

ANÁLISE ESPACIAL PARA A INTEGRAÇÃO DE PROPRIEDADES PEDOLÓGICAS E CLIMÁTICAS

Simone Bönisch
Gilberto Câmara
Antônio Miguel Vieira Monteiro

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Av. dos Astronautas, 1758, Jd. Granja, São José dos Campos – São Paulo – Brasil

CEP: 12227-010, Fone: (12) 345-6444

sbonisch@cwmatrix.com.br

gilberto@dpi.inpe.br

miguel@dpi.inpe.br

RESUMO

O trabalho compara duas metodologias de análise espacial para projetos ambientais, que se utilizam de Sistemas de Informações Geográficas. O projeto em questão trata do zoneamento pedoclimático para a cultura de soja no estado de Santa Catarina. A primeira metodologia consiste em uma transposição mais ou menos direta das técnicas tradicionais de integração de dados nas mesas de luz, aplicando os operadores da Álgebra Booleana. A segunda, reclassifica as propriedades ambientais, de qualitativas para quantitativas, por uma operação de ponderação e, combina-as por Operadores Aritméticos. Os resultados obtidos são avaliados qualitativamente por dados de controle, que são relativos à produtividade de soja.

ABSTRACT

This paper compares two methodologies of space analysis for environmental projects, that are used of Systems of Geographical Information. The project in subject treats of the agricultural zoning for the soy culture in the state of Santa Catarina. The first methodology consists more or less of a conversion direct of the traditional techniques of integration of data in the light tables, applying Algebra Booleana's operators. The second, classify the environmental properties, of qualitative for quantitative, for a ponder operation and, it combines them for Arithmetic Operators. The obtained results are appraised in a qualitative way for control data, that are relative to the soy productivity.

Palavras chaves: geoprocessamento, análise espacial, modelagem ambiental.

1. INTRODUÇÃO

A humanidade, com a chegada do século XXI, confronta-se com dois problemas globais: a deterioração ambiental e esgotamento dos recursos naturais, e a crescente pressão sobre a capacidade de alimentar uma população em rápido crescimento (Cusack, 1983 citado por Thomé et al., 1996). Estes problemas sugerem o desenvolvimento de uma agricultura moderna, ecologicamente equilibrada e rentável.

Essa premissa tem levado à crescente necessidade por projetos ambientais que estabeleçam uma política agrícola, a qual contemple as atividades e culturas agrícolas que estiverem integradas à vocação ecológica regional, dando-lhes a garantia de estabilidade e rentabilidade competitiva. Nestes projetos o emprego de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é justificada pela sua capacidade de integrar e transformar dados referenciados espacialmente, fornecendo um suporte à tomada de decisões (Câmara e Medeiros, 1996).

Porém, é pouco comum encontrar na literatura formulações metodológicas de geoprocessamento para aplicações ambientais, de caráter abrangente. A tendência natural dos especialistas é trazer de suas disciplinas de origem as metodologias tradicionais adotadas e, realizar nos SIGs uma transposição mais ou menos direta destas técnicas (Câmara e Medeiros, 1996).

Neste panorama, o objetivo deste trabalho é o de comparar duas metodologias de geoprocessamento para projetos ambientais, analisando os resultados obtidos por medidas de controle. A primeira metodologia adota os operadores da Álgebra Booleana para a integração de dados temáticos de propriedades naturais, determinando se uma certa condição é verdadeira ou falsa. Esta técnica é semelhante à tradicional técnica de análise espacial empregada nas mesas de luz (Bonham-Carter, 1994), que não admite a possibilidade de uma relação parcial onde os temas compensam uns aos outros, caracterizando-se como conservadora em termos de risco. A segunda, chamada de Classificação Contínua, um novo atributo quantitativo é associado às classes temáticas por uma operação de ponderação, expressando uma relativa associação de cada propriedade natural com um determinado processo natural "P" (Berry, 1987). A combinação dos dados quantitativos é feita por operadores aritméticos da Álgebra de Mapas (Tomlin, 1991 e Câmara, 1995), permitindo a compensação plena dos temas, aceitando um risco médio.

O projeto em estudo neste trabalho trata do zoneamento pedoclimático para a cultura de soja, no estado de Santa Catarina. Combina classes de solo, clima, aptidão pedológica e climática, nas duas metodologias já citadas. Os resultados obtidos são avaliados qualitativamente por medidas de controle, que são relativos à produtividade de soja.

2. DADOS UTILIZADOS NO TRABALHO

Foram usados neste trabalho os seguintes dados referentes ao Estado de Santa Catarina:

Mapa de solos: originado do levantamento de solos do estado, pelo Centro Nacional de Pesquisas de Solo – Embrapa. As unidades taxonômicas de solos são distinguidas por características e propriedades que complementam a definição da classe, como: eutrófico, destrófico ou álico, além de números sequenciais que ordenam a identificação de classes que pertencem a mesma unidade taxonômica mas são distintas quanto a vegetação, relevo e fase de pedregosidade (Santos et al., 1998).

Mapa de unidades climáticas: as unidades climáticas ou regiões agroecológicas foram definidas com base nos levantamentos climáticos disponíveis, realizados pela Gerência de Recursos Naturais da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. (Epagri) e trabalhos sobre climatologia do Estado. Teve como finalidade reunir os municípios, em nível de macroclima, com características

climáticas (especialmente em relação ao regime térmico - pluviométrico); geomorfológicas; de capacidade de uso dos solos e uso atual; o mais homogêneas possíveis. O Estado foi dividido em cinco grandes regiões agroecológicas, com algumas delas subdivididas em duas ou mais sub-regiões (Thomé et al., 1996).

Aptidão pedológica para a cultura de soja: a avaliação pedológica foi realizada pela Embrapa, considerando os parâmetros de fertilidade, textura, classes de relevo, profundidade efetiva do solo, suscetibilidade à erosão, drenagem, pedregosidade e/ou rochiosidade. Para a cultura de soja, a avaliação considerou apenas o nível de manejo C (desenvolvido), visto ser a soja uma cultura altamente tecnificada. Cada unidade de solo foi enquadrada a uma classe de aptidão determinada pelo parâmetro de maior grau de limitação, com exceção da fertilidade, já que o uso de corretivos e fertilizantes é uma prática prevista no nível de manejo considerado. As classes de aptidão são: Boa, Regular, Restrita e Inapta (Embrapa, 1997).

Aptidão climática para a cultura de soja: a avaliação da aptidão climática foi realizada pela Epagri, considerando os seguintes índices climáticos: soma térmica no ciclo igual ou superior a 800°C, sendo a temperatura mínima basal igual a 15°C e a temperatura máxima basal igual a 40°C; deficiência hídrica no primeiro decêndio (semeadura - emergência) inferior a 10mm; somatório das deficiências hídricas do décimo ao décimo segundo decêndios (enchimento do grão) inferior a 20mm e ocorrência das últimas geadas de primavera e as primeiras geadas de outono. (Thomé et al., 1997 citado por Embrapa, 1997)

A partir desses índices, as unidades climáticas foram associadas as seguintes classes de aptidão climática: Preferencial, Tolerada e Cultivo não recomendado (CNR) (Embrapa, 1997).

Malha municipal: obtida da Malha Municipal Digital do Brasil, gerada pelo IBGE (IBGE, 1996).

Quantidade de soja produzida por município: obtida do banco de dados SIDRA-97 (IBGE, 1998), que contém o registro da quantidade de soja produzida em toneladas, para cada município do Brasil, referentes aos anos de 1990 à 1996 (IBGE, 1998).

3. MATERIAIS

Para recuperação, manipulação, interpretação e análise dos dados, foram usados os seguintes softwares:

SPRING 3.0 versão windows: manipulação dos dados espaciais;

IDRISI: determinação dos atributos numéricos associados às classes de solo e clima (segunda aplicação do método de Classificação Contínua) a partir da matriz de comparação;

Microsoft EXCEL: manipulação dos dados de quantidade de soja produzida por município.

4. METODOLOGIA

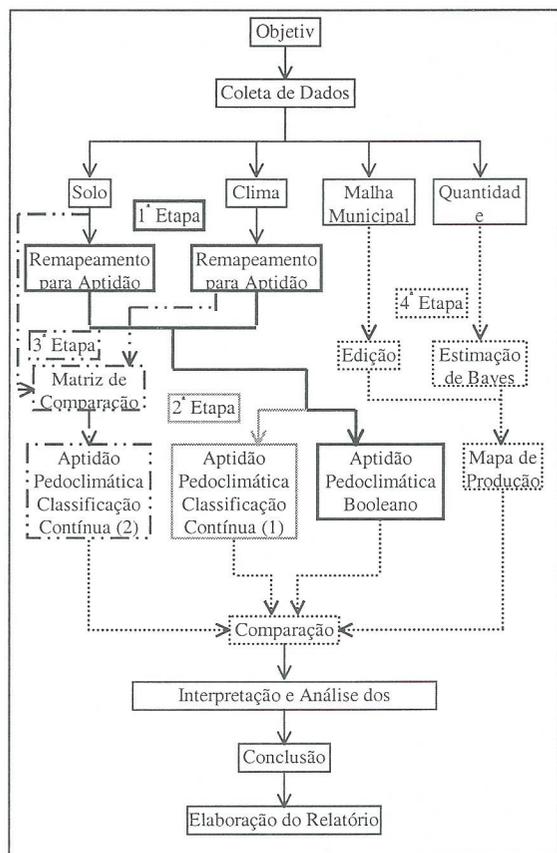


Fig. 1 – Fluxograma da metodologia do trabalho.

1ª Etapa

Nesta primeira etapa as classes de solo e clima foram remapeadas para as correspondentes classes de aptidão pedológica e climática, como mostram as Figuras 2 e 3.

Em seguida, foram integradas por um conjunto de regras Booleanas, usando o operador lógico AND, segundo a Tabela 1:

TABELA 1 - POSSÍVEIS COMBINAÇÕES ENTRE AS CLASSES DE APTIDÃO PEDOLÓGICA E CLIMÁTICA.

Classe de aptidão pedológica	Classe de aptidão climática		
	Preferencial	Tolerada	CNR
Boa	Preferencial	Tolerada	CNR
Regular	Tolerada	Tolerada	CNR
Restrita	Marginal	Marginal	CNR
Inapta	CNR	CNR	CNR

Fonte: Embrapa (1997).

O mapa de aptidão pedoclimática resultante desta técnica é representado na Figura 4.

2ª Etapa

Se refere à primeira aplicação do método de Classificação Contínua. Foram atribuídos valores numéricos às classes de aptidão pedológica e climática

no range de 0 a 1, por uma operação de ponderação, com base nas características das classes, como mostra a Tabela 2:

TABELA 2 - VALORES NUMÉRICOS ATRIBUÍDOS ÀS CLASSES DE APTIDÃO PEDOLÓGICA E CLIMÁTICA.

Aptidão pedológica		Aptidão climática	
Classe	Valor	Classe	Valor
Boa	1	Preferencial	1
Regular	0,6	Tolerada	0,4
Restrita	0,4	CNR	0
Inapta	0		

Com a reclassificação para atributos numéricos, foram geradas duas grades regulares, com resolução em X e Y de 100m. Estas duas grades foram somadas, supondo-se que tanto a aptidão pedológica como a climática, têm iguais contribuições para a aptidão agrícola. A grade gerada da soma foi discretizada para quatro classes temáticas de aptidão pedoclimática que seguiram as mesmas denominações de Preferencial, Tolerada, Marginal e Cultivo não recomendado, gerando o mapa representado na Figura 5. Para determinar os valores numéricos correspondentes a estas classes, foi obtido o histograma da grade, que visualmente era muito semelhante a uma distribuição normal. Supõe-se então, que os valores da grade eram normalmente distribuídos e foram definidos quatro intervalos de igual probabilidade de ocorrência (25%). Os valores correspondentes a estes intervalos foram interpolados na grade delimitando as quatro classes de aptidão pedoclimática.

3ª Etapa

Esta etapa corresponde à segunda aplicação do método de Classificação Contínua, que teve a finalidade de atribuir valores numéricos, não mais às classes de aptidão pedológica e climática e sim às classes de solo e de clima, na tentativa de refinar a resolução espacial dos temas.

As classes de solo representadas no mapa foram separadas em quinze grupos de acordo com sua própria classificação e aptidão pedológica definida pela Embrapa. Os valores numéricos atribuídos a cada grupo foram determinados pelo módulo WEIGHT implementado no software IDRISI, que utiliza uma técnica de comparação pareada para definir um conjunto de pesos aos critérios (aqui, cada grupo). As comparações referem-se à importância relativa a cada dois critérios na determinação de sua aptidão para o objetivo determinado (aqui, aptidão agrícola), gerando



Fig. 2 – Mapa de Aptidão Pedológica para a Cultura de Soja.

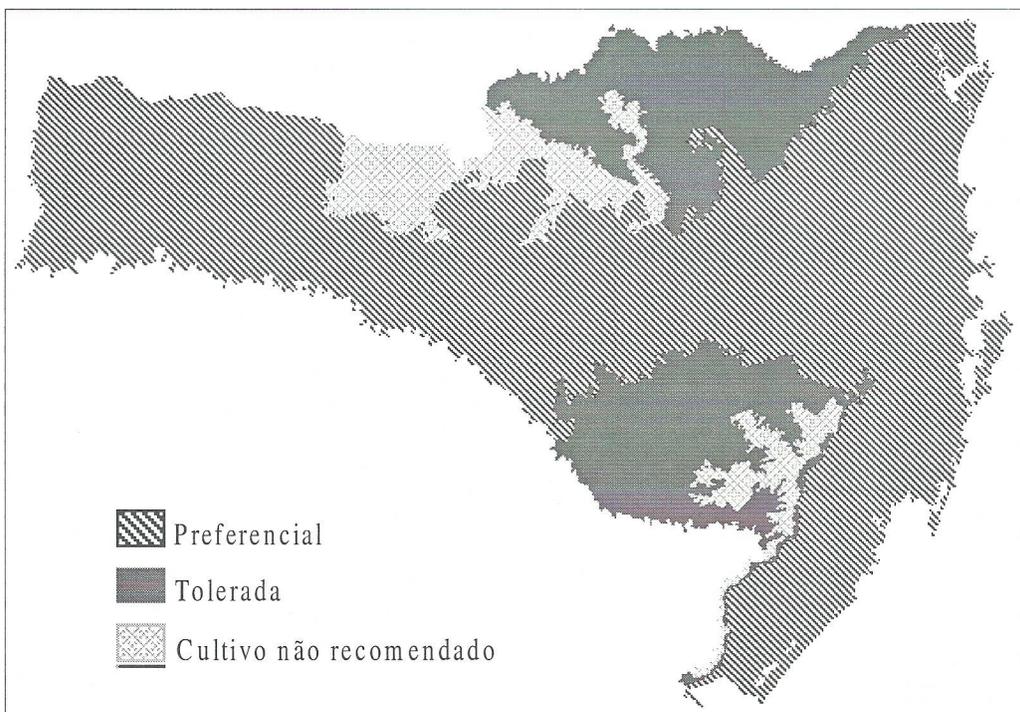


Fig. 3 – Mapa de Aptidão Climática para a Cultura de Soja.

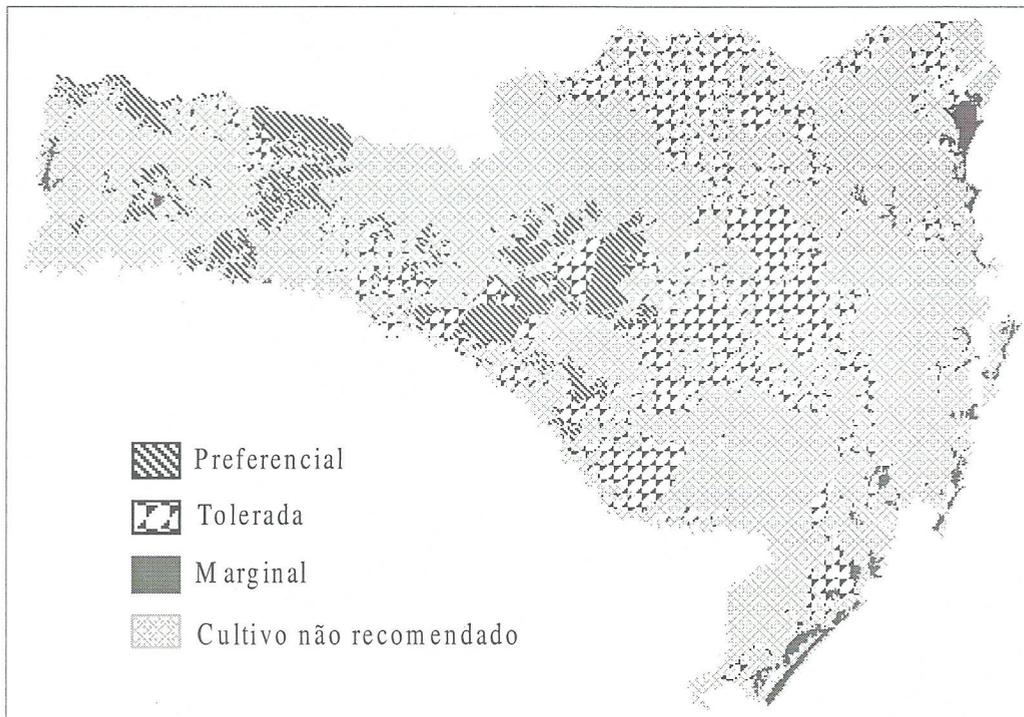


Fig. 4 – Mapa de Aptidão Pedoclimática para a Cultura de Soja / Método Booleano.

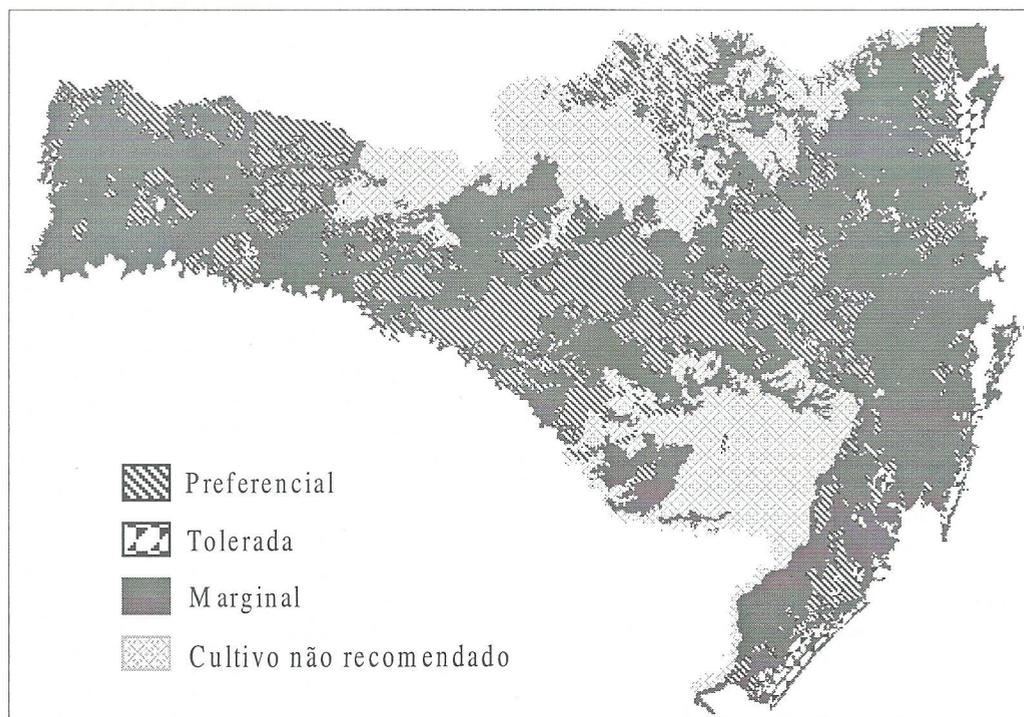


Fig. 5 – Mapa de Aptidão Pedoclimática para a Cultura de Soja / Método Classificação Contínua (para as classes de aptidão do solo e aptidão do clima – 1ª aplicação)..

uma matriz de comparação, cujo autovetor representa esses pesos (soma igual a 1) que então, indicam a importância relativa de cada critério em relação aos demais (Eastman, 1998).

Para as unidades climáticas, pretendia-se fazer o mesmo, mas não haviam informações sobre as características de cada unidade, além da sua aptidão. Então, foi aplicada a técnica de comparação pareada para as três classes de aptidão climática, cujos valores obtidos foram linearmente transformados, para que os valores máximo e mínimo fossem equivalentes aos valores máximo e mínimo atribuídos às classes de solo. A Tabela 3 apresenta os valores numéricos correspondentes aos critérios de solo e clima.

TABELA 3 - VALORES NUMÉRICOS ATRIBUÍDOS ÀS UNIDADES DE SOLO E ÀS CLASSES DE APTIDÃO CLIMÁTICA.

Unidade de solo			Aptidão climática	
Classes	Aptidão	Valor	Classe	Valor
TB, TBR	Boa	0.3387	Preferencial	0.3387
LR, LB, LBE, LBR	Boa	0.2506	Tolerada	0.0718
PV	Boa	0.1902	CNR	0.0007
TB, TBR	Regular	0.0825		
PE, PV	Regular	0.0459		
C	Regular	0.0331		
A	Regular	0.0220		
TR	Restrita	0.0149		
PV	Restrita	0.0068		
C	Restrita	0.0059		
A, AM, AQ	Restrita	0.0040		
TB, TBR, TR	Inapta	0.0025		
PE, PV	Inapta	0.0014		
C, P	Inapta	0.0010		
AR, D, HGH, HGP, HO, SM, R	Inapta	0.0007		

A integração das grades geradas do remapeamento numérico, foi por uma soma ponderada (peso 1 para os grupos de solo e 0,8 para as classes clima), supondo que as características do solo são mais importantes para a definição da aptidão pedoclimática, do que as características de clima, nesta proporção.

Para representar a grade final nas quatro classes temáticas de aptidão pedoclimática, supõe-se que seus valores eram normalmente distribuídos. Foram estimadas a média e a variância a partir dos possíveis valores gerados da combinação (independente da frequência) e determinados quatro intervalos com iguais probabilidades de ocorrência (25%), que interpolados na grade, delimitaram as classes, como mostra o mapa na Figura 6.

4ª Etapa

Consiste na espacialização dos dados de quantidade produzida de soja por município gerando um mapa com quatro classes de produção, e a comparação deste mapa com os três de aptidão pedoclimática já citados.

Dos dados de quantidade de soja produzida em toneladas por município, disponíveis para os anos de 1990 à 1996, foram excluídos os correspondentes ao

ano de 1991, por serem muito atípicos, podendo comprometer toda a análise. Dos demais dados foi obtida a média para cada município, que normalizada pela área do município, gerou um valor aqui denominado de índice de produção (tonelada/hectare). A espacialização deste índice foi feita pelo método de Estimativa Impírica de Bayes, que parte da idéia geral de uma distribuição de probabilidade a priori não convencional, para os valores de um parâmetro de interesse, que é convertida para uma distribuição a posteriori usando os dados observados (probabilidade relativa). Este método supõe que o parâmetro normalizado θ_i (aqui, índice de produção) para cada área, tem uma distribuição de probabilidade a priori com média γ_i e variância ϕ_i . Para estimar essas médias e variâncias é feita a simplificação de que são iguais para todas as distribuições a priori, ou seja, $\gamma_i = \gamma$ e $\phi_i = \phi$. A partir desta simplificação assume-se que a então distribuição de probabilidade a priori é uma distribuição gamma, e γ e ϕ são estimados pelo método de máxima verossimilhança a partir dos dados observados normalizados. Estes estimadores são um tanto quanto complexos, e uma alternativa é aplicar o método dos momentos, onde:

$$\gamma = \frac{\sum \gamma_i}{\sum n_i} \quad \phi = \frac{\sum n_i (r_i - \gamma)^2}{\sum n_i} - \gamma$$

e o parâmetro normalizado estimado θ_i' :

$$\theta_i' = \gamma + \frac{\phi (r_i - \gamma)}{(\phi + \gamma/n_i)}$$

sendo:

γ - média estimada;

γ_i - parâmetro observado;

n_i - parâmetro que normaliza;

ϕ - variância estimada;

$r_i - \gamma_i/n_i$;

n - média de n_i .

Os valores θ_i' correspondem à distribuição de probabilidade a posteriori (Bailey e Gatrell, 1995).

Com a aplicação do método de Estimativa Impírica de Bayes (estimativa feita pelo método dos momentos), foi então obtida a probabilidade relativa de produção de soja para cada município, que por sua vez foram divididas em quatro classes, conforme a Tabela 4.

TABELA 4 - INTERVALOS DE PROBABILIDADE DE PRODUÇÃO DE SOJA E RESPECTIVAS CLASSES.

Probabilidade (P)	Classe
$P < 1\%$	Não produz
$1\% < P < 5,5\%$	Produção baixa
$5,5\% < P < 10\%$	Produção média
$P > 10\%$	Produção alta



Fig. 6 – Mapa de Aptidão Pedoclimática para a Cultura de Soja / Método Classificação Contínua (para os grupos de solo e classes de aptidão climática – 2ª aplicação).

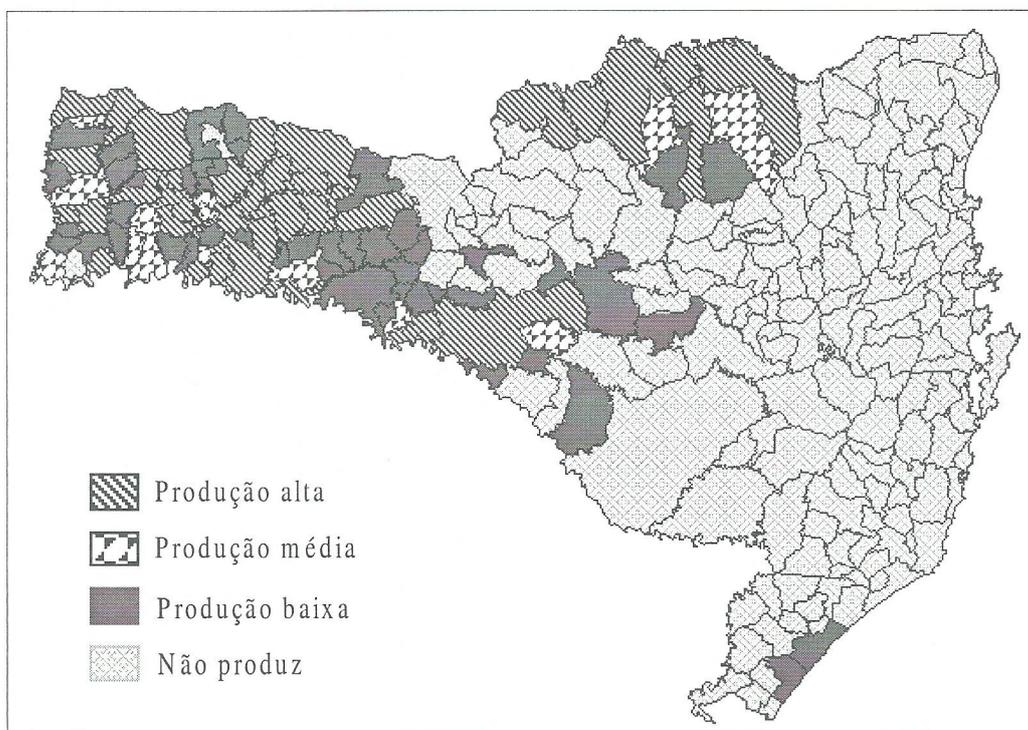


Fig. 7 - Mapa de Produção Relativa de Soja por Município.

O mapa de produção de soja por município é apresentado na Figura 7.

Para comparar este mapa com os de aptidão pedoclimática, também foi usado o método de Classificação Contínua, atribuindo valores iguais às classes de aptidão e às correspondentes de produção, como por exemplo: a classe Preferencial recebeu o mesmo valor que a classe de Produção Alta, etc.. Com as grades geradas, dividiu-se a de aptidão pela a de produção e, dos valores obtidos, os iguais a 1 foram classificados como Equivalente, os maiores que 1, Superestimação e os menores, como Subestimação. Estas duas últimas classes ainda foram subdivididas em três grupos, conforme mostra a Tabela 5.

TABELA 5 - CLASSIFICAÇÃO DO CRUZAMENTO APTIDÃO X PRODUÇÃO.

	Preferencia 1	Tolerada	Marginal	CNR
Produção Alta	Equivalent e	Sub passo 1	Sub passo 2	Sub passo 3
Produção Média	Super passo 1	Equivalent e	Sub passo 1	Sub passo 2
Produção Baixa	Super passo 2	Super passo 1	Equivalent e	Sub passo 1
Não Produz	Super passo 3	Super passo 2	Super passo 1	Equivale nte

Nas Figuras 8, 9 e 10 estão apresentados os três mapas resultantes do cruzamento Aptidão X Produção.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando os mapas de aptidão pedoclimática obtidos pelos métodos Booleano (Figura 4) e Classificação Contínua (Figura 5 - primeira aplicação), ambos sobre os dados de aptidão pedológica e climática, observa-se a abordagem de "risco", confirmando a característica de conservador do método Booleano e de risco médio do método de Classificação Contínua, com classes de aptidão mais otimistas.

Já o mapa obtido do método de Classificação Contínua sobre as classes de solo e classes de aptidão climática (Figura 6), com os valores dos critérios adquiridos por comparação pareada, um resultado interessante é a ausência da classe Marginal. Isto ocorreu porque haviam três classes referentes ao clima, que quando somadas aos quinze grupos de solo, definiu três conjuntos de valores bem distintos. Desta forma, a

predominância das classes Preferencial e Tolerada, se dá pela influência da aptidão climática Preferencial, dominante em todo o Estado. Este resultado sugere que para uma análise com resolução espacial dos temas mais refinada, o número de classes de solo e clima, deve ser aproximadamente o mesmo. O resultado do cruzamento entre o mapa de aptidão pedoclimática - método Booleano, e o de produção por município (Figura 8), mostra uma extensa área de domínio das classes de Subestimação, aqui considerado um grande problema, pois indicam áreas não aptas, ou não aptas o suficiente, para os índices de produção apresentados nos últimos anos.

Para o cruzamento com o mapa obtido do método de Classificação Contínua das classes de aptidão pedológica e climática (Figura 9), encontrou-se no geral o melhor resultado. As áreas de Subestimação, principalmente as de passo 3, reduziram bastante na região oeste do Estado, o que é muito positivo. A grande área de Superestimação de passo 1, presente próxima ao litoral, corresponde a classe de aptidão Marginal e não tem registro de produção, podendo então ser desconsiderada, já que pela própria experiência, a prática agrícola rentável nestas regiões deve ser outra. Uma outra área de domínio das classes de Superestimação correspondente às regiões agroecológicas Vale do Rio do Peixe e Planalto Central - 3A e Alto Vale do Rio Itajaí - 2A, provavelmente indica que essas regiões não estão sendo exploradas em toda a sua capacidade de produção de soja, pois apresentam aptidão pedoclimática favorável (também ocorre nos outros mapas gerados) e estão próximas às áreas altamente produtivas.

No último mapa de comparação (Figura 10), já era esperada a predominância das áreas de Superestimação pela influência da aptidão climática favorável, compensando as classes de Subestimação. Porém, como em todos os outros mapas, a região do Planalto Norte Catarinense se manteve altamente subestimada, e como este resultado foi induzido pelas características do clima, leva à suspeita de alguma problemática na caracterização ou classificação climática desta região.

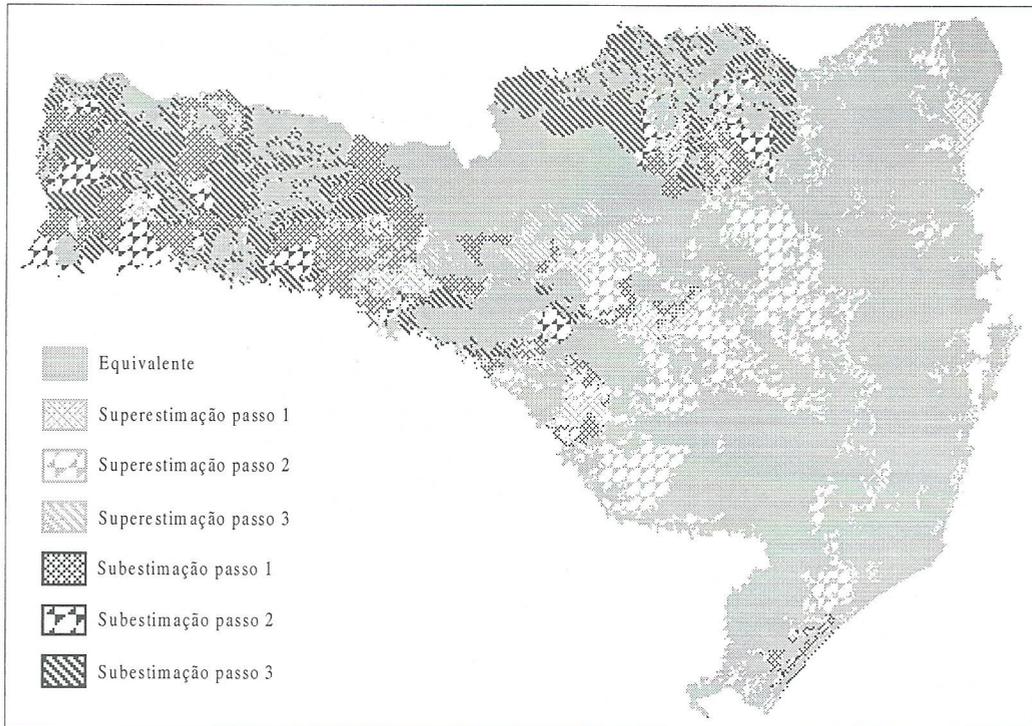


Fig. 8 – Mapa de Comparação: Produção de Soja X Aptidão Pedoclimática – Método Booleano.

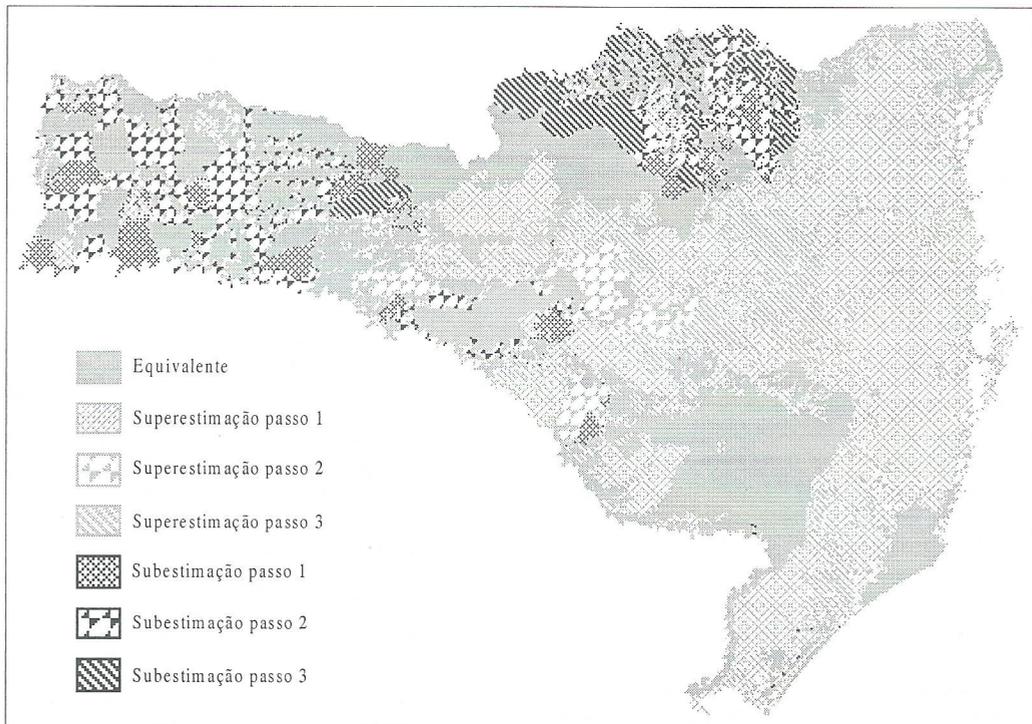


Fig. 9 – Mapa de Comparação: Produção de Soja X Aptidão Pedoclimática – Método Classificação Contínua (1ª aplicação).

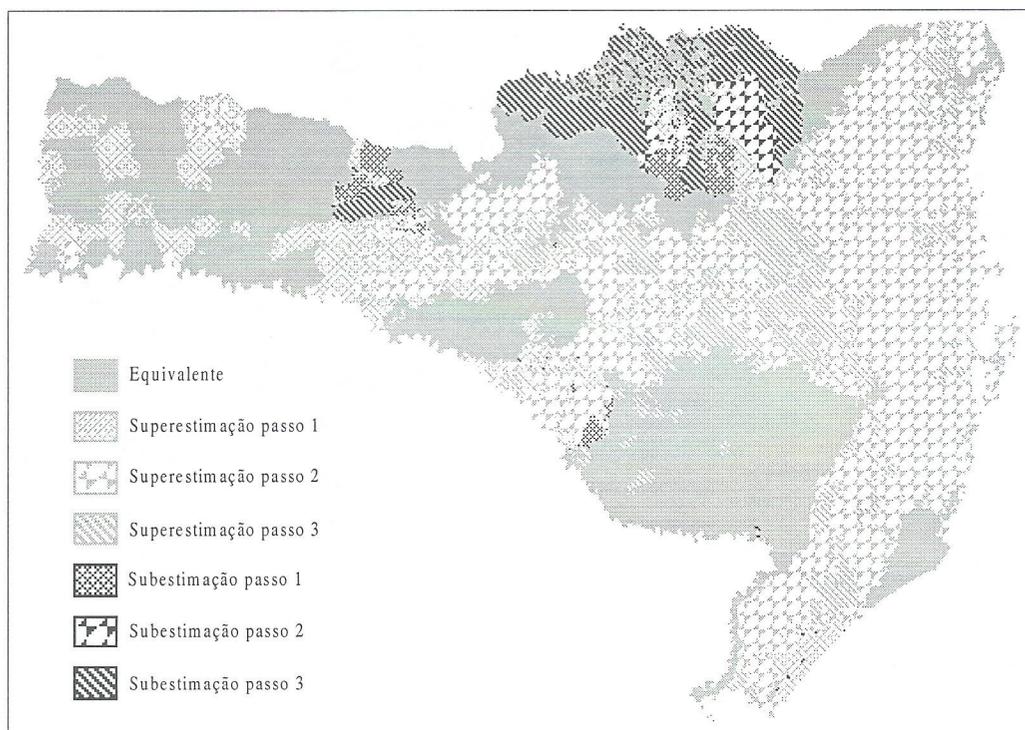


Fig. 10 – Mapa de Comparação: Produção de Soja X Aptidão Pedoclimática – Método Classificação Contínua (2ª aplicação).

6. CONCLUSÃO

O método de Classificação Contínua foi considerado de fácil implementação e muito interessante pela liberdade de combinar os dados por operações matemáticas. Entretanto, há a dificuldade da escolha dos atributos quantitativos que são associados aos mapas temáticos. A matriz de comparação implementada no software IDRISI é uma boa alternativa, mas assim mesmo o usuário tem que estabelecer uma relação de importância entre os critérios. Uma solução para este problema seria usar um outro critério quantitativo que caracterizasse a propriedade natural, como por exemplo, uma certa propriedade química do solo. Se isso não for possível, vale a experiência dos especialistas.

A escolha dos atributos numéricos neste trabalho foi subsidiada pela classificação de aptidão definida pela Embrapa e talvez um estudo mais exaustivo para essa escolha e para a escolha da operação matemática, trouxesse resultados melhores, mas não muito diferentes dos aqui obtidos. Mesmo assim, o trabalho foi considerado de grande valia, pois de uma maneira simples, prova a necessidade por uma investigação das possíveis metodologias de análise espacial, para a escolha daquela que melhor se enquadra aos dados trabalhados e que, as tradicionais metodologias de análise espacial empregadas nas mesas de luz, nem sempre são a melhor opção em meio digital.

Algumas sugestões para o aperfeiçoamento deste trabalho seriam: o refinamento dos dados climáticos; a desagregação dos dados de solo considerando cada

parâmetro, ou pelo menos os principais, como critérios particulares para a definição da aptidão; aplicar as abordagens Fuzzy (Burrough e McDonnell, 1998) e Inferência Bayesiana (Bonham-Carter, 1994) comparando os resultados; definir as áreas de cultivo de soja no últimos anos refinado o mapa de produção e determinar um índice ou uma representação espacial que indique uma informação de incerteza associada aos mapas de aptidão gerados permitindo uma avaliação objetiva dos resultados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILEY, T.C.; GATRELL, A.C. **Interactive spatial data analysis**. Edinburgh Gate, Addison Wesley Longman, 1995.
- BERRY, J.K. Fundamental operations in computer-assisted map analysis. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 1, n. 2, p. 119-136, 1987.
- BONHAM-CARTER, G.F. **Geographic information systems for geocientists: modelling with GIS**. Kidlington, Elsevier Science, 1994.
- BURROUGH, P.A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of geographical information systems**. New York, Oxford University Press, 1998.

- CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos**. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1996.
- EASTMAN, J.R. **IDRISI for Windows**: Introdução e exercícios tutoriais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Centro de Recursos Idrisi, 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). **Zoneamento pedoclimático do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, Embrapa, 1997.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malha municipal digital do Brasil: situação em 1991 e 1994**. [CD-ROM]. Rio de Janeiro, IBGE, 1996.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA 97)**. [online]. <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Sep, 1998.
- SANTOS, H.G.; LARACH, J.O.I.; MOTHCI, E.P. **Símbolos e convenções para identificação de classes de solos**. [online]. <<http://www.cnps.embrapa.br/frames/classif.html>>. Mai, 1998.
- TOMLIN, C.D. Cartographic modelling. In: MAGUIRE, D.J.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D.W. ed. **Geographical information systems: principles and applications**. Harlow, Longman Scientific and Technical, 1991. v. 1, p. 361-374.
- Thomé, V. M. R.; Zampieri, S. L.; Braga, H. J. **Zoneamento agrícola para a cultura do trigo em Santa Catarina**. Florianópolis, Epagri, 1996. (Epagri - Documento n.171)