

Boletim Gaúcho de Geografia

<http://seer.ufrgs.br/bgg>

METODOLOGIA PARA A REALIZAÇÃO DE ZONEAMENTOS DE CULTURAS DIVERSAS UTILIZANDO AS TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO - UM EXEMPLO DE CASO: O TRIGO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Paulo Roberto Fritz

Boletim Gaúcho de Geografia, 25: 167-182, jun., 1999.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/39760/26293>

Publicado por

Associação dos Geógrafos Brasileiros



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: portoalegre@agb.org.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/bgg/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/bgg/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/bgg/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - jun, 1999

Associação Brasileira de Geógrafos, Seção Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil

METODOLOGIA PARA A REALIZAÇÃO DE ZONEAMENTOS DE CULTURAS DIVERSAS UTILIZANDO AS TÉCNICAS DO GEOPROCESSAMENTO – UM EXEMPLO DE CASO: O TRIGO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL¹

*Paulo Roberto Fitz **

Apesar do potencial agrícola do Brasil, o cultivo tradicional de trigo não se faz presente na maior parte de seu território. A existência do cultivo da planta no Estado de São Paulo data do início da colonização do país, sendo introduzida no Rio Grande do Sul, com boa produção, pelos açorianos em meados do século 18.

A triticultura tem recebido diferentes questionamentos ao longo dos tempos em relação à sua viabilidade econômica no país. A baixa produtividade, situada em torno de 1 t/ha, enquanto que certos países produtores atingem cerca de 6 t/ha, talvez explique o porquê desta cultura ter vindo a sofrer uma redução superior a 70% em sua produção nos últimos anos.

Entretanto, cabe salientar que, em 1995, segundo dados do IBGE, o consumo de trigo no Brasil atingiu 8,5 milhões de toneladas, sendo que apenas 1,5 milhões de toneladas teriam sido colhidas em nosso território.

Estes dados por si só denotam a importância da cultura e a conseqüente necessidade de pesquisas na área a fim de se buscar um levantamento da viabilidade do cultivo e da validade de uma possível reorganização nas questões relacionadas à atual política agrícola desenvolvida no país.

O presente artigo, oriundo de pesquisas realizadas para a elaboração de dissertação de mestrado defendida em janeiro de 1998 no Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia do Rio Grande do Sul, procura apresentar algumas discussões em relação à aplicação das técnicas de geoprocessamento para a avaliação do potencial de uso da terra visando a identificações de áreas passíveis de utilização de culturas diversas, optando-se, no presente caso, pelo trigo no Estado do Rio Grande do Sul.

Esta estruturação, tendo como objeto o cultivo do trigo, procurará auxiliar num melhor planejamento agrícola, possibilitando uma distribuição mais racional de recursos e uma eficiente previsão de safras.

¹ Artigo produzido a partir da dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto defendida na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, em janeiro de 1998.

O CULTIVO DO TRIGO: LIMITAÇÕES NATURAIS

Como qualquer cultura agrícola, o trigo apresenta um certo número de limitantes naturais para o seu desenvolvimento sadio. Adversidades encontradas no meio físico, principalmente àquelas relacionadas com as condições climáticas da região, influenciam decisivamente na sua produção. As características químicas, físicas e morfológicas do solo também são aspectos que devem ser levados em consideração para sua exploração racional.

Desta forma, na referida pesquisa procurou-se desenvolver, além das questões climáticas, também aquelas vinculadas à fertilidade do solo. Este aspecto diz respeito à tentativa de melhor adequar espacialmente as regiões tidas como “naturalmente” propícias ao cultivo do cereal, pois a maior ou menor adequabilidade estaria ligada a uma maior ou menor utilização de adubação visando uma correção do solo.

MOTA In: OSÓRIO (1982) coloca que “agronomicamente, o clima favorável para o trigo é descrito como tendo invernos suaves, verões quentes com alta radiação solar, sem chuvas fortes, com o suprimento de água fornecido principalmente pela umidade armazenada no solo”.

No caso do Estado do Paraná, analisando de forma similar, VIEIRA & MUZZI In: IAPAR, 1981, confirmam a possibilidade de caracterizar as limitações de alguns tipos de solos em termos de extensão e de potencial tritícola, citando os seguintes fatores limitantes à exploração da cultura: *deficiência de fertilidade, deficiência de água, suscetibilidade à erosão, impedimento à mecanização e deficiência de aeração ou excesso de água*. Os autores salientam ainda que, em função da variabilidade dos tipos, alguns solos receberam graus de limitações maiores ou menores do que os recomendados na bibliografia usual.

De uma maneira geral, a metodologia adotada no estudo realizado e defendido teve sua base nas colocações feitas por MEHTA (1978), as quais dizem respeito, principalmente, aos problemas causados na cultura advindos de geadas, fortes precipitações pluviométricas, erosão, fertilidade do solo e desenvolvimento de invasoras.

GEOPROCESSAMENTO E ZONEAMENTOS

Buscou-se, no decorrer dos trabalhos, adequar da melhor maneira possível, a potencialidade das técnicas de geoprocessamento, optando, para isto, pela realização de um zoneamento que englobasse todo o Estado do Rio Grande do Sul. Tal estruturação baseou-se em determinadas condicionantes específicas ao comportamento da planta em seu ciclo de vida buscando localizar, no território gaúcho, as áreas mais ou menos propícias ao seu cultivo.

Uma primeira consideração a se fazer, diz respeito ao conceito de *zona*. GUERRA (1993) coloca que “do ponto de vista geográfico, compreende-se como as fai-

xas da Terra delimitadas pelos trópicos e pelos círculos polares”. OLIVEIRA (1993) a define como sendo “Qualquer faixa de latitude que circunscreve a Terra, indicada pelas unidades de medição linear ou angular”.

As características de uma *zona* estão ligadas, portanto, à posição por ela ocupada na Terra em termos de latitude, ou seja, em relação à sua distância da linha do equador aos pólos: conforme ocorra um afastamento do equador no sentido polar, há uma tendência de redução das temperaturas (STRAHLER, 1981; COSTA, 1978). As condições climáticas, portanto, de uma maneira geral, acompanharão tais deslocamentos na esfera terrestre caracterizando o que se poderia denominar de *zonas climáticas*.

É passível de se afirmar, em decorrência, que um *zoneamento* qualquer deve, necessariamente, contemplar de forma prioritária as características climáticas da região em estudo.

A *Comissão sul-brasileira de pesquisa de trigo* realiza e publica anualmente as suas “*Recomendações*” para o cultivo do cereal apontando para uma regionalização da cultura para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Tal regionalização contempla critérios espaciais bem definidos: as divisões municipais e seus enquadramentos em *regiões tritícolas* para o Rio Grande do Sul e *regiões agroecológicas* para Santa Catarina. Especificamente para o RS, as épocas de semeadura dizem respeito a aspectos climáticos. A metodologia adotada utilizou de “modelos de simulação de crescimento e desenvolvimento de culturas e técnicas de geoprocessamento” (CUNHA & HASS, 1996), sendo definidos, pelos autores, como riscos climáticos ao cultivo, a

...ocorrência de geadas no período de espigamento e o excesso de chuva por ocasião da colheita. Para o risco de geada, definiu-se o período crítico de 15 dias, compreendido entre 10 dias antes da floração (antese) e 5 dias após esse estágio... No caso do risco por excesso de chuva no período da colheita, adotou-se, como subperíodo crítico da cultura, o intervalo entre o estágio de maturação fisiológica e 15 dias após.

As *Recomendações de época de semeadura de trigo para o Estado do Rio Grande do Sul* foram publicadas de formas diferenciadas, em 1996, simulando semeaduras entre os meses de abril e agosto. Não se tem conhecimento da publicação concomitante dos mapas contendo as regiões preferenciais para o cultivo do cereal. Como resultado dos trabalhos, as *recomendações* contemplam tão somente as épocas de semeadura recomendadas para os municípios do Estado.

O *Macrozoneamento agroecológico e econômico do Rio Grande do Sul* (RIO GRANDE DO SUL, 1994) contempla de forma simplificada alguns mapas, entre eles um contendo o zoneamento para o trigo realizado ainda sem a utilização das técnicas de geoprocessamento. O trabalho desenvolvido, de bela qualidade gráfica, que envolvia diversas culturas – vinte no total – trata-se, na verdade de uma reedição de outros zoneamentos anteriormente realizados no Estado.

O mapa contendo as zonas preferenciais de cultivo de trigo, em número de oito, de inapta a preferencial, apresenta uma metodologia baseada nos graus de restrições ao cultivos relativos à umidade relativa do ar e à temperatura do inverno.

Ao realizar-se uma sobreposição da divisão municipal atual,² pôde-se observar que, em algumas áreas, os limites zonais confundem-se com os limites municipais. Não se possui nenhuma informação a respeito desta “adequação” de resultados.

OS SIGS – SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Em artigo publicado na revista *Fator GIS*, TEIXEIRA et alii (1995) discutem qual seria a melhor definição para SIG realizando uma boa abordagem sobre o assunto. A conclusão do trabalho dos autores foi a de que SIG seria o:

Conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas (usuário), perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação.

Tais sistemas, os SIGs, buscam, portanto, de uma forma geral, analisar as informações de caráter geográfico armazenadas em um banco de dados construído especialmente para este fim. Através dele são feitas as aquisição, armazenagem, combinação, análise e recuperação de dados geocodificados (EASTMAN, 1992).

Para a realização desta pesquisa, optou-se pela utilização do *software* Idrisi. Esta escolha baseou-se, principalmente, em função da relação custo-benefício proporcionada por tal *software*, já que o mesmo não necessita de investimentos de vulto em *hardware* apresentando bom desempenho mesmo com equipamento de pouca capacidade computacional, sendo de fácil aprendizagem COMAS & RUIZ (1993).

ÁREA DE ESTUDO

Fazendo parte da Região Sul, que compreende, além dele próprio, os Estados de Santa Catarina e do Paraná, o Estado do Rio Grande do Sul corresponde à área mais meridional do Brasil, sendo o mais próximo do Círculo Polar Antártico, fato que acaba por refletir diretamente em suas características climáticas.

O seu território, com uma área de cerca de 282.184 km², aproximadamente 3,32% do total do Brasil, equivale a uma área semelhante ao triplo da de Portugal, oito vezes a da Holanda e treze vezes a de Israel (MOREIRA & COSTA, 1986),

² Mapa contendo a divisão municipal de 1997 publicado pela SAA/DACC (Secretaria da Agricultura e Abastecimento/Departamento Agrário de Cartografia e Cooperativismo digitalizado na EMATER/RS.

apresentando uma forma bastante peculiar, aproximando-se de um losango, com os seguintes pontos extremos (VIEIRA, 1984):

- *ponto extremo norte*, a 27°03'42"S e a 53°03'24"W, em uma das curvas do rio Uruguai, à jusante da desembocadura do rio Chapecó;
- *ponto extremo sul*, a 33°45'09"S e a 53°23'22"W, na curva do Baleia, no arroio Chuí;
- *ponto extremo leste*, a 29°20'34"S e a 49°42'41"W, correspondendo à barra do rio Mampituba; e
- *ponto extremo oeste*, a 30°11'03"S e a 57°40'57"W, na barra do rio Quaraí.

Pode-se dizer, de forma bastante abrangente, que a posição geográfica ocupada pelo Rio Grande do Sul proporciona a passagem da zona climática tropical para a temperada. Igualmente, afirma-se, com certos cuidados, que o Estado apresenta como característica climática principal a uniformidade (VIEIRA, 1984). A *continentalidade* exerce pequena influência em função da área do Estado, apesar de verificarmos que a cidade de Uruguaiana, no extremo oeste, possuir a maior amplitude térmica do país (MOREIRA & COSTA, 1986); a *posição latitudinal*, da mesma forma, sendo responsável apenas por diferenciações locais; já, a questão da *altitude* não chega igualmente a comprometer o conjunto na medida que a região que apresenta as maiores altitudes, de até 1.200 metros, mesmo apresentando as médias térmicas mais baixas, está localizada no nordeste do Estado, próxima ao oceano, o qual serve como regulador térmico e tende a elevar o grau de umidade do ar. Assim, segundo VIEIRA (1984), "no conjunto, os fatores estáticos do clima são de pequena significação, o que contribui à uniformidade climática rio-grandense".

Generalizando, a fim de que se possa ter uma idéia um pouco mais detalhada a respeito das condições climáticas do Estado, de acordo com os dados das *Normais climatológicas* publicadas pelo Departamento Nacional de Meteorologia (BRASIL, 1992), relativos a 11 (onze) estações meteorológicas, a temperatura média anual do Estado situa-se em torno de 17,9°C, com uma variação anual entre as estações de 14,7°C, em Bom Jesus (28°40'S, 50°26'W) a 20,0°C, em São Luiz Gonzaga (28°24'S, 55°01'W). Já, a média das máximas, fica em torno de 23,6°C, variando de 20,3°C, em Bom Jesus, a 27,1°C, em Iraí (27°11'S, 53°14'W) e a média das mínimas nos 13,7°C, com variação de 10,7°C, em Bom Jesus, a 15,7°C, em Torres (29°20'S, 49°44'W). A precipitação média no Estado, ao longo do ano, é de cerca de 1620,9mm, enquanto que a média anual da umidade relativa do ar atinge 76,7%. As pequenas variações regionais verificadas, dizem respeito, portanto, às questões relacionadas aos fatores climáticos geográficos acima colocados.

Analisando a situação climática do Rio Grande do Sul a partir do sistema climático de Köppen, pode-se afirmar que o Estado possui um tipo climático "Cf"- "Clima chuvoso temperado (mesotérmico úmido), úmido em todas as estações" (STRAHLER, 1981; STRAHLER & STRAHLER, 1994). Dentro deste tipo climático, de uma forma generalizadora, pode-se afirmar que ocorrem, no Estado, dois subtipos: o "Cfb", mesotérmico médio, com média das máximas inferior a 22°C, que ocorre no nordeste,

onde as altitudes são maiores, no escudo sul-riograndense e em uma célula localizada bem ao sul do Estado, já por influência da latitude; e o “Cfa”, clima subtropical, com temperatura média das máximas superior a 22°C, no restante.

Outro aspecto a ser colocado diz respeito ao relevo. PENTEADO (1983) afirma que:

O relevo terrestre é o resultado da interação de processos endógenos e exógenos. Estes últimos pertencem, especificamente, à atmosfera, à hidrosfera e à biosfera.

Para a autora, os fenômenos (físicos) que ocorrem na superfície terrestre são comandados pela atmosfera e, em assim sendo, os fatores climáticos são o embasamento de sua explicação

Partindo-se desta maneira de análise, pode-se afirmar que a estruturação do relevo Riograndense está diretamente ligada às condições geológicas e climáticas decorrentes de sua posição espacial. VIEIRA (1984) coloca que existe uma “profunda e inseparável interação entre os fenômenos climáticos e geoestruturais formando o quadro morfoclimático de determinada região”.

Para este trabalho, utilizou-se, para o relevo gaúcho, a classificação proposta por VIEIRA (1984), a qual divide o estado em quatro grandes unidades: *Escudo Sul Riograndense, Depressão Central ou Periférica, Planalto Arenito-Basáltico e Planície Costeira*.

Outra questão vinculada diretamente a esta estruturação diz respeito aos tipos de solos que ocorrem no Estado do Rio Grande do Sul. Os processos de intemperismo, que provocam o desgaste das rochas *in situ*, aliados à presença dos seres vivos proporcionam as condições básicas para a formação do solo. Todas estas condições que caracterizam ou não a sua existência e composição são decorrentes, portanto, da ação combinada de fatores diversos como a rocha matriz, o relevo, o clima, os seres vivos, o tempo e dos efeitos produzidos pela atuação antrópica (BRASIL/IBGE, 1993).

Estas colocações proporcionam alguns questionamentos a respeito da composição ideal de um solo. KIEHL (1979) afirma que, segundo determinados autores, um solo contendo seus componentes ideais deve possuir cerca de 50% de porosidade total – com 25% de ar e 25% de porosidade tomada pela água; ou, segundo outros, 16,5% de macroporos ocupados pelo ar do solo e cerca de 33,5% de microporos responsáveis pela retenção de água – e 50% de volume de sólidos, divididos em 45% de matéria mineral e 5% de matéria orgânica.

Assim, outros conceitos foram introduzidos e analisados. Nas referências citadas na metodologia adotada na pesquisa, o conceito de *fertilidade* está ligado à disponibilidade de elementos nutritivos em quantidades satisfatórias a fim de proporcionar um bom desenvolvimento da planta; a questão da *suscetibilidade à erosão* diz respeito à sujeição maior ou menor do solo à ocorrência do fenômeno; as *deficiências ou não de água e ar* estão relacionadas com as menores ou maiores capacidades de retenção de água e ar, respectivamente, pelo solo; e, o *impedimen-*

to à *mecanização* vincula-se à possibilidade ou não para a utilização de implementos agrícolas. (BRASIL/IBGE, 1993; BRASIL, 1973).

De maneira bastante ampla, pode-se dividir os solos que ocorrem no Estado em três grandes grupos (BRASIL, 1993):

- a) *solos do planalto*, que teriam como limitante fundamental ao desenvolvimento agrícola a sua natureza química;
- b) *solos da campanha e serra do sudeste*, onde a limitação básica estaria relacionada à profundidade do solo;
- c) *solos da depressão central e litoral*, que teriam como limitação a questão da drenagem.

MATERIAIS UTILIZADOS

Software

- IDRISI (versão 2.0 para *Windows*) – Trata-se do *software* utilizado como base para os trabalhos vinculados diretamente ao geoprocessamento. Através dele foram realizados os cruzamentos dos dados para a geração dos mapas contendo os produtos finais das investigações propostas.
- SURFER (versão 5.00) – Empregado para a confecção dos mapas de isolinhas, obtidos através da interpolação dos valores de tabelas que continham os dados climáticos importados.
- AUTOCAD (versão 13 para *Windows*) – Utilizado para a digitalização do mapa de solos e do contorno do Estado do Rio Grande do Sul.
- COREL DRAW (versões 4.0 e 7.0) – Usado para ajustes e plotagem final dos mapas gerados.
- ADOBE PHOTOSHOP (versão 3.0.4) – Empregado para ajustes em alguns dos mapas gerados.
- WINDOWS 3.11/WINDOWS 95/OFFICE 95 – Utilizados de acordo com suas funções específicas; em especial, utilizou-se as planilhas do *EXCEL* contidas no pacote *OFFICE* para a digitação dos dados climáticos e posterior exportação para o *SURFER*. Para a digitação dos textos, foi utilizado o *WORD* para *Windows* em diferentes versões.

Hardware

- MICROCOMPUTADOR PC PENTIUM, 90MHz, 40 Mb
- MESA DIGITALIZADORA CALCOMP Drawing Board III
- IMPRESSORA HP LASER COLOR
- PLOTTER HP DESIGN JET COLOR 450C

METODOLOGIA: CRITÉRIOS UTILIZADOS

Em função do exposto até aqui, esta proposta metodológica tende a recair na utilização ponderada dos aspectos levantados. Assim, há uma tendência a privilegiar os climáticos em detrimento dos demais.

No trabalho desenvolvido, em função de sua escala de abrangência, não foram levadas em consideração variações pontuais, ocasionais e, tampouco, situações restritas e/ou específicas a determinadas regiões que poderiam ou não constituir características de *microclimas*, apesar da possibilidade de que tais condições possam constituir graves entraves para o cultivo do trigo. A ocorrência de granizo, por exemplo, pode arrasar completamente uma lavoura, mas, devido à sua pequena expressão em termos de espacialidade e temporalidade, não foi levada em consideração como uma frequência significativa no conjunto dos fatores climáticos.

Os dados referidos no decorrer da exposição referem-se àqueles contidos no *Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul* publicado em 1989, nas *Normais climatológicas (1961-1990)* do Departamento Nacional de Meteorologia, de 1992 e dos *Dados climáticos* obtidos junto à FEPAGRO. Recaiu-se, basicamente, na utilização dos elementos disponíveis no *Atlas Agroclimático*, que, apesar de conter dados mais antigos que os do Departamento Nacional de Meteorologia, contemplam um número bem maior de estações meteorológicas (até 42 contra 11). Esta escolha deveu-se a três aspectos principais:

- 1) morosidade na obtenção dos dados do Departamento Nacional de Meteorologia (o envio dos mesmos demorou cerca de oito meses);
- 2) existência, na biblioteca EMATER/RS, do *Atlas Agroclimático*;
- 3) quantidade maior de informação nos dados da FEPAGRO e no “*Atlas*” (número de estações e partição decendial).

A partir dessas considerações, escolheu-se como os períodos mais representativos, em função das variações de *temperaturas*, os seguintes riscos para o cultivo com os respectivos pesos adotados:

a) *média para o desenvolvimento e perfilhamento do cereal:*

- inferior a 10°C – peso 2;
- entre 10°C e 15°C – peso 1;
- entre 15°C e 25°C – peso 0;
- entre 25°C e 28°C – peso 1;
- superior a 28°C – peso 2.

b) *média das máximas no período de espigamento-enchimento do grão:*

- inferior a 26°C – peso 0;
- entre 26°C e 27°C – peso 1;
- entre 27°C e 28°C – peso 2;
- entre 28°C e 29°C – peso 3;
- entre 29°C e 30°C – peso 4;
- entre 30°C e 31°C – peso 5;
- entre 31°C e 32°C – peso 6;
- superior a 32°C – peso 10.

c) *média das mínimas no período de floração:*

- inferior a 7,5°C – peso 2;

- entre 7,5°C e 10°C – peso 1;
- superior a 10°C – peso 0.

Optou-se, no estudo referenciado, em relação à *ocorrência de geadas* pelos dados obtidos visualmente nas estações meteorológicas espalhadas pelo Estado (RIO GRANDE DO SUL, 1997) em função de que nem sempre temperaturas próximas a zero grau traduzem-se na existência do fenômeno. A ponderação utilizada foi a que segue:

– *ocorrência de geadas no período de emborrachamento e floração:*

- número de dias superior a 7 – peso 10;
- número de dias entre 6 e 7 – peso 7
- número de dias entre 5 e 6 – peso 6
- número de dias entre 4 e 5 – peso 5
- número de dias entre 3 e 4 – peso 4
- número de dias entre 2 e 3 – peso 3
- número de dias entre 1 e 2 – peso 2;
- sem registro de ocorrência (ou média inferior a 1 dia) – peso 0.

Nos períodos considerados no trabalho realizado, entre julho e novembro, os valores máximos e mínimos das médias de *Umidade Relativa do Ar (UR)*, de acordo com o *Atlas Agroclimático* (RIO GRANDE DO SUL, 1989) foram de, respectivamente, 88% (para Iraí, média referente ao mês de julho) e de 64% (média do mês de novembro verificada em Santo Ângelo). A média anual da *UR* das 41 estações consideradas foi de 76,88%. Dessa forma, em função da escassez de bibliografia, considerando-se as médias das *UR*, optou-se pela seguinte ponderação:

– *umidade relativa do ar no período de espigamento-enchimento do grão:*

- UR superior a 85% – peso 7;
- UR entre 82,5% e 85% – peso 6;
- UR entre 80% e 82,5% – peso 5;
- UR entre 77,5 % e 80% – peso 4;
- UR entre 75% e 77,5% – peso 3;
- UR entre 72,5 % e 75% – peso 2;
- UR entre 70% e 72,5% – peso 1;
- UR inferior a 70% – peso 0.

Como a metodologia apresentada na pesquisa realizada procura trabalhar as diferentes variáveis de forma separada, na medida que as mesmas se sobreporão nos cruzamentos futuros, e, em função de se considerar os parâmetros de ponderação para um período de 20 (vinte) dias, com relação às *precipitações e dias de chuva*, partiu-se para uma sistemática de análise própria, com intervalos e parametrizações ligeiramente diferenciados:

– *precipitações na maturação e época da colheita:*

- superior a 125 mm – peso 2;
- entre 75mm e 125mm – peso 1;
- abaixo de 75mm – peso 0.

- dias de chuva na maturação e época da colheita:
- número de dias superior a 9 – peso 3;
- número de dias entre 7 e 9 – peso 2
- número de dias entre 5 e 7 – peso 1;
- número de dias inferior a 5 – peso 0.

O último fator abordado, em termos climáticos, foi o da *radiação solar*. EVANS apud MOTA (1982) demonstra que existe uma relação direta entre o enchimento dos grãos de trigo e a *radiação solar* incidente, isto é, o rendimento dos grãos *R* (kg/ha) é diretamente proporcional à quantidade de *radiação solar* *Q* (cal/cm²/dia) na razão de cerca de 5/3 (cinco para três). A partir destas observações, e dentro das limitações da bibliografia, partiu-se para os seguintes parâmetros de ponderação:

- *radiação Solar no período de enchimento dos grãos*:
- menor do que 250 cal.cm⁻².dia⁻¹ – peso 2;
- entre 250 e 300 cal.cm⁻².dia⁻¹ – peso 1;
- maior do que 300 cal.cm⁻².dia⁻¹ – peso 0.

Quanto às questões relacionadas ao *solo*, levou-se em consideração os trabalhos realizados pelo IAPAR (1981) e do Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1973). Em contatos mantidos com técnicos da EMATER/RS, foram reconsideradas algumas posições determinadas pelos trabalhos destes órgãos tendo em vista as especificidades da cultura considerada. Algumas destas considerações dizem respeito a determinadas condições que podem ser, de uma forma ou de outra, melhor resolvidas. A *fertilidade natural*, a *suscetibilidade à erosão* e a *questão da água*, podem ser mais facilmente retrabalhadas com o auxílio de tecnologia apropriada. Desta forma, em função das características inerentes à cultura, os fatores relacionados com a *deficiência de aeração* e *impedimento à mecanização* preponderaram em relação aos demais. Procurou-se adotar os pesos em função da limitação dos solos para o uso agrícola, com relação ao cultivo de trigo, de acordo com o conhecimento e a experiência dos técnicos consultados, ficando o quadro com as seguintes ponderações:

- *limitação dos Solos ao uso agrícola (graus de restrições)*:

LIMITAÇÕES DO SOLO AO USO AGRÍCOLA

Limitações ao uso agrícola	pesos atribuídos				
	nula	ligeira	moderada	forte	muito forte
Fertilidade natural:	0	1	2	3	4
Erosão:	0	1	2	3	4
Falta d'água:	0	1	2	3	4
Falta de ar	0	3	6	9	12
Uso de implementos agrícolas:	0	2	4	6	8

Foram estudados 5 (cinco) ciclos completos relativos aos períodos mais críticos do desenvolvimento do vegetal. Estes períodos descrevem o comportamento do cereal ao longo dos meses entre o plantio e a colheita através da geração de 5 (cinco) mapas correspondendo às áreas mais ou menos propícias à triticultura.

A partir destas etapas é que os cruzamentos dos Planos de Informações – PIs – foram realizados. Primeiramente foram cruzadas as informações contidas nos PIs referentes aos mapas climáticos temáticos de isolinhas gerados pelo *surfer*, para em um último momento cruzar-se estes resultados com o mapa de solos, gerado a partir da digitalização do mapa de *Levantamento e Reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*, publicado pelo Ministério da Agricultura em 1970 (BRASIL, 1970) existente na EMATER/RS.

Os mapas gerados foram georreferenciados em um sistema de coordenadas planas criado especialmente para este fim, com as seguintes características:

- projeção conforme de Gauss, cilíndrica, transversa, tipo Mercator;
- um único fuso com um meridiano central na longitude de 53°W;
- coeficiente de redução de escala linear no meridiano central $k_e=1$;
- elipsóide internacional de 1967 aprovado para o Sistema Geodésico Brasileiro desde 1983, com:

- $a = 6378160$ m

- $\alpha = 11298,25$,

onde: a = semi-eixo maior do elipsóide e,

α = achatamento do elipsóide;

- origem das coordenadas planas no cruzamento do Equador com o meridiano central do fuso;

- acréscimo das constantes à origem: 10.000.000m e 500.000m nos eixos N (ao longo do meridiano central) e E (ao longo do equador), respectivamente.

Para que se pudesse realizar os cruzamentos de informações os mapas foram “rasterizados”, utilizando-se, como matriz base de parâmetros, uma matriz definida com 1510 linhas por 1580 colunas. Esta definição prévia serviu para enquadrar todas as demais informações rasterizadas em um mesmo padrão. Os 119 tipos de solos, incluindo associações e afloramentos rochosos, descritos no *Levantamento e Reconhecimento*, foram reclassificados, utilizando-se o módulo *reclass* do Idrisi, em 6 (seis) diferentes classes de risco à triticultura, seguindo os critérios mencionados anteriormente. As classes de risco ao cultivo variavam, 1 (menor risco), 2, 3, 4, 5 e 10 (maior risco-inaptidão).

CRUZAMENTOS DOS PLANOS DE INFORMAÇÕES

Os PIs foram cruzados dentro do módulo *Overlay* (sobreposição de imagens) constante no *Idrisi*, utilizando-se o operador matemático “add” para a adição de imagens. Assim como os demais operadores, a adição trabalha cada célula da imagem individualmente, ou seja, neste caso, soma-se uma a uma as células

(*pixels*) de cada imagem com as suas correspondentes. Um exemplo do processo pode ser observado com a ilustração a seguir:

2	4	2
3	3	1
5	3	2

+

3	3	1
6	3	2
2	3	0

=

5	7	3
9	6	3
7	6	2

A escolha deste operador deveu-se às questões relacionadas com a sobreposição de informações. Dessa forma, os pesos atribuídos a cada um dos elementos considerados como de risco para a cultura do cereal proporcionaram um acúmulo de restrições. O somatório desses fatores apontou para as zonas de maiores ou menores riscos para o cultivo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os trabalhos direcionaram-se para a confecção de cinco mapas temáticos contendo a *aptidão de áreas segundo o grau de restrições ao cultivo de trigo no Estado do Rio Grande do Sul* ordenados de acordo com seus períodos de plantio, a saber, *maio/junho, junho, junho/julho, julho e julho/agosto*. Nestes mapas foram utilizados como *graus de restrição*, os seguintes parâmetros:

- 1) áreas preferenciais com risco mínimo (menores restrições);
- 2) áreas preferenciais com pequeno risco;
- 3) áreas toleradas com risco médio;
- 4) áreas toleradas com grandes riscos;
- 5) áreas marginais com grandes riscos;
- 6) áreas marginais com riscos muito grandes, e
- 7) áreas inaptas (maiores restrições).

A partir da análise dos mesmos, pôde-se constatar que há uma sensível tendência a privilegiar a época de plantio referente ao mês de *julho*. Verificou-se, igualmente, que, conforme o retardamento no plantio, há uma tendência de privilegiar-se determinadas áreas do Planalto Médio, tradicionalmente das mais aproveitadas.³

Nestas condições, pode-se afirmar que, para o período referente ao mês de *julho*, cerca de 17,38%, ou, aproximadamente, 46.023,012 km² da área Estado possuíam áreas aptas (preferenciais) para o cultivo (riscos mínimos ou pequenos), contra 0,35% (938,488 km²) no período de *junho/julho* e 0,26% (695,223 km²) no período *julho/agosto*. Para os demais períodos estudados, segundo os critérios estabelecidos, nenhuma área do Rio Grande do Sul seria *totalmente* adequada para a cultura.

³ Regiões com médias de produção superiores a 20 t/km² (RIO GRANDE DO SUL, 1974).

Poder-se-ia considerar, ainda, como aptas, mas com sérias restrições, áreas contidas nos parâmetros aqui definidos como “toleradas” com riscos médios e grandes. Assim, verificou-se que se enquadram nesta situação “extrema”, em *junho*, apenas cerca de 5,26% da área do Estado. Já, para o período *junho/julho*, tem-se aproximadamente 28,99%; para *julho*, 54,78%; e, para *julho/agosto*, 38,67%. Cabe ressaltar que essas áreas deveriam ser passíveis de estudos específicos bem mais aprofundados para esta possível reordenação.

Verificou-se, ainda de acordo com a metodologia proposta, a inexistência de áreas aptas para o cultivo no período *maio/junho*, época de plantio recomendada pela EMBRAPA para diversas regiões do Estado do Rio Grande do Sul (CUNHA & HASS, 1996; BRASIL, 1996).

Os resultados obtidos acabaram por diferir do tradicionalmente recomendado e, conseqüentemente, praticado, no que diz respeito principalmente às épocas de plantio. Esta situação decorre da estruturação metodológica adotada num e noutro trabalho. Salienta-se que inferências mais detalhadas, entretanto, muitas vezes ficaram desprovidas de subsídios suficientemente embasados, em função da indisponibilidade de informações precisas a respeito de determinadas condicionantes relativas ao cultivo do cereal, bem como da própria instabilidade no desenvolvimento do vegetal.

Neste sentido, em uma primeira avaliação, deve ser levado em consideração que, tradicionalmente, as principais regiões que são atualmente produtoras realizam uma sucessão de cultivos (que não chegam a caracterizar uma rotação de culturas), o denominado *binômio trigo-soja*. Desta forma, em função das características da leguminosa, o trigo deve ser colhido até os meses de *outubro e novembro*, já que o ciclo do cereal deve ser previsto para o próximo cultivo, antecipando a sua plantação para os meses de *maio e junho*. É possível que este fator tenha levado, nos últimos anos, a um plantio “precoces”, haja visto os resultados aqui obtidos.

Outro aspecto passível de uma apreciação diferenciada, diz respeito aos períodos de obtenção dos dados utilizados para a realização deste estudo. Como foi explanado, em sua maior porção, os dados referiam-se às normais de mais de vinte anos atrás.

Dentro das condicionantes temporais, deve ser ressaltada, novamente, a predominância das questões relacionadas com as condições climáticas existentes no Estado. Neste aspecto, algumas situações características vinculadas ao fenômeno “*El Niño*”, são de fundamental importância, pois as mesmas acabam por transformar, principalmente, os regimes pluviométricos da região, sendo interessante um estudo específico para quando da ocorrência do mesmo. As mudanças ocorridas durante a manifestação do fenômeno acabam por deturpar completamente qualquer previsão vinculada às normais climáticas. Tal fato, portanto, deve ser levado em consideração para a realização, por exemplo, de zoneamentos específicos ligados a ele. Por outro lado, tem-se a possibilidade de subtrair os anos de sua ocorrên-

cia das normais, a fim de se ter uma melhor distribuição da situação, o que poderia levar a resultados ligeiramente diferenciados.

Em termos espaciais, num primeiro momento, tem-se que as regiões tradicionalmente cultivadas correspondem, de uma forma bastante ampla, às regiões estabelecidas pela simulação realizada. Entretanto, ao confrontar-se o *zoneamento climático para a cultura de trigo* publicado pela SAA em 1994 (RIO GRANDE DO SUL, 1994), observa-se que as zonas tidas como *preferenciais, toleradas, marginais e inaptas* em muito diferem dos resultados alcançados pelo presente. As diferenciações observadas dizem respeito, certamente, aos métodos de investigação utilizados em um e outro trabalho.

No estudo realizado, pôde-se observar que, em certas áreas litorâneas há uma tendência de tolerância para o cultivo. Tal situação pode advir em decorrência de que, parâmetros como características ligadas a outras condições que não foram levadas em consideração no presente, possam restringir a exploração agrícola. Questões relacionadas, por exemplo, com a salinidade e características eólicas de determinadas áreas deveriam ser pesquisadas mais profundamente, pois, em razão de serem especificidades de tais regiões, não foram aqui contempladas.

Outra situação diz respeito às áreas de preservação ambiental. Os elementos vinculados a estas porções do estado não foram levados em consideração nesta pesquisa, ficando este espaço para ser oportunamente preenchido. Dentro deste contexto, as *áreas de preservação* seriam colocadas como empecilhos para a prática da agricultura.

O zoneamento realizado deve ser analisado sob todas estas ópticas a fim de se preservar este e outros métodos que possam sugerir situações diferenciadas das tradicionalmente implementadas. Possíveis desvios, todavia, devem ser discutidos ampla e abertamente com o intuito de aperfeiçoar as técnicas metodológicas e de execução apresentadas não somente neste tipo de trabalho, como de outros semelhantes. A metodologia empregada baseou-se no levantamento bibliográfico realizado e de inferências de técnicos da EMATER/RS e EMBRAPA. A utilização de critérios diferenciados certamente conduziria a outros resultados.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos, vinculados diretamente à metodologia empregada, pôde-se concluir que o Estado do Rio Grande do Sul possui um razoável potencial para o cultivo do trigo para o período situado entre 05 e 20 de julho, quando mais de 17% da área do Estado encontra-se apta para a cultura, período este, em desacordo com a maior parte das propostas tradicionais para o plantio do cereal.

O zoneamento realizado mesmo estando em dissonância com os tradicionais revelou a potencialidade, a dinamicidade e a credibilidade dada aos SIGs e suas técnicas de aplicação.

A utilização das técnicas de geoprocessamento para a execução deste tipo de trabalho torna-se não apenas pertinente, mas necessária a fim de que se possa contribuir decisivamente para um real avanço em termos de planejamento agrícola.

A fim de que se possa realizar uma avaliação correta do proposto, sugere-se o estabelecimento de áreas-piloto para uma investigação mais criteriosa com respeito à produtividade da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAD, E. D. & SANO, E. E. *Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura*. Embrapa. Brasília, 1993.
- AZAMBUJA, J. M. V de, *O solo e o clima na produtividade agrícola*. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba, RS, 1996.
- BRASIL. – Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária – MAARA. *Zoneamento agrícola – redução dos riscos climáticos na agricultura; cultura de trigo no Estado do Rio Grande do Sul*, 1996.
- BRASIL. – Ministério da Agricultura – Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Recife, 1973.
- BRASIL. – Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. *Normais climatológicas (1961-1990)*. Brasília, 1992.
- BRASIL. – Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. *Aptidão agrícola das terras – Rio Grande do Sul*. Brasília, 1978.
- BRASIL. – Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. Dep. De Recursos Naturais e Estudos Ambientais. *Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil*. IBGE. Rio de Janeiro, 1993.
- COMAS, D. & RUIZ, E. *Fundamentos de los sistemas de información geográfica*. Barcelona. Ariel Geografia. 1993.
- COSTA, N. C. *Geografia Física*. 3 vols. PUCRS. Porto Alegre, 1978.
- CUNHA, G. R. & HASS, J. C. *Recomendação de épocas de semeadura de trigo para o estado do Rio Grande do Sul: safra 1996*. Documentos no. 26. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1996.
- EASTMAN, J. R. *Idrisi for Windows version 2.0 – user's guide*. Clark University Graduate School of Geography. Worcester, Massachusetts. January, 1997.
- GONÇALVES, J. M. S. & SANTOS, N. M. *Análise das classificações do relevo para o Rio Grande do Sul*. In: Boletim Gaúcho de Geografia. AGB/PA, P. Alegre, RS, agosto de 1985. p. 3-20.
- GUERRA, A. T. *Dicionário geológico-geomorfológico*. 8ª ed. IBGE. Rio de Janeiro, 1993.
- IAPAR – FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Cultura do trigo no estado do Paraná. Londrina, PR, Circular no. 22, julho/1981.
- IBGE *Produção agrícola municipal*. IBGE, RJ, 1994.
- KIEHL, E. J. *Manual de Edafologia*. Ed. Agronômica “CERES” Ltda. São Paulo, SP, 1979.
- MEHTA, Y. R. *Doenças do trigo e seu controle*. Ed. Agronômica Ceres. São Paulo, 1978.

- MOREIRA, I. A.G. COSTA, R. H da. *Espaço & sociedade no Rio Grande do Sul*. 2ª edição. Mercado Aberto. Porto Alegre, 1986. 109 pp.
- OLIVEIRA, C de. *Dicionário cartográfico*. 4ª ed. IBGE. Rio de Janeiro, 1993.
- OSÓRIO, E. A. (coord.) *Trigo no Brasil*. Fundação Cargill. Campinas, SP, 1982. 2 vol.
- PENTEADO, M. *Fundamentos de Geomorfologia*. 3ª ed. IBGE, Rio de Janeiro, 1983.
- REIS E. M. *Manual de identificação e de quantificação de doenças do trigo*. Agroalpha. Passo Fundo, RS, 1994.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Departamento de Pesquisa. Instituto de Pesquisa Agronômica-seção de ecologia agrícola. *Atlas agroclimático*. IPAGRO, Porto Alegre, 1989. 3v.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento; Fundação Estadual de Pesquisa Agronômica – FEPAGRO. *Dados climáticos*. Porto Alegre, 1997 – cópia.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento; Centro Nacional da Pesquisa do Trigo. *Macrozoneamento agroecológico e econômico do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 1994. 2v.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento *Trigo – proposta de plano de safra*. 1996.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Indústria e Comércio. *Perfil do trigo*. Porto Alegre, 1974.
- STRAHLER, A. N. *Geografía Física*. 5ª edición. Omega. Barcelona, 1981.
- STRAHLER, A. N. & STRAHLER, A. H. *Geografía Física*. 3ª edición. Omega. Barcelona, 1994.
- TEIXEIRA, A. et alii. Qual a melhor definição de SIG. In: *Fator GIS* (11): 20-24. 1995.
- VIEIRA, E. F. Rio Grande do Sul – Geografia Física e vegetação. Sagra. Porto Alegre, 1984.

* Geógrafo, Especialista em Geografia Ambiental e Mestre em Sensoriamento Remoto pela UFRGS. Técnico em Geoprocessamento na EMATER/RS, Professor do Centro Universitário La Salle.