

ELABORAÇÃO DE ZONEAMENTOS AGROPEDOCLIMÁTICOS POR GEOPROCESSAMENTO: SOJA EM MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL⁽¹⁾

**W. CARVALHO JUNIOR⁽²⁾, C. S. CHAGAS⁽²⁾,
N. R. PEREIRA⁽²⁾ & J. C. M. STRAUCH⁽³⁾**

RESUMO

Os zoneamentos agropedoclimáticos fazem uso de banco de dados ambientais e apresentam uma classificação que integra diversas variáveis por meio das operações de geoprocessamento. Neste trabalho, foi realizado um estudo de caso da soja no Rio Grande do Sul. Os aplicativos PC-ArcInfo, Arcview e SGI VGA foram empregados para as operações de entrada, de geoprocessamento dos dados e de apresentação dos resultados alcançados. O geoprocessamento envolveu a reclassificação e cruzamentos dos planos de informação e operações com tabelas associadas aos planos de informação. As características dos solos, tais como: fertilidade natural, textura, relevo, profundidade efetiva, susceptibilidade à erosão, drenagem, pedregosidade/rochosidade e saturação por sódio, foram avaliadas para a cultura da soja em todos os componentes das unidades de mapeamento de solos do estado do Rio Grande do Sul, gerando um plano de informação de aptidão pedológica para essa cultura que, depois de cruzado com o de época de semeadura por municípios, gerou o plano de informação final do zoneamento agropedoclimático. A utilização desse método permitiu fazer uma avaliação: (a) de cada um dos componentes das unidades de mapeamento, e (b) dos resultados obtidos de acordo com a percentagem de ocorrência de cada componente dentro da unidade de mapeamento.

Termos de indexação: solos, banco de dados, SIG, interpretação.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em fevereiro de 2001 e aprovado em fevereiro de 2003.

⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico 1024. CEP 22460-000 Rio de Janeiro (RJ). E-mail: waldir@cnps.embrapa.br; cesar@cnps.embrapa.br; nilson@cnps.embrapa.br

⁽³⁾ Pesquisadora, Escola Nacional de Ciências Estatísticas – ENCE. Rua André Cavalcanti 106, CEP 20231-050 Rio de Janeiro (RJ). E-mail: juliast@ibge.gov.br

SUMMARY: *AGROPEDOCLIMATIC ZONING BY GEOPROCESSING: SOYBEAN IN MUNICIPALITIES OF RIO GRANDE DO SUL STATE*

Environmental databases and several variables based on geoprocessing operations are used for a classification of Agropedoclimatic Zoning. This paper presents a case study of soybean carried out in the State of Rio Grande do Sul. PC-ArcInfo, Arcview, and SGI VGA softwares were used for data input, geoprocessing, and result presentation. Geoprocessing included the reclassification and overlay operations of information layers and their associated tables. Soil characteristics, such as fertility, texture, relief, effective depth, erosion susceptibility, drainage, rocks, and sodium saturation were assessed for soybean culture for all components of the soil map units of Rio Grande do Sul. An information layer for the pedologic aptitude of this culture was created and then overlaid with the sowing time layer for municipal districts, generating the final information for Agropedoclimatic Zoning. This method allowed the evaluation of: (a) every single component of the map units, and (b) results obtained in agreement with the percentage of occurrence of each component within the map unit.

Index terms: soil, data base, SIG, interpretation.

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos da cartografia automatizada, dos sistemas de gerenciamento de banco de dados e do processamento digital de imagens, aliados ao desenvolvimento da computação, permitiram produzir um conjunto distinto de ferramentas para a captura automática de dados relacionados com superfície terrestre para o gerenciamento, análise e apresentação das informações geradas. A ligação técnica e conceitual do desenvolvimento destas ferramentas resultou no desenvolvimento de uma enorme variedade de métodos de processamento de dados geográficos. Este processamento tem sido chamado, na literatura nacional, de Geoprocessamento (Câmara & Medeiros, 1996) e de Geomática (Ostensen, 1995; Clement et al., 1997). Tais termos têm sido usados para designar o campo da atividade que, sistematicamente, integra todos os meios usados para adquirir e gerenciar dados relacionados com a superfície terrestre e produzir informações geográficas usando os recursos da informática.

O geoprocessamento gerou uma variedade de ferramentas para atender às diversas necessidades dos usuários. Dentre elas, cabe destacar o Sistema de Informações Geográficas (SIG) que oferece capacidade de armazenar os dados de diversas fontes, manipular, analisar e apresentar estas informações em um formato passível de ser compreendido pelo usuário (Souza et al., 1993). Um SIG tem como principal característica a indexação dos dados pela localização como forma fundamental de organizá-los e manipulá-los, estabelecendo a associação entre o dado e o local onde ocorre. Ele permite explorar a capacidade dos dados para gerar informações por meio de análises espaciais interativas, que fornecem

soluções rápidas e precisas para problemas relacionados com a distribuição, espacial e temporal, dos dados.

A utilização das técnicas de Geoprocessamento nos planejamentos da área ambiental tem aumentado significativamente nos últimos anos, uma vez que essas técnicas requerem análises e representações na forma de mapas para a comunicação de informações relacionadas com o meio ambiente. Isto pode ser observado nos últimos eventos nacionais, como, por exemplo, na XIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água (2000), no XXVI e no XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (1997, 1999) e no GISBRASIL 2000 (2000), ocasião em que os trabalhos apresentados comprovaram o uso de técnicas de análises espaciais encontradas em ambientes SIG.

A realização de planejamentos ambientais confiáveis requer a análise de um grande volume de dados, que devem ser manuseados de forma integrada. Segundo Donzeli et al. (1992), o grande volume de dados e a sua dinâmica espaço-temporal são características deste enfoque e requerem uma coleta de dados que atendam àquelas exigências de forma ágil e de custo relativamente baixo. Nestas circunstâncias, as técnicas de geoprocessamento encontradas em ambientes de SIG constituem importantes ferramentas que podem ser utilizadas para atender a tais objetivos.

Para subsidiar a gestão ambiental no Brasil, algumas iniciativas no desenvolvimento de ferramentas e métodos de Geoprocessamento têm sido desenvolvidas, principalmente a partir da década de 80, quando foram iniciados os estudos de impacto ambiental (EIA). Dentre as iniciativas, cabe

destacar os esforços do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e da Imagem, para o desenvolvimento do SPRING e do SGI/VGA (Câmara & Medeiros, 1996), e do Instituto de Geografia/UFRJ, para o desenvolvimento do SAGA (Xavier da Silva & Souza, 1988). No âmbito internacional, destacam-se as iniciativas da Clark University, para o desenvolvimento do IDRISI, do International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), para o desenvolvimento do ILWIS, e do Environmental Systems Research Institute, para o desenvolvimento do ARC/Info. Estes aplicativos vêm sendo utilizados em conjunto, procurando-se aproveitar suas peculiaridades, potencialidades e facilidades.

Para efetuar análises ambientais, visando ao sucesso de projetos de desenvolvimento sustentável, os levantamentos de recursos naturais são indispensáveis. Esses levantamentos estratificam o ambiente em unidades homogêneas e permitem enfocar suas limitações ecológicas, determinando seu potencial de uso (Carvalho Junior, 1996). No que concerne ao levantamento de solos, muitas agências internacionais como: a USDA Soil Conservation Service, a Canadian National and Provincial Agency e a Dutch Soil Survey Institute (atualmente parte do Staring Institute for Integrated Land, Water and Rural Survey) vêm usando os ambientes de SIG com suas técnicas para mapear e prover informações sobre os solos e outros parâmetros de interesse para diferentes tipos de usuários (Maguire et al., 1991).

O objetivo deste trabalho foi aplicar o método de Zoneamento Agropedoclimático da cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul, apresentando, por questões de espaço, os resultados obtidos para apenas três municípios.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, foram estabelecidas duas metas: a primeira consistiu na construção da base de dados geográficos em ambiente de SIG e a segunda na elaboração do Zoneamento Agropedoclimático propriamente dito.

Método utilizado na elaboração da base de dados geográficos

A elaboração da base de dados geográficos, em ambiente de SIG que suporta o desenvolvimento dos trabalhos do zoneamento, consistiu das seguintes etapas:

Definição da base de dados geográficos

Os trabalhos executados em ambiente SIG iniciaram-se pela definição das feições mínimas necessárias, com relação à base cartográfica, dos mapas temáticos e seus respectivos atributos. Assim, o banco de dados ficou constituído pelos seguintes

planos de informação: (a) da base cartográfica digital, a saber: hidrografia, rodovia e divisão municipal; (b) de solos e (c) de aptidão climática, também denominado época de semeadura. Todos estes na escala de 1:1.000.000.

Com relação ao plano de informação de solos, foram definidos os atributos das unidades de mapeamento, estabelecidos no Mapa Exploratório dos Solos do estado do Rio Grande do Sul (IBGE & EMBRAPA, 1991), que interferem diretamente na produção sustentada da cultura avaliada, que são: fertilidade natural do solo, textura, relevo, profundidade do solo, susceptibilidade à erosão, drenagem, pedregosidade/rochosidade e saturação por sódio. Destes atributos, a fertilidade e a susceptibilidade à erosão necessitaram de uma interpretação prévia, ou seja, para o estabelecimento das classes de fertilidade, foram utilizados os dados de capacidade de troca de cátions (Valor T), saturação por bases (Valor V) e saturação por alumínio, e para o estabelecimento das classes de susceptibilidade à erosão, utilizaram-se os dados de declividade, textura e profundidade do solo.

Aquisição dos dados

Os dados utilizados na elaboração do potencial pedoclimático do estado do Rio Grande do Sul para a cultura da soja foram extraídos de fontes secundárias, a saber: (a) Mapa Exploratório dos Solos do estado do Rio Grande do Sul (IBGE & EMBRAPA, 1991) e (b) Zoneamento Agrícola do Ministério da Agricultura e do Abastecimento: Rio Grande do Sul: soja: safra 99/2000 (Brasil, 2000). Os requerimentos edáficos da cultura foram obtidos de consultas a especialistas da cultura.

Construção da base de dados

Neste trabalho, foram selecionados e utilizados os seguintes aplicativos: (1) ambiente SIG SGI/VGA (Imagem Geosistemas e Comércio, 1995), para digitalizar os mapas, visto que este aplicativo fornece uma estrutura de fácil utilização para a entrada de dados no formato vetorial, bem como possibilita a transferência dos dados para outros aplicativos, além de ser todo em língua portuguesa; (2) PC - ArcInfo (ESRI, 1994), para efetuar o processamento e as análises espaciais, uma vez que permite o cruzamento de planos de informação no formato vetorial, e (3) ArcView (ESRI, 1994), para complementar a análise de resultados e elaborar as saídas gráficas na forma de mapas e tabelas.

Desta forma, a base cartográfica e os mapas temáticos foram digitalizados no ambiente SIG, enquanto os dados alfanuméricos foram digitados na forma de tabelas em planilhas eletrônicas.

A etapa de geocodificação, que trata da associação dos dados alfanuméricos às suas respectivas representações nos mapas temáticos, foi efetuada no ambiente SIG do aplicativo PC-ARC/Info. Após esta etapa, as feições cartográficas dos planos de

informação representam as características temáticas descritas pelos dados alfanuméricos. Para estabelecer o relacionamento do plano de informações de solos com o atributo nome da unidade de mapeamento, procura-se associar tais informações com as tabelas que contêm os novos atributos das características das unidades de mapeamento. Dentre os atributos tratados, foram abordados, mais especificamente, os seguintes: fertilidade natural do solo, textura, relevo, profundidade do solo, susceptibilidade à erosão, drenagem, pedregosidade/rochosidade e saturação por sódio, para cada um dos componentes da unidade de mapeamento.

A operação de associação dos dados alfanuméricos às suas feições espaciais foi realizada no módulo TABLES do PC - ArcInfo, equivalente ao módulo INFO do ArcInfo NT ou UNIX. O comando utilizado é o JOINITEM, que une dois arquivos de dados baseado em um item comum, que, no caso, é o nome da unidade de mapeamento. Desta maneira, materializa-se o banco de dados geográficos em ambiente SIG.

Desenvolvimento de operações para o Zoneamento Agropedoclimático

A partir da base de dados geográficos desenvolvida em ambiente SIG, são executados procedimentos computacionais para a seleção espacial, usando as características dos atributos, reclassificação, cruzamentos, análises de resultados (tabelas) e geração de saída gráfica (mapas). Para melhor compreensão, esta etapa será apresentada na seção a seguir.

Método utilizado no Zoneamento Agropedoclimático

O método adotado segue um raciocínio lógico de manipulação de informações georreferenciadas, tendo em vista o Zoneamento Agropedoclimático (Figura 1).

Cabe ressaltar que este trabalho aplicou a lógica booleana na análise dos atributos que qualificam a aptidão agrícola dos solos. Todavia, a mesma análise está sendo realizada com a lógica bayesiana e a lógica

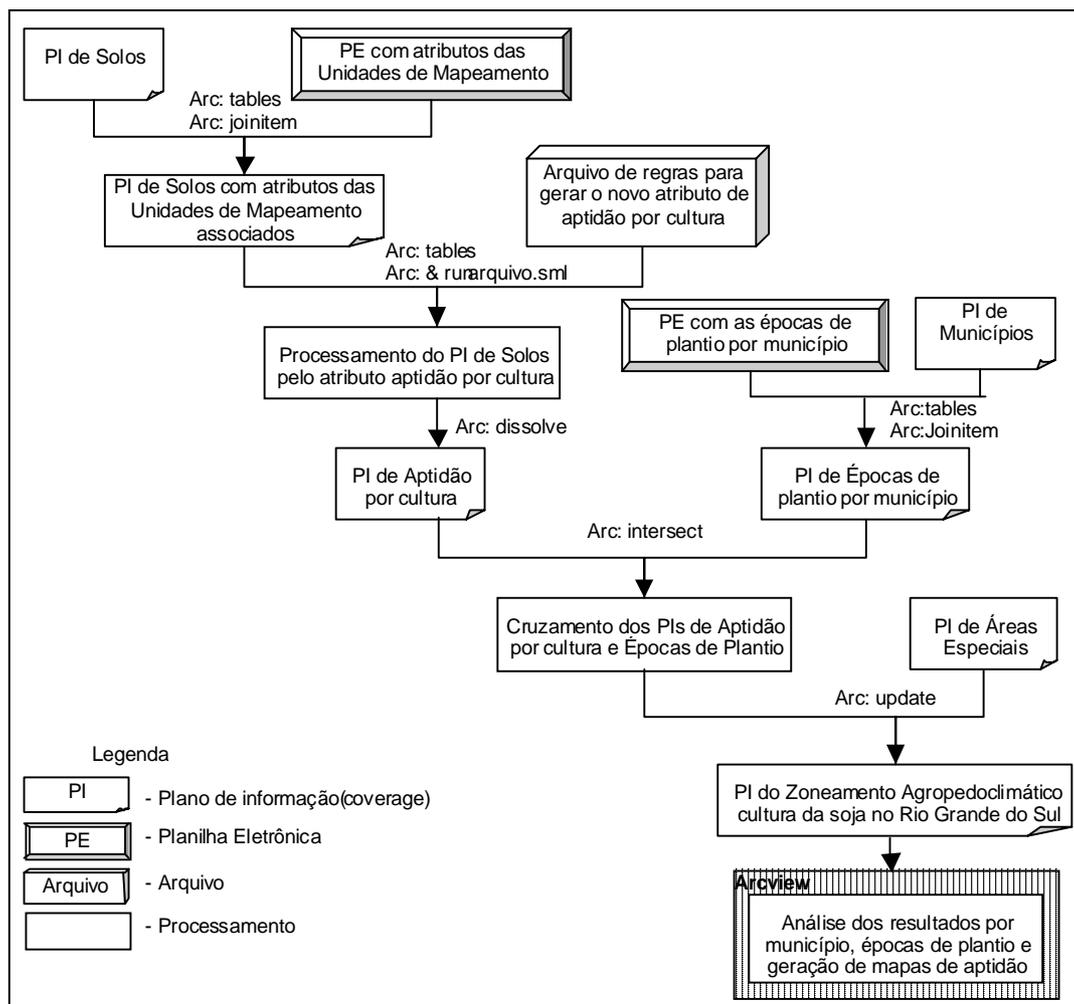


Figura 1. Fluxo de trabalho.

fuzzy no mesmo ambiente SIG de forma a comparar os resultados alcançados.

Objetivando elaborar o mapa de aptidão dos solos para determinada cultura (neste caso a soja), é criado um arquivo de regras escrito em SML (Sample Macro Language). Esse arquivo descreve seleções dentro da tabela associada ao plano de informação para gerar o atributo com a avaliação da aptidão. A aplicação das regras compreende um processo de seleções seqüenciais por características dos atributos da tabela associada ao plano de informação de solos de forma restritiva. No quadro 1, é apresentado um exemplo das características dos solos que determinam a classe de aptidão Boa para a cultura da soja, considerando a adoção de alto nível tecnológico.

Na figura 2, é ilustrado o arquivo de regras com as características apresentadas no quadro 1 e os respectivos comandos em SML, para selecionar as unidades de mapeamento que contenham as características de aptidão Boa. Como pode ser observado, o arquivo de regras consiste em um arquivo texto que é interpretado pelo módulo TABLES do PC-ArcInfo.

Na figura 2, a linha 01 especifica a seleção de toda a tabela do plano de informação de solos (para o estado do Rio Grande do Sul). Na linha 02, começa a restrição da seleção para aquelas características de fertilidade consideradas e inerentes às unidades de mapeamento. Na linha 03, ocorre uma seleção, a partir da seleção anterior, das unidades de mapeamento que dispõem de novas condições que

caracterizam o atributo textura, e assim por diante, até completar todos os requisitos necessários para que a unidade de mapeamento seja enquadrada na classe de aptidão pedológica Boa. Na última linha (linha n), o comando registra o nome da classe de aptidão no campo próprio daquelas unidades de mapeamento selecionadas. Assim, com este arquivo completo, com todas as classes de aptidão definidas (Boa, Regular e Inapta), basta executá-lo no módulo TABLES do PC - ArcInfo. Este procedimento é realizado para todos os componentes das unidades de mapeamento.

Dentre as vantagens da utilização do arquivo de regras em SML, destaca-se a facilidade de se realizarem ajustes e reinterpretações, pois basta alterar o arquivo de regras para as novas definições, além do fato de que todo o processamento fica documentado.

A partir deste processamento, obtêm-se o plano de informação de solos, que contém atributos associados, e o plano que foi criado pelo arquivo de regras, que contém as classes de aptidão dos solos. Este novo atributo criado será utilizado para processar a reclassificação do mapa de solos e gerar o mapa de aptidão dos solos para a cultura (soja). O comando DISSOLVE realiza esta operação, unindo polígonos adjacentes que tenham o mesmo valor do atributo considerado, gerando, assim, o mapa de aptidão dos solos para a cultura avaliada.

Concomitantemente à avaliação da aptidão dos solos, é elaborado o plano de informação de aptidão climática, que contém as épocas recomendadas de semeadura para os municípios do estado. Este plano

Quadro 1. Exemplo das características necessárias à definição das regras para a classe de aptidão Boa

Atributo	Característica
Fertilidade	alta, média ou baixa
Textura	média, argilosa, muito argilosa, média/argilosa ou argilosa/muito argilosa
Relevo	plano ou suave ondulado
Profundidade efetiva	muito profunda ou profunda
Susceptibilidade à erosão	nula, nula a ligeira, ligeira ou ligeira a moderada
Drenagem	fortemente drenado, acentuadamente drenado ou bem drenado
Pedregosidade/rochosidade	ausente
Saturação por sódio	baixa

```

linha 01 - "select solos_rs.pat
linha 02 - reselect fertilidade = 'alta' or 'média' or 'baixa'
linha 03 - reselect textura = 'média' or 'argilosa' or 'muito argilosa'
           or 'média/argilosa' or 'argilosa/muito argilosa' ... ..
linha n - move `Boa' to aptidao_soja"

```

Figura 2. Exemplo de arquivo de regras em SML.

de informação é gerado a partir da associação entre o plano de informação, que contém a malha municipal digital do estado (IBGE, 1999), e a tabela que contém as épocas de plantio por município (Brasil, 2000). Assim, este plano de informação terá como atributos principais o nome do município, mesorregião, microrregião e época de semeadura.

Em seguida, o plano de informação de aptidão climática é então cruzado com o plano de informação da aptidão dos solos, gerando um novo plano, aqui denominado aptidão pedoclimática. Para efetuar esta operação, existem algumas opções de comandos dentro do PC - ArcInfo que podem ser utilizados, dependendo da situação e da necessidade. Dentre eles, podem ser citados o UNION, IDENTITY e o INTERSECT (Figura 3). Neste estudo de caso, foi utilizado o comando INTERSECT, que computa a interseção geométrica de dois planos de informação, conjugando seus atributos.

Neste estudo, foram identificadas também as “áreas especiais”, compostas pelas unidades de conservação e áreas indígenas, visando à exclusão de suas potencialidades por serem regidas por legislação ambiental, não podendo constar de um zoneamento para fins agrícolas. Cabe ressaltar que só foram consideradas aquelas que apresentam dimensões superiores à área mínima mapeável na escala da base de dados. Nesta operação, foi utilizado o comando UPDATE do PC - ArcInfo, que atualiza o mapa com os novos polígonos.

A partir deste momento, toda a operação é realizada dentro do ArcView e consiste na análise dos resultados e na geração de tabelas e mapas finais.

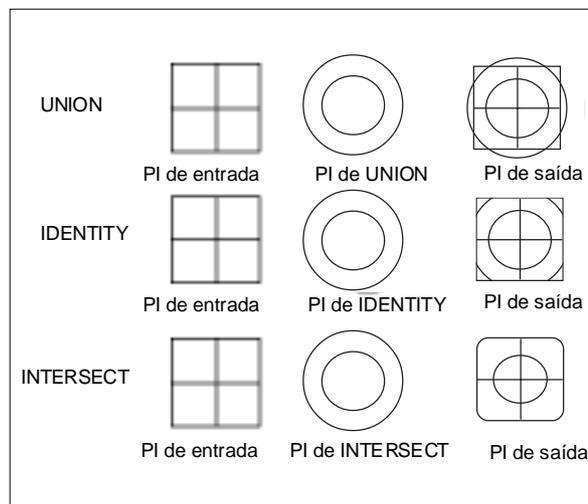


Figura 3. Operações espaciais de overlay no PC - ArcInfo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro resultado alcançado foi o banco de dados georreferenciados de solos, em que o mapa está associado a uma tabela com as características de seus atributos. Para ilustrar o trabalho, foram destacados os municípios de Ajuricaba, Condor e Nova Ramada, e os resultados são apresentados na figura 4 e no quadro 2.

Após a elaboração deste mapa de solos em ambiente SIG, o processamento utiliza o comando

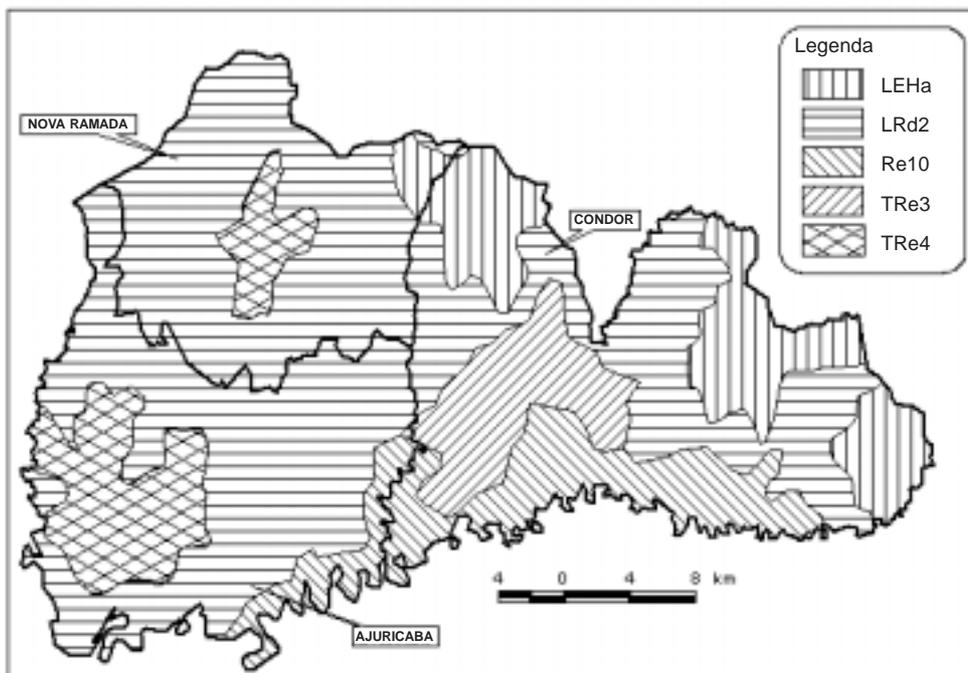


Figura 4. Distribuição espacial dos solos dos municípios de Ajuricaba, Condor e Nova Ramada.

DISSOLVE a partir desta tabela de atributos, para gerar o plano de informação (PI) aptidão dos solos, O cruzamento deste com o PI de municípios e época de plantio gera o PI do Zoneamento Pedoclimático. Este PI, para o caso dos municípios de Ajuricaba, Condor e Nova Ramada, é apresentado na figura 5 e o quadro 3 apresenta a tabela da legenda.

O processo de contabilização de resultados consiste também na seleção por atributos do plano de informação de aptidão pedoclimática. Neste plano de informação, é contabilizada a soma das áreas dos polígonos selecionados de acordo com os valores de seus atributos, no caso a aptidão dos solos, com referência ao percentual de ocorrência de cada um

Quadro 2. Exemplo da tabela associada ao mapa de solos com alguns de seus atributos

UM	Textura	Relevo	Fertilidade	Profundidade efetiva	Susceptibilidade à erosão	Drenagem	Pedr/Roch	SatSodio	Aptidão
LEHa	argilosa	suave ond.	baixa	m. profunda	nula a ligeira	acentuada	ausente	baixa	Boa
LRd2	m. argilosa	suave ond.	baixa	m. profunda	nula a ligeira	acentuada	ausente	baixa	Boa
Re10	média casc.	ond.	alta	rasa	forte	boa	abundante	baixa	Inapta + Boa
TRe3	m. argilosa	suave ond.	média	profunda	ligeira	boa	ausente	baixa	Boa
TRe4	m. argilosa	ond.	média	profunda	ligeira a moderada	boa	ausente	baixa	Boa + Inapta

UM = símbolo da unidade de mapeamento, Pedr/Roch . = pedregosidade e, ou, rochiosidade, SatSodio = saturação por sódio, m. = muito, ond. = ondulado e casc. = cascalhenta.

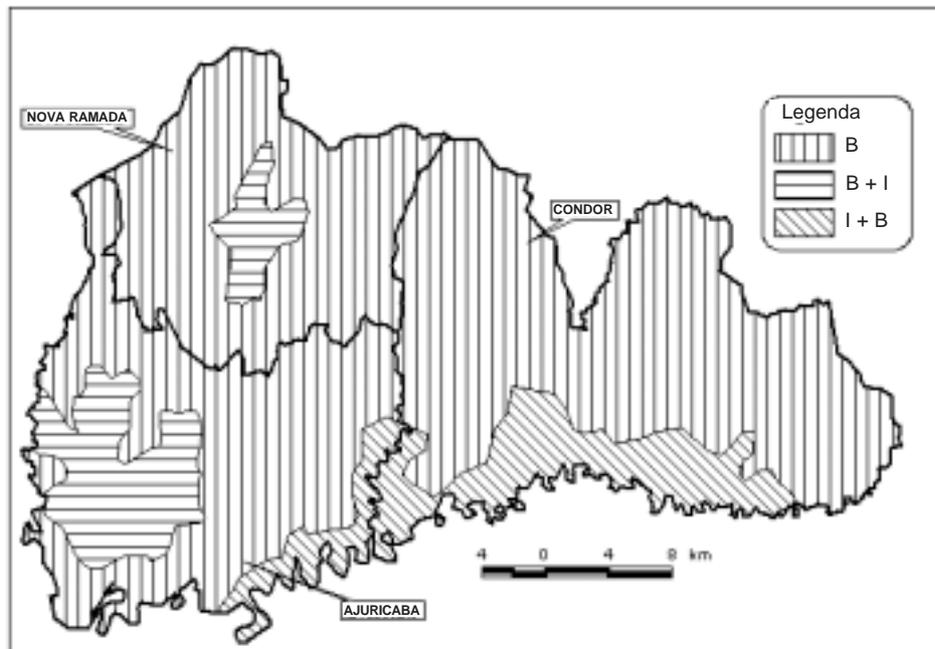


Figura 5. Distribuição espacial das classes de aptidão para os municípios estudados.

Quadro 3. Exemplo da tabela associada ao mapa do Zoneamento Pedoclimático com alguns de seus atributos

Município	Época de plantio	Área	Aptidão dos solos
		ha	
Ajuricaba	11/out. a 10/dez.	22.872	Boa
Ajuricaba	11/out. a 10/dez.	7.710	Boa + Inapta
Ajuricaba	11/out. a 10/dez.	2.893	Inapta + Boa
Condor	11/out. a 10/dez.	40.808	Boa
Condor	11/out. a 10/dez.	9.463	Inapta + Boa
Nova Ramada	11/out. a 10/dez.	24.510	Boa
Nova Ramada	11/out. a 10/dez.	2.630	Boa + Inapta

Quadro 4. Resultados obtidos para alguns municípios do Rio Grande do Sul

Município	Área do município	Classe de aptidão		
		Preferencial	Tolerada	Não recomendada
		ha		
Ajuricaba	33.476	28.656	0	4.820
Condor	46.487	40.808	0	5.687
Nova Ramada	25.563	24.510	0	1.052

Quadro 5. Distribuição das classes de aptidão pedoclimática para a soja no Rio Grande do Sul

Classe de aptidão	Área	% em relação ao estado
	km ²	
Preferencial	77.066,11	27,32
Tolerada	28.173,30	9,99
Não Recomendada	161.665,43	57,31
Águas internas, áreas urbanas, etc	15.157,16	5,37

dos componentes das unidades de mapeamento. Por exemplo, a unidade de mapeamento TRe4 é composta por Terra Roxa Estruturada (Nitossolo Vermelho) e Solos Litólicos (Neossolos Litólicos), que correspondem, respectivamente, a 60 e 40 % de sua área total, e tem como aptidão do solo a classe “Boa + Inapta”. Assim, a área relativa à aptidão de cada componente é calculada segundo sua ocorrência na unidade de mapeamento. Neste caso, obtém-se 4.626 ha (60 % de 7.710) de terras com aptidão Boa e 3.084 ha (40 % de 7.710) de terras inaptas.

Este resultado é analisado para todo o estado, pela percentagem de cada classe de aptidão por município (Quadro 4).

Um resumo dos resultados alcançados para todo o estado pode ser observado no quadro 5, onde 37,31 % das terras revelam aptidão para o plantio da soja, equivalente às classes (preferencial e tolerada), enquanto 57,31 % não são recomendadas para o plantio (classe marginal e não recomendada).

CONCLUSÕES

1. Para executar Zoneamentos Agropedoclimáticos, deve ser trabalhado grande volume de dados relativos aos temas envolvidos, e o uso de SIG contribui para facilitar o manejo destes atributos espacialmente.

2. A utilização de SIG em trabalhos de zoneamento é recomendável, pois cria um banco de dados

georreferenciados e permite atualizações e correções de modo rápido e bastante simples.

3. A utilização desse método permitiu avaliar as unidades de mapeamento para todos os seus componentes, bem como a percentagem de ocorrência de cada componente dentro da unidade de mapeamento.

LITERATURA CITADA

- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Coordenação Nacional do Zoneamento Agrícola. Zoneamento agrícola: safra 99/2000: Brasil: culturas algodão, arroz, feijão, maçã, milho, soja e trigo: estados RS, SC, PR, MG, SP, DF, GO, MT, MS, TO, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE. Brasília, 2000. Não paginado.
- CÂMARA, G. & MEDEIROS, J.S. Geoprocessamento para projetos ambientais. São José dos Campos, 1996. p39. (Relatório do INPE)
- CARVALHO JUNIOR, W. Modelos de planejamento agrícola conservacionista com suporte de geoprocessamento. Estudo de caso nos municípios de Paty de Alferes e Miguel Pereira-RJ. Rio de Janeiro, IGEO/UFRJ, 1996. p115. (Tese de Mestrado)
- CLEMENT, G.; LAROCHE, C.; GOUIN, D.; MORIN, P. & KUCERA, H. OGD: toward interoperability among geospatial databases. SIGMOD Records, 26:18-23, 1997.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26. Rio de Janeiro. 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1997. CD-ROM
- CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27. Brasília. 2000. Anais. Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. CD-ROM.
- DONZELI, P.L.; VALÉRIO FILHO, M.; PINTO, S.A.F.; NOGUEIRA, F.P.; ROTTA, C.L. & LOMBARDI NETO, F. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1992. p91-119. (Documentos IAC, 29)
- ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE. ESRI. PC ARC/INFO, Command references. New York, 1994. p.281.
- GISBRASIL 2000, Salvador. Anais. Salvador, 2000. CD-ROM
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Malha municipal digital do Brasil. Situação em 1997. Rio de Janeiro, 1999. CD-ROM

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE/EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Mapa Exploratório dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., Porto Alegre 1991. Programa e resumos... [Porto Alegre]: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991. p.264.
- IMAGEM GEOSISTEMAS E COMÉRCIO. SGI/VGA, manual do usuário, versão 2.5. São José dos Campos, 1995.
- MAGUIRE, D.J.; GOODCHILD, M.F. & RHIND, D.W. Geographical Informations Systems. London, Longman Scientific and Thecnical, 1991. 2v.
- OSTENSEN, O. Mapping the future of geomatics, ISO/TC 211. Paris, Prentice Hall International, 1995. p.49. (Bulletin, 1)
- REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., 2000, Ilhéus. 500 anos de uso do solo no Brasil. Anais. Ilhéus, 2000. CD-ROM
- SOUZA, J.M.; FERRARI, R.; DUARTE, M. & RAMIREZ, M. Uma arquitetura organizacional para Sistemas de informação Geográfica Orientada a objetos, In: CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS, São Paulo, 1993.
- XAVIER DA SILVA, J. & SOUZA, M.J.L. Análise ambiental. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1988. 198p.

