelou uma base de conhecimento, denominada **Solos**, com

<sup>(5)</sup> "Shell" é um sistema especialista "vazio", sem a sua base de conhecimento, mas com o sistema de inferência e a interface do usuário.

<sup>(6)</sup> Vide agradecimentos.

<sup>(7)</sup> A precipitação foi considerada no risco de inundação, enquanto as variações de temperatura foram diretamente ligadas à ocorrência de geada.

os graus de restrição dos fatores limitantes ao uso da terra para algumas classes de solos. Para solos que não faziam parte dessa base de conhecimento, o sistema solicitava dados complementares (CTC, saturação por bases, saturação por alumínio, erodibilidade, etc.) e avaliava os graus de restrição por meio da base de conhecimento **Limitações** para, então, determinar as classes e subclasses de capacidade de uso da terra.

A classificação obtida da aplicação do sistema foi apresentada em uma tabela onde estão relacionados, para cada solo, os respectivos graus de restrição ao

uso apresentados pelos fatores limitantes e a classe e subclasse.

Como exemplo de aplicação do sistema especialista, utilizou-se a microbacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira, localizada no município de Mogi-Guaçu, estado de São Paulo, cujas classes de solos foram caracterizadas por Oliveira (1992) no levantamento semidetalhado da quadrícula de Mogi-Mirim. Os solos predominantes são: Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho, Neossolo Litólico e Argissolo. A figura 2 mostra uma parte do relatório gerado pelo sistema para a microbacia analisada.

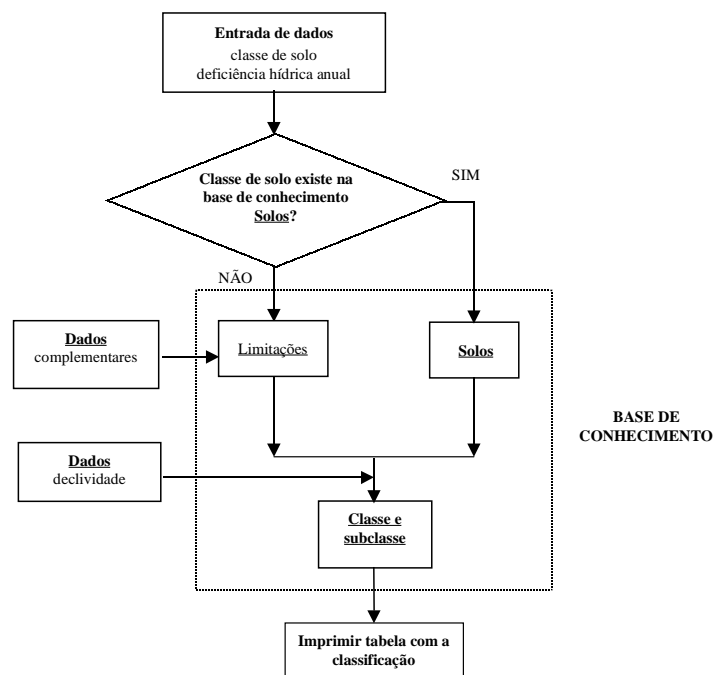


Figura 1. Diagrama de fluxo do CAP\_USO.

Fatores limitantes															
g:	risco de geada				d:	drenagem interna									
i:	risco de inundação				er:	risco de erosão									
pd:	pedregosidade				m:	mecanização									
r:	rochosidade				v:	disponibilidade de nutrientes									
p:	profundidade efetiva				f:	fixação de fósforo									
w:	disponibilidade de água				a:	toxidez por alumínio									
CD:	classe de declividade				CCU:	classificação de capacidade de uso									
Graus de limitação:															
0 – nulo					2 – moderado					4 – muito forte					
1 – ligeiro					3 – forte										
<b>Solo-1: Latossolo Roxo</b>															
CD	g	i	pd	r	p	w	d	er	m	v	f	a	CCU		
B	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	0	III f		
III f: Classe III de capacidade de uso com limitações relativas à fertilidade. Classe de declividade B.															
<b>Solo-2: Solo Litólico</b>															
Substrato basalto ou diabásio															
VIII: Classe VIII de capacidade de uso. Terras próprias somente para preservação ambiental ou recreação.															
Classe de declividade > 25%.															

Figura 2. Parte do relatório gerado pelo sistema para a microbacia do Ribeirão da Cachoeira.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados no quadro 3 mostram que o CAP\_USO foi mais rigoroso que os especialistas ao determinar as classes de capacidade de uso. Observou-se, também, que a concordância entre os resultados diminuiu com o aumento da declividade.

A não-concordância entre os resultados, no que diz respeito aos Latossolos da classe de declive C, deveu-se ao fato de as classes de capacidade de uso terem sido determinadas pelo sistema, considerando a declividade em conjunto com os fatores limitantes que apresentaram maior grau de restrição ao uso, no caso, aqueles relacionados com a fertilidade.

Para os Argissolos das classes de declividade C e D, o sistema foi mais rigoroso que os especialistas no que se refere ao risco de erosão, determinado pelo CAP\_USO, relacionando a declividade com a erodibilidade, que se mostrou alta para esses solos.

Em relação às subclasses, verificou-se que as classes de declividade C e D, embora os resultados não sejam coincidentes, encontram-se bem próximas quanto aos tipos de limitação, que estão relacionados com a fertilidade e risco de erosão.

Na microbacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira, foram identificadas seis classes de capacidade de uso, de II a VIII, exceto a classe V. De acordo com o quadro 4, há uma predominância da classe III e IV, com aproximadamente 35% da microbacia.

Observando a capacidade de uso da terra da quadrícula de Mogi-Mirim, determinada por Cavalieri (1998) ao fazer a estimativa da adequação de uso das terras na quadrícula, utilizando diferentes métodos de avaliação de terras, notou-se que as classes de capacidade de uso encontradas para a área relativa à microbacia analisada corresponderam às obtidas com a aplicação do sistema CAP\_USO.

**Quadro 3. Classes e subclasses de capacidade de uso obtidas pelos especialistas e com o uso do CAP\_USO para o cenário criado para a validação do sistema**

Solo <sup>(1)</sup>	CD <sup>(2)</sup>	CAP_USO	Especialista						
			1	2	3	4	5	6	7
Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico A húmico textura média argilosa leve	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
Latossolo Vermelho distrófico A moderado textura muito argilosa	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 Vermelho distroférico A moderado, textura muito argilosa	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, A moderado textura argilosa	A	II f	III e	II	III f	III f	III	III ef	II
	B	III ef	III f	II f	II f	II f	II	III f	II
Associação de classes de solos Latossolo Vermelho distroférico e Latossolo Vermelho distrófico álico	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
Argissolo Vermelho-Amarelo, indiscriminado, relacionado com materiais do complexo cristalino	B	III ef	II ef	II f	III ef	– <sup>(3)</sup>	II	III ef	– <sup>(3)</sup>
	C	IV ef	III e	II ef	III ef	III e	III	III ef	– <sup>(3)</sup>
	D	VI ef	IV e	III ef	IV ef	IV e	IV	IV e	– <sup>(3)</sup>
Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico 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
Argissolo Vermelho-Amarelo, distrófico 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

<sup>(1)</sup> Os solos foram reclassificados, segundo o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. <sup>(2)</sup> Classes de declive. <sup>(3)</sup> Estas situações não foram analisadas por esses especialistas.

**Quadro 4. Subclasses de capacidade de uso, determinadas pelo CAP\_USO, para a microbacia do Ribeirão da Cachoeira, utilizada como exemplo de aplicação do sistema**

Subclasse	Caracterização	Área	
		ha	%
II ef	Terras cultiváveis com ligeiras restrições ao uso, com problemas simples de conservação - limitações relativas ao risco de erosão e fertilidade	476,46	25,21
II f	Terras cultiváveis com ligeiras restrições ao uso, com problemas simples de conservação - limitações relativas à fertilidade	135,27	7,16
III ef	Terras cultiváveis com severas restrições ao uso, com problemas complexos de conservação - limitações relativas ao risco de erosão e fertilidade	487,98	25,82
III f	Terras cultiváveis com severas restrições ao uso, com problemas complexos de conservação - limitações relativas à fertilidade	129,69	6,86
IV ef	Terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, apresentando sérios problemas de conservação - limitações relativas ao risco de erosão e fertilidade	376,29	19,91
VI ef	Terras com restrições moderadas, com problemas simples de conservação, cultiváveis em casos especiais com algumas culturas permanentes protetoras do solo - limitações relativas ao risco de erosão e fertilidade	190,26	10,07
VII ef	Terras com severas restrições ao uso, adaptadas, em geral, somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação do solo - limitações relativas ao risco de erosão e fertilidade	71,73	3,79
VIII	Terras impróprias para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, servindo apenas para preservação ambiental ou recreação	22,32	1,18

As principais limitações encontradas por Cavalieri (1998) foram relativas ao risco de erosão e ao solo, mais especificamente à fertilidade, concordando com a classificação encontrada pelo sistema, sendo a primeira limitação maior para os Argissolos e Neossolos e a segunda, para os Latossolos.

### CONCLUSÕES

1. As divergências encontradas na validação do sistema proposto e os especialistas foram pequenas, percebendo-se também discrepâncias entre especialistas. As discordâncias verificadas pouco alteraram a classe de capacidade de uso, visto que o CAP\_USO é um sistema aberto e permite ajustes, alterações e modificações com as condições locais.

2. A técnica de sistemas especialistas mostrou-se eficaz para o desenvolvimento da ferramenta proposta, permitindo determinar, com rapidez, a capacidade de uso da terra para áreas de qualquer tamanho e número de classes de solos, contribuindo, dessa forma, para dar apoio e mais agilidade ao processo de tomada de decisão para o planejamento do uso da terra.

### 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 Agrônomo de Campinas: Dr. João Bertoldo de Oliveira, Dr. Pedro Luiz Donzelli, Dr. Hélio do Prado, Dra. Isabella Clérice De Maria, Dr. Jener Fernando Leite de Moraes e Dr. Ângelo Paes de Camargo, pela colaboração.

### LITERATURA CITADA

- CAVALIERI, A. Estimativa da adequação de uso das terras na quadricula de Moji Mirim (SP) utilizando diferentes métodos. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 1988. 112p. (Tese de Doutorado)
- DENARDIN, J.E. Erodibilidade do solo estimada através de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1990. 113p. (Tese de Doutorado)



- FERNANDES, E.N. Sistema inteligente de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 1997. 122p. (Tese de Doutorado)
- GIARRATANO, J.C. & RILEY, G. Expert Systems: principles and programming. 2.ed. Boston, PWS, 1993. 644p.
- GIBOSHI, M.L. Desenvolvimento de um sistema especialista para determinar a capacidade de uso da terra. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 1999. 77p. (Tese de Mestrado)
- KLINGEBIEL, A.A. & MONTGOMERY, P.H. Land capability classification. Washington, USDA, 1961. 21p. (Agriculture Handbook, 210)
- 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. 2.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.175p.
- LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 27)
- OLIVEIRA, J.B. Levantamento pedológico semidetalhado do estado de São Paulo: quadricula de Mogi Mirim. São Paulo, IGC, 1992. esc. 1:100.000.
- OLIVEIRA, J.B. & van den BERG, M. Aptidão agrícola das terras do estado de São Paulo: quadricula de Araras. II Memorial descritivo. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1985. 60p. (Boletim Técnico, 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. 77p.
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E.G. & BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Brasília, SUPLAN/EMBRAPA, 1978. 70p.
- SAWYER, B. & FOSTER, D.L. Programming expert systems in Pascal. New York, John Wiley & Sons, 1986. 186p.



