



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-15667-NTC/379

**O USO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NA
AVALIAÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS AO PLANTIO DA SOJA NO
RIO GRANDE DO SUL**

Denilson Ribeiro Viana

Registro do documento original:

sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/10.26.17.36

INPE

São José dos Campos

2009

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3945-6911/6923

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO:

Presidente:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Haroldo Fraga de Campos Velho - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Jefferson Andrade Ancelmo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Simone A. Del-Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Marilúcia Santos Melo Cid - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Viveca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-15667-NTC/379

**O USO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NA
AVALIAÇÃO DE ÁREAS FAVORÁVEIS AO PLANTIO DA SOJA NO
RIO GRANDE DO SUL**

Denilson Ribeiro Viana

Registro do documento original:

sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/10.26.17.36

INPE

São José dos Campos

2009

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a contribuição do Dr. Ronaldo Matzenauer e Eng. MSc. Jaime Ricardo Tavares Maluf da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul pelos esclarecimentos, críticas e sugestões. Agradecemos também as instituições FEPAGRO e INMET – 8º Distrito de Meteorologia pela disponibilização dos dados de precipitação.

RESUMO

Esse estudo tem por objetivo testar uma metodologia de avaliação de áreas potenciais ao plantio da soja no Estado do Rio Grande do Sul (RS) a partir de técnicas de geoprocessamento, considerando a produtividade, as condições climáticas e de solos. O procedimento consistiu em identificar a participação de cada uma das variáveis que contribuem para o rendimento e, com base nesses resultados, classificar as regiões favoráveis ao plantio da cultura no Estado. Para isso foram usados dados de produção anual de soja no período de 1993 a 2005; dados de precipitação média acumulada de outubro a março, entre 1993 a 2005; dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) do RS, obtido a partir do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e mapa de classes de solos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram gerados mapas temáticos, onde foi verificada a associação da produtividade de soja com a precipitação, tipos de solo e temperatura (inferida a partir do MDE). Com base nessas associações foram atribuídos os pesos para cada uma das variáveis, gerando o mapa de indicação de áreas favoráveis ao plantio da soja. Os resultados mostraram que a altitude apresentou o maior grau associação com o rendimento de soja (64,1%), seguida pela precipitação (43,8%) e pela variável tipo de solo (33,4%). Os pesos ficaram em 45,36% para a altitude, 30,99% para a precipitação e 23,65% para os solos. A partir da espacialização dos dados de áreas potenciais para o cultivo da soja foi possível calcular área do Estado do RS correspondente a cada uma das classes. Os valores para as áreas potenciais ficaram em 13,03% para classe Muito Alto, 70,39% Alto, 15,94% Médio, 0,62% Baixo e 0,02% Muito Baixo. Esses resultados mostraram que mais de $\frac{3}{4}$ do território sul-riograndense possui um potencial alto ou muito alto para o cultivo da soja. As técnicas de geoprocessamento utilizadas neste trabalho mostraram-se eficientes na atribuição dos pesos, permitindo uma razoável caracterização de áreas potenciais para o cultivo de soja no Estado.

GEOPROCESSING TECHNIQUES TO EVALUATE FAVOURABLE AREAS TO SOYBEAN CROP IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT

This study aims to test a methodology for evaluating potential areas to soybean crop in the State of Rio Grande do Sul (RS), from geoprocessing techniques, considering productivity, climatic conditions and soils. The procedure aims to identify the participation of each variable that contribute to the yield and, based on these results, to classify favourable regions to soybean crop. Were used data from soybean annual production between 1993 and 2005; cumulative average rainfall data from October to March, between 1993 and 2005; data from Digital Elevation Model (MDE), obtained from SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) and soils map from Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). Were generated thematic maps and verified association of the soybean productivity with rainfall, soil types and temperature (estimated from MDE). Based on these associations, were assigned the weights to each variables, generating an indication map of favourable areas to soybean crop. The results showed that altitude had the highest association with the yield (64.1%), followed by rainfall (43.8%) and soil (33.4%). The weights were at 45.36% for altitude, 30.99% to rainfall and 23.65% for soil. From the spatial data of the potential areas for the cultivation of soybean was possible to calculate area of the State corresponding to each classes. The values for the potential areas were at 13.03% for very high, high 70.39%, 15.94% average, 0.62% low and 0.02% very low. These results showed that over three quarters of the State has a high or very high potential for the soybean cultivation. The geoprocessing techniques used in this work showed up efficient in the allocation of weights, allowing a reasonable characterization of potential areas to soybean crop in the State.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	9
1. INTRODUÇÃO	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 Caracterização Climática do Estado.....	11
2.2 Caracterização dos Tipos de Solo.....	12
2.3 Exigências da Cultura da Soja.....	15
2.3.1 Exigências Climáticas.....	15
2.3.1.1 Exigências Hídricas.....	15
2.3.1.2 Exigências Térmicas e Fotoperiódicas.....	16
2.3.2 Exigências de Solo.....	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1 Área de Estudo.....	18
3.2 Materiais utilizados.....	19
3.3 Métodos de classificação e análise.....	20
3.3.1 Geração e classificação dos planos de informações.....	20
3.3.2 Análise e ponderação das variáveis.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5. CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
APÊNDICE A – CÓDIGOS EM LINGUAGEM LEGAL	38
A1 Reclassificação do PI de classes de solo para aptidão.....	38
A2 Divisão do PI classes de altitude pelo de rendimento de soja.....	38
A3 Divisão do PI classes de precipitação pelo de rendimento de soja.....	39
A4 Divisão do PI classes de solo pelo de rendimento de soja.....	39
A5 Ponderação entre as classes para geração do mapa de áreas potenciais.....	39

LISTA DE FIGURAS

2.1 – Classificação climática de Köppen para o RS.....	11
3.1 – Províncias Geomorfológicas do RS.....	18
3.2 – Etapas do processo de indicação de áreas favoráveis ao plantio da soja.....	20
3.3 – Mapa de produção média de soja por município (1993-2005).....	21
3.4 – Estatísticas.....	22
3.5 – Semivariograma.....	22
3.6 – Diagrama de erros.....	22
3.7 – Mapa de precipitação média (mm) de Out-Mar (1993-2005).....	23
3.8 – Mapa de altitude do Estado do RS (SRTM).....	24
3.9 – Mapa de classes de aptidão de solos.....	26
4.1 – Mapa de grau de associação entre altitude e produtividade de soja.....	29
4.2 – Mapa de grau de associação entre altitude e produtividade de soja.....	30
4.3 – Mapa de grau de associação entre tipos de solos e produtividade de soja.....	31
4.4 – Mapa de indicação de áreas potenciais para o cultivo de soja no RS.....	32
4.5 – Zoneamento de Riscos Climáticos da Soja no RS – Safra 2007.....	34

LISTA DE TABELAS

3.1 – Classes de produção de soja (kg/ha).....	21
3.2 – Classes de precipitação acumulada de outubro a março (mm).....	22
3.3 – Classes de altitude e valor atribuído às classes (m).....	24
3.4 – Classes de aptidão de solos.....	25
3.5 – Tipos de solo de acordo com as classes de aptidão.....	25
3.6 – Resultados da divisão dos PI's de altitude e solos pelo de rendimento.....	27
3.7 – Resultados da divisão do PI de precipitação pelo de rendimento.....	27
3.8 – Intervalos de classes potenciais para o plantio de soja.....	27
4.1 – Grau de associação entre variáveis.....	28
4.2 – Área (%) correspondente às classes para o plantio de soja no RS.....	33

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

8° DISME	8° Distrito de Meteorologia
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FEPAGRO	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do RS
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAGRO	Instituto de Pesquisas Agronômicas
LEGAL	Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico
MDE	Modelo Digital de Elevação
PI	Plano de Informação
PIB	Produto Interno Bruto
RS	Rio Grande do Sul
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

1. INTRODUÇÃO

A agricultura, em especial a produção de grãos, é uma das bases da economia do Rio Grande do Sul (RS). A lavoura responde por 61% do setor agropecuário e a produção de grãos é a atividade mais significativa, tendo atingido em 2004 uma participação de 36% no Valor Bruto da Produção Agropecuária. Quase metade do Produto Interno Bruto (PIB) do Estado (48%) vem do setor agropecuário, sendo que a produção de grãos corresponde a quase um terço (31%) desse total (RIO GRANDE DO SUL, 2006). Das quatro principais culturas de grãos, três são de primavera-verão: arroz, soja e milho. Com exceção do arroz, toda a agricultura no Estado é feita em condições não irrigadas e, portanto, dependem do regime de precipitação pluvial. Considerando a produção média do período de 2003 a 2005, o RS é o terceiro maior produtor de soja do Brasil. A safra 2002/2003 registrou a maior quantidade de soja produzida no Estado, com uma produção superior a 9,5 milhões de toneladas (RIO GRANDE DO SUL, 2006).

Ao longo da década de 1990, a produção de soja no RS tem apresentado grande variabilidade. Ressalta-se que a área plantada tem apresentado pouca variação e a quantidade produzida tem sofrido influência de rendimento a cada ano associado, entre outros fatores, as condições climáticas. Para a soja, a principal exigência é a disponibilidade hídrica, sendo esse o fator que mais afeta o rendimento da cultura. O período mais crítico é a fase da formação do grão onde a deficiência de chuvas, principalmente de dezembro a fevereiro, conduz a um déficit hídrico no solo, resultando em baixos rendimentos (MOTA; ZAHLER, 1994). Outros fatores como a temperatura e o fotoperíodo também constituem fator de risco para o cultivo (EMBRAPA, 2007).

O objetivo central deste estudo é testar uma metodologia de avaliação de áreas potenciais ao plantio da soja no Estado do RS utilizando técnicas de geoprocessamento, a partir de fatores que influenciam no rendimento da cultura. O trabalho visa indicar áreas potenciais ao cultivo da soja, considerando a produtividade, as condições climáticas e de solos. Para isso, o procedimento consiste em identificar a participação de cada uma das variáveis que contribuem para o rendimento e, com base nesses resultados, classificar as regiões favoráveis ao plantio da cultura no Estado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Caracterização Climática do Estado

Devido à sua posição geográfica, o clima do RS possui diferenças significativas em relação ao restante do País. Segundo a classificação climática de Köppen (1948) *apud* Strahler e Strahler (1989), o Estado encontra-se dentro do Tipo Climático Fundamental C: climas temperados, com temperatura média do mês mais frio oscilando entre 18° e -3°C. No que diz respeito à precipitação, o RS caracteriza-se como tipo *Cf*, onde a letra *f* corresponde à falta/ausência de estação seca – com precipitação média do mês mais seco superior a 60 mm.

Em relação à temperatura, a classificação de Köppen (1948) *apud* Strahler e Strahler (1989), subdivide o RS em dois subgrupos: *Cfa* – temperatura média do mês mais quente superior a 22°C; e *Cfb* – temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C, e durante pelo menos quatro meses, superiores a 10°C. A amplitude latitudinal do Estado não é grande o suficiente para permitir uma diferenciação climática significativa, excetuando-se o efeito de altitude do Planalto Meridional, onde ocorre a variante *Cfb* – mais fria –, encontrada nas cotas acima de 800 m, aproximadamente (Figura 2.1).



Figura 2.1 – Classificação climática de Köppen para o RS.

Fonte: Adaptado de Andrade (1972).

As temperaturas no RS apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e invernos rigorosos (com a ocorrência de geada e eventual precipitação de neve). No verão, os valores médios de temperatura situam-se entre 20° e 24°C e no inverno entre 12° e 16°C. A temperatura média anual fica entre 16° e 20°C (NIMER, 1990). Entre regiões, dentro do próprio Estado, existem diferenciações climáticas, causadas principalmente pela geomorfologia e pela posição geográfica de seu território. Além desses fatores, o efeito da maritimidade influencia consideravelmente o regime termo-pluviométrico, principalmente das regiões centro-oeste e oeste (IPAGRO, 1989).

2.2 Caracterização dos Tipos de Solo

O RS apresenta uma grande variedade de tipos de solos como consequência da complexidade da formação geológica e da ação climática. De acordo com a classificação proposta pela EMBRAPA (2007), os tipos de solo que ocorrem no Estado são:

- *Alissolos*: solos ácidos com altos teores de alumínio, baixa fertilidade química e elevada toxicidade por alumínio, além de baixas reservas de nutrientes para as plantas. Ocorrem nas diversas formas de relevo, principalmente na Depressão Central, na região do Escudo e encosta do Planalto Meridional.

- *Argissolos*: possuem um horizonte subsuperficial argiloso e são solos geralmente profundos e bem drenados. Ocorrem em relevos suaves e ondulados especialmente na Depressão Central, Escudo e na encosta do Planalto Meridional. Podem apresentar limitações químicas devido à baixa fertilidade natural, forte acidez e alta saturação por alumínio, sendo também de alta suscetibilidade à erosão e degradação. Podem ser usados com culturas anuais e campo nativo, preferencialmente com plantio direto e em rotação de culturas com plantas protetoras e recuperadoras do solo durante o inverno.

- *Cambissolos*: são solos que variam de rasos a profundos, em processo de transformação, e em geral ocorrem em áreas de maior altitude com baixas temperaturas. Apresentam opções para o uso com pastagem nativa e silvicultura, como na região dos

Campos de Cima da Serra, no Planalto Meridional. São de forte acidez e baixa disponibilidade de nutrientes, requerendo práticas conservacionistas intensivas e aplicação de elevados níveis de corretivos e fertilizantes.

- *Chernossolos*: são solos escuros no horizonte A, devido à presença de material orgânico. Possuem alta fertilidade química e podem variar de rasos a profundos. Em geral, podem ser aproveitados com maior intensidade dependendo do relevo a que estão associados. As várzeas dos rios que apresentam maior potencial para culturas anuais, especialmente com arroz irrigado. Ocorrem no vale do Rio Uruguai e na encosta inferior do Planalto Meridional.

- *Gleissolos*: são solos pouco profundos, mal drenados de cor acinzentada ou preta e ocorrem em depressões com baixa declividade. Podem ser utilizados para cultivo do arroz irrigado e, quando drenados, com culturas anuais como milho, soja, feijão e pastagens.

- *Latossolos*: são solos profundos, bem drenados, ácidos e de baixa fertilidade, podendo apresentar toxidez por alumínio para as plantas. Entretanto, a profundidade do solo associada ao relevo suave os torna de boa aptidão agrícola, desde que corrigida a fertilidade química, podendo ser utilizados tanto com culturas de inverno, quanto de verão. Ocorrem, predominantemente, na região norte do Estado, na área do Planalto Meridional.

- *Luvisolos*: são pouco profundos com acumulação subsuperficial de argila. Apesar da carência de fósforo, apresentam boa fertilidade natural dependendo da profundidade. Ocorrem com maior frequência na região do Escudo e entre os municípios de Uruguaiana e São Borja, setor noroeste do Estado.

- *Neossolos*: são solos pouco desenvolvidos e normalmente rasos, de formação muito recente, encontrados nas mais diversas condições de relevo e drenagem. O uso está restrito ao relevo e a baixa profundidade, exigindo práticas conservacionistas severas. Em geral as áreas de relevo suave ondulado e ondulado podem ser utilizadas para pastagens permanentes e nas regiões de relevo fortemente ondulado para

reflorestamento e fruticultura. As áreas muito íngremes estão reservadas a preservação permanente.

- *Nitossolos*: são solos profundos com aparência semelhante aos latossolos, diferindo destes por apresentar um horizonte B com uma estrutura mais desenvolvida, com revestimento brilhante (cerosidade). São solos ácidos com predomínio de caulinita e óxidos de ferro na sua constituição. Em função da profundidade, da boa rede de drenagem e porosidade, estrutura e condições do relevo; possuem geralmente boa aptidão para uso agrícola. Podem ser utilizados tanto para cultivos de inverno, quanto de verão.

- *Organossolos*: são formados por material orgânico em graus variáveis de decomposição, acumulados em ambientes com pouca drenagem, em áreas de depressões e nas proximidades de lagoas e lagunas. Em geral possuem pouco uso agrícola, pois estão sujeitos a mudanças significativas em suas características, tendendo a desaparecer.

- *Planossolos*: são solos localizados em áreas de relevo suave, ondulados ou planos e mal drenados. Normalmente aparecem nas margens dos rios e lagoas como na Depressão Central e junto a Planície Costeira. São solos aptos para o cultivo de arroz irrigado e, com sistemas de drenagem eficientes, também podem ser cultivados com milho, soja e pastagens.

- *Plintossolos*: são solos de relevo plano ou pouco ondulados, com drenagem imperfeita e, por isso, apresentam limitações para cultivos perenes. Em períodos chuvosos ocorre elevação do lençol freático, saturando o solo e impedindo seu uso com cultivos anuais e pastagens cultivadas.

- *Vertissolos*: são solos de áreas planas ou pouco onduladas, apresentando uma rede de drenagem insuficiente e pouca profundidade. Ocorrem na região do Escudo e seu uso é facilitado com a umidade, pois são solos muito duros quando secos. Apresentam boa fertilidade, podendo ser utilizados também com culturas de verão, desde que sem adensamento de uso.

2.3 Exigências da Cultura da Soja

As características climáticas e de solos são os principais fatores limitantes para o desenvolvimento da soja. As exigências climáticas estão relacionadas à questão hídrica, seguida da temperatura e do fotoperíodo. No tocante aos solos, os principais aspectos estão ligados ao tipo, teor de argila e capacidade de armazenamento. A descrição de cada uma destas exigências será feita nas seguintes subseções.

2.3.1 Exigências Climáticas

2.3.1.1 Exigências Hídricas

A água constitui aproximadamente 90% do peso total da planta, atuando em praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos ao longo do ciclo da cultura. A disponibilidade de água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação–emergência e floração–enchimento de grãos. A semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar uma boa germinação. A necessidade de água na cultura da soja vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a fase de floração–enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), e decrescendo após esse período (EMBRAPA, 2007).

A ocorrência de déficits hídricos expressivos durante os períodos de floração e de enchimento de grãos provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas e, como consequência, causam a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultando em uma redução do rendimento de grãos. A necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm/ciclo, dependendo de alguns fatores como as condições climáticas (temperatura e fotoperíodo), o manejo da cultura e a duração do ciclo (EMBRAPA, 2007).

A precipitação é um dos elementos meteorológicos limitantes da produção agrícola, especialmente em regiões onde o total de chuvas não atende às necessidades hídricas

dos cultivos. Vários trabalhos têm mostrado que a variabilidade da produção agrícola no RS está associada à variabilidade interanual da precipitação pluvial (BERLATO, 1992). No caso das culturas não irrigadas de primavera-verão, como a soja, as precipitações pluviais acima da média do final da primavera e durante o verão são responsáveis pelos altos rendimentos dessas culturas (BERLATO; FONTANA, 1999). Por outro lado, as estiagens, que ocorrem com maior frequência no mesmo período na Região Sul do Brasil (MOTA; AGENDES, 1986), têm sido responsáveis por vários episódios de quebras de safra no Estado.

Berlato (1992) destaca que os períodos de estiagens na estação de verão, em anos muitos secos (1978/1979, 1985/1986, 1987/1988 e 1990/1991), constituíram-se em anos de frustração de safra das culturas de soja no RS. Recentemente, a ausência de precipitação no ano agrícola 2004/2005, causou uma das maiores quebras de safra da cultura, na história do RS. O PIB do Estado teve queda de 4,8% no ano de 2005, com redução de 15,2%, onde o setor agropecuário foi o fator que mais pesou no cálculo geral. A estiagem diminuiu o volume colhido e, juntamente com a taxa de câmbio, foi um dos principais fatores que contribuíram para o pior desempenho econômico do RS desde 1991. A estiagem nesse período fez com que 445 mil hectares de soja fossem abandonados. Foram colhidos apenas 2,4 milhões de toneladas, uma redução de 55,9% em relação à safra anterior (menor patamar desde 1991) (LAZZARI, 2006).

2.3.1.2 Exigências Térmicas e Fotoperiódicas

A soja melhor se adapta a temperaturas do ar entre 20°C e 30°C, sendo que a temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento situa-se em torno de 30°C. O crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo a temperaturas inferiores a 10°C, e a floração somente é induzida quando ocorrem temperaturas acima de 13°C. As diferenças de data de floração, entre anos, apresentadas por uma cultivar semeada numa mesma época, são devido às variações de temperatura. A maturação pode ser acelerada pela ocorrência de altas temperaturas. Já as temperaturas baixas na fase da colheita, associadas a períodos chuvosos ou de alta umidade, podem provocar atraso na data de colheita (EMBRAPA, 2007).

A adaptação de diferentes cultivares a determinadas regiões depende, além das exigências hídricas e térmicas, de sua exigência fotoperiódica. A sensibilidade ao fotoperíodo é uma característica variável entre cultivares, ou seja, cada cultivar possui seu fotoperíodo crítico, acima do qual o florescimento é atrasado. Por isso, a soja é considerada “planta de dia curto”. Em função dessa característica, a faixa de adaptabilidade de cada cultivar varia à medida que se desloca em direção ao norte ou ao sul. Entretanto, os cultivares que apresentam a característica de “período juvenil longo” possuem adaptabilidade mais ampla, possibilitando sua utilização em faixas mais abrangentes de latitudes e de épocas de semeadura (EMBRAPA, 2007).

2.3.2 Exigências de Solo

Para efeito de riscos para a cultura da soja não são indicadas as áreas com solos que apresentam teor de argila inferior a 10% nos primeiros 50 cm, solos que possuem profundidade inferior a 50 cm, solos que se encontram em áreas com declividade superior a 45% e solos muito pedregosos. De acordo com o zoneamento da cultura da soja no País, proposto pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 2007), os solos podem ser classificados em três tipos:

- Solos tipo 1: englobam solos cujo teor de argila é superior a 10% e inferior a 15% nos primeiros 50 cm, e solos com teor de argila entre 15% e 35% e com teores de areia inferiores a 70%, que apresentam variação abrupta de textura nos primeiros 50 cm de solo.
- Solos tipo 2: englobam solos com teor de argila variando entre 15% e 35% e com teores de areia inferiores a 70% nos primeiros 50 cm de solo.
- Solos tipo 3: englobam solos com teor de argila maior que 35% nos primeiros 50 cm, e solos com menos de 35% de argila e menos de 15% de areia (textura siltosa) nos primeiros 50 cm de solo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O RS localiza-se entre os paralelos 33°45'03" e 27°04'49" de latitude Sul, e entre os meridianos 49°42'41" e 57°40'57" de longitude Oeste, sendo o Estado mais meridional do Brasil. Tem como fronteiras o Oceano Atlântico à leste, o Estado de Santa Catarina ao norte e nordeste, e as repúblicas do Uruguai à sudoeste e da Argentina à noroeste. Seu território possui uma área total de 281.748,5 km² (BRASIL, 2002).

O Estado divide-se em quatro províncias geomorfológicas distintas (Figura 3.1). Ao norte, situa-se o Planalto Meridional, formado por rochas basálticas. Ao centro, encontra-se a Depressão Central, formada de rochas sedimentares, que dá origem a um extenso corredor que liga o Estado de Oeste a Leste, através de terrenos de baixa altitude. Na porção centro-sul localiza-se o Escudo Sul-rio-grandense, formado por rochas ígneas do período Pré-Cambriano. Por fim, a leste situa-se a Planície Costeira, que corresponde a uma faixa arenosa de 622 km de extensão, com grande ocorrência de lagoas e lagoas (RIO GRANDE DO SUL, 2006).



Figura 3.1 – Províncias Geomorfológicas do RS.

Fonte: Rio Grande do Sul (2006).

3.2 Materiais utilizados

Os dados de safra de soja para o Estado do RS foram obtidos através do Banco de Dados Agregados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Esses dados correspondem à produção anual de soja (kg/ha) por município, no período de 13 anos (1993 a 2005).

Para avaliação da precipitação no Estado foram utilizados dados de trinta e seis estações meteorológicas, pertencentes à rede da FEPAGRO (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do RS) e do INMET – 8ºDISME (Instituto Nacional de Meteorologia – 8º Distrito de Meteorologia). Os dados de precipitação mensal acumulada referem-se ao mesmo período de análise dos dados de safra (1993 a 2005).

O Modelo Digital de Elevação (MDE) do RS, utilizado para inferir temperatura, foi obtido a partir da missão espacial de topografia por radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 90 m (detalhes na seção 3.3.1). Esses dados foram processados e organizados pelo Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e encontram-se disponíveis no site do laboratório (UFRGS, 2007).

O mapa de classes de solos foi obtido a partir do canal Mapas Interativos, disponível na página do IBGE na escala 1:1 000 000 (IBGE, 2008). O canal oferece ao usuário a possibilidade de manipular informações espaciais, navegar sobre os mapas e consultar bancos de dados, podendo assim visualizar espacialmente as consultas realizadas. O aplicativo permite ainda salvar o arquivo na categoria temático (formato *shape file*).

Por fim, para a realização dos cruzamentos entre os planos de informação, manipulação, interpretação e análise dos dados foi utilizado o software Spring (versão 4.3.2), disponível para *download* na página da Divisão de Processamento de Imagens do INPE. Para a manipulação, edição e exportação de arquivos no formato *shape file* foi usado o software ArcView GIS 3.2.

Tabela 3.1 – Classes de produção de soja (kg/ha).

	<i>Soja</i>	<i>Inicial</i>	<i>Final</i>	<i>Amplitude</i>	<i>Valor da Classe</i>
Classe 0	Não cultivado	0	0	0	0
Classe 1	Muito abaixo da média	0,001	1.000	1.000	1
Classe 2	Abaixo da média	1.000	1.500	500	2
Classe 3	Média	1.500	1.700	200	3
Classe 4	Acima da média	1.700	2.200	500	4
Classe 5	Muito acima da média	2.200	3.200	1.000	5

Como o objetivo nesta etapa foi a diferenciação das regiões produtoras, a amplitude das classes não foi equiprovável. A produção média ficou em torno de 1.600 kg/ha. A Figura 3.3 ilustra o mapa de produção média de soja por município (1993-2005).

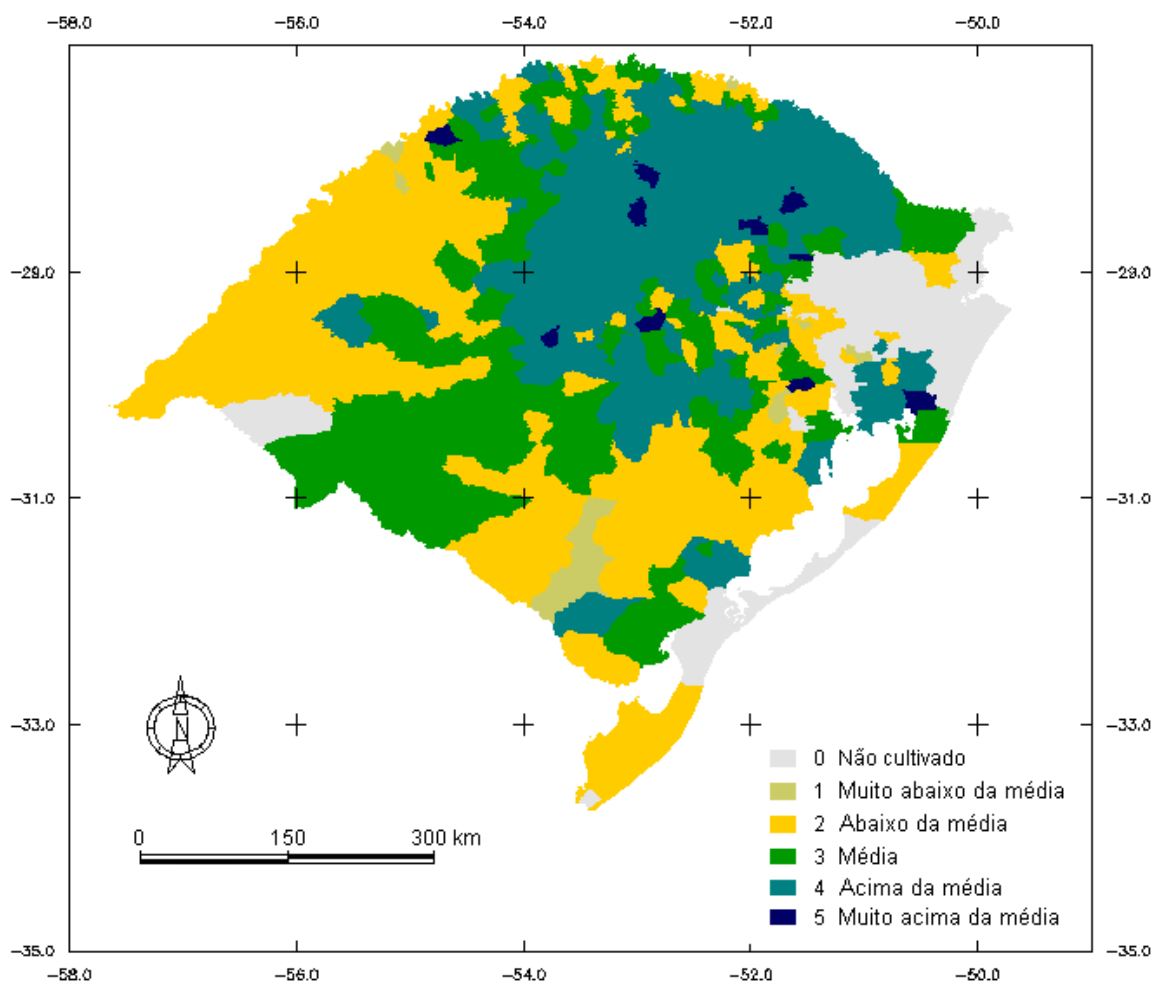


Figura 3.3 – Mapa de produção média de soja por município (1993-2005).

Para avaliação da precipitação foi utilizado o mesmo período de análise de safra de soja (1993-2005). A partir dos dados de precipitação acumulada foi gerada uma climatologia mensal para os 13 anos de observação. Os valores médios de precipitação de outubro a março foram somados, já que esse período corresponde ao ciclo total da cultura no Estado. Com base nos acumulados médios, os valores foram interpolados no Spring utilizando o método de *Krigeagem* com análise Geoestatística. As estatísticas dos valores de precipitação, o ajuste do semivariograma e o diagrama de erros (estimado x observado) estão nas representados nas Figuras 3.4, 3.5 e 3.6, respectivamente.

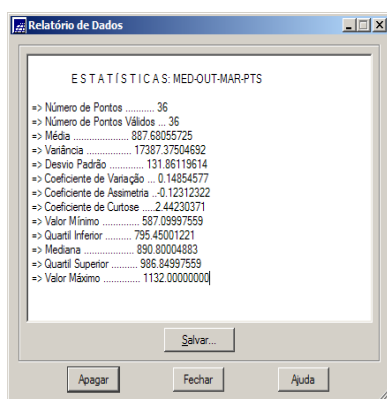


Figura 3.4 – Estatísticas.

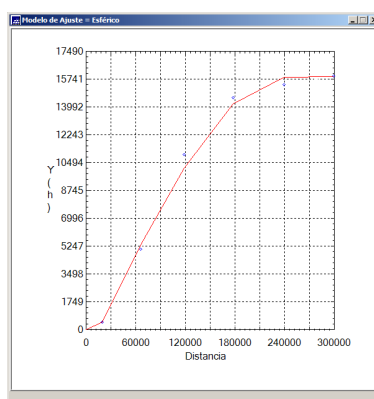


Figura 3.5 – Semivariograma.

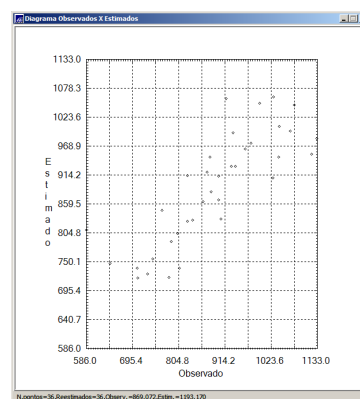


Figura 3.6 – Diagrama de erros.

O ajuste do semivariograma foi feito utilizando o modelo esférico. Os valores de alcance e contribuição ficaram em 240 km e 15.740, respectivamente. Após a interpolação por *Krigeagem*, utilizando os parâmetros geoestatísticos calculados, os dados foram fatiados em cinco classes equiprováveis (Tabela 3.2). A precipitação média do período de outubro a março para as 36 estações ficou em 888 mm. A Figura 3.7 mostra a distribuição média da precipitação no Estado.

Tabela 3.2 – Classes de precipitação acumulada de outubro a março (mm).

	Chuva	Inicial	Final	Amplitude	Valor da Classe
Classe 1	Muito abaixo da média	550	670	120	1
Classe 2	Abaixo da média	670	790	120	2
Classe 3	Média	790	910	120	3
Classe 4	Acima da média	910	1.030	120	4
Classe 5	Muito acima da média	1.030	1.150	120	5

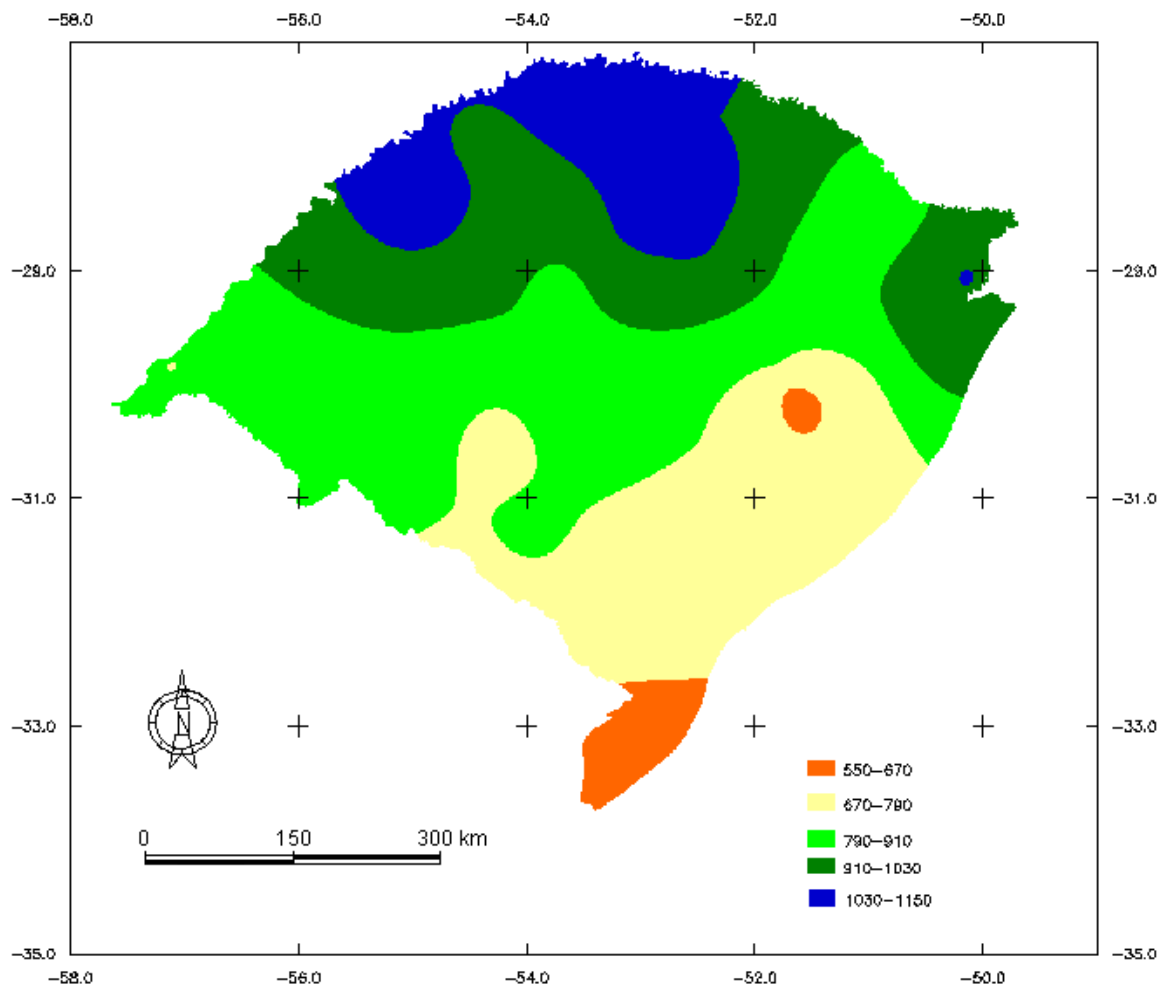


Figura 3.7 – Mapa de precipitação média (mm) de Out-Mar (1993-2005).

O MDE foi utilizado para inferir temperatura já que esta variável apresenta forte correlação com a altitude. Nesse trabalho optou-se pelo MDE, pois as interpolações com dados de estações meteorológicas não representam fielmente as informações de campo, por não considerarem a elevação do terreno. Além disso, o Estado do RS apresenta pronunciadas variações de altitude, o que contribui para as diferenças de temperatura significativas entre regiões, muitas vezes próximas espacialmente.

Outro fator que justifica o uso do MDE diz respeito ao ciclo da soja no RS. Esse ciclo engloba as estações de transição (final da primavera e início do outono) e o verão. Nesse período as maiores variações na temperatura ficam por conta da altitude, já que a frequência de entrada de massas de ar frio no Estado diminui nessas estações.

Como a cultura da soja não tolera temperaturas baixas, as regiões com as menores altitudes são dadas como preferenciais. Devido a esse fator, o valor atribuído às classes foi inversamente proporcional a altitude. A classificação foi realizada dividindo a variável em quatro intervalos equiprováveis, conforme mostra a Tabela 3.3. A Figura 3.8 ilustra as classes de altitude adotadas, obtidas a partir do MDE-SRTM.

Tabela 3.3 – Classes de altitude e valor atribuído às classes (m).

<i>Altitude</i>	<i>Inicial</i>	<i>Final</i>	<i>Amplitude</i>	<i>Valor da Classe</i>
Classe 1	0	350	350	4
Classe 2	350	700	350	3
Classe 3	700	1.050	350	2
Classe 4	1.050	1.400	350	1

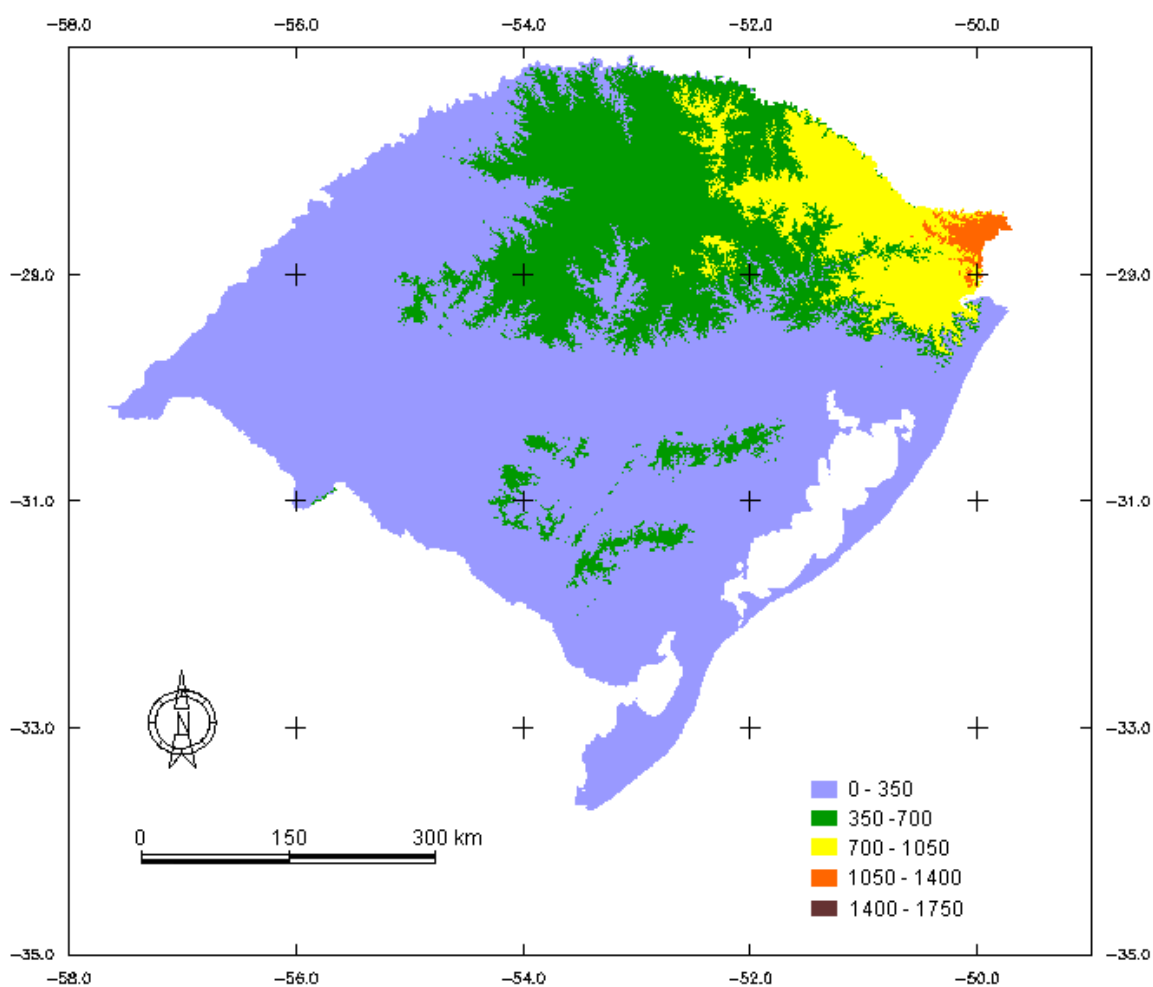


Figura 3.8 – Mapa de altitude do Estado do RS (SRTM).

O fotoperíodo não foi levado em consideração na análise já que o ciclo da soja no RS é determinado basicamente em função da precipitação, juntamente com a temperatura.

As classes de solos foram agrupadas quanto a sua aptidão, de acordo com o Zoneamento Agrícola para o cultivo da soja no RS, proposto pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 2007). As classes de aptidão estão descritas na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Classes de aptidão de solos.

<i>Aptidão de Solos</i>	<i>Valor da Classe</i>
Inapta	0
Restrita	1
Regular	2
Boa	3

Ao todo foram identificados 21 tipos de solo no Estado. A Tabela 3.5 caracteriza os tipos de solo e a respectiva aptidão associada. A conversão das classes de solo em aptidão foi feita utilizando a linguagem LEGAL (Apêndice 1.1). A Figura 3.9 ilustra as classes de solo classificadas quanto à sua aptidão.

Tabela 3.5 – Tipos de solo de acordo com as classes de aptidão.

<i>Cod. Classe</i>	<i>Tipo de Solo</i>	<i>Aptidão</i>	<i>Valor da Classe</i>
<i>AGUA</i>	Massa d'Água	Inapta	0
<i>PV</i>	Argilossolo Vermelho	Regular	2
<i>PVA</i>	Argilossolo Vermelho-Amarelo	Regular	2
<i>CX</i>	Cambissolo Háplico	Regular	2
<i>CH</i>	Cambissolo Húmico	Regular	2
<i>MT</i>	Chernossolo Argilúvico	Boa	3
<i>ME</i>	Chernossolo Ebânico	Regular	2
<i>DN</i>	Dunas Litorâneas	Inapta	0
<i>GX</i>	Gleissolo Háplico	Boa	3
<i>LB</i>	Latossolo Bruno	Boa	3
<i>LV</i>	Latossolo Vermelho	Regular	2
<i>TC</i>	Luvissolo Crômico	Restrita	1
<i>RU</i>	Neossolo Flúvico	Restrita	1
<i>RL</i>	Neossolo Litólico	Restrita	1
<i>RQ</i>	Neossolo Quartzarênico	Restrita	1
<i>NX</i>	Nitossolo Háplico	Boa	3
<i>NV</i>	Nitossolo Vermelho	Boa	3
<i>OY</i>	Organossolo Mésico	Restrita	1
<i>SX</i>	Planossolo Háplico	Regular	2
<i>SG</i>	Planossolo Hidromórfico	Regular	2
<i>FX</i>	Plintossolo Háplico	Regular	2
<i>VE</i>	Vertissolo Ebânico	Boa	3

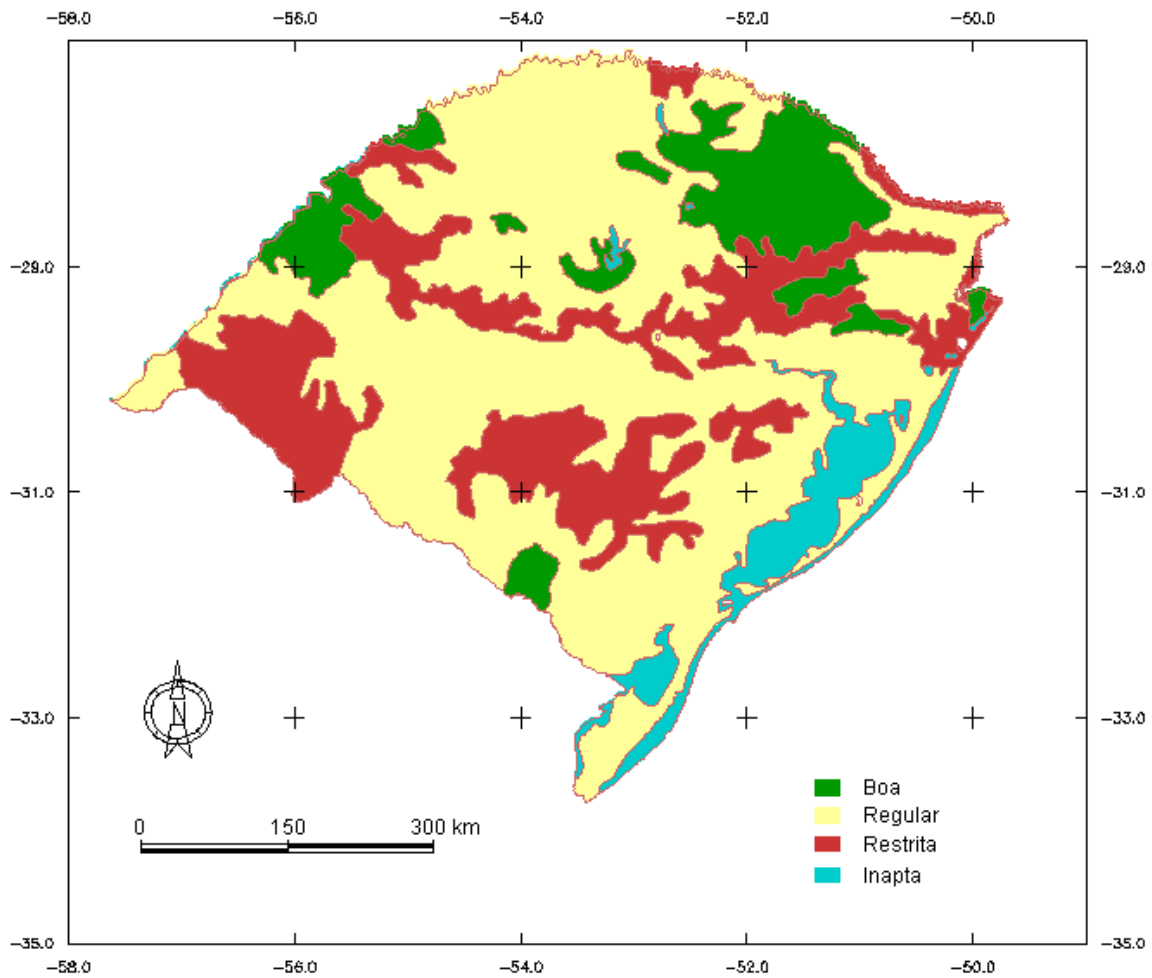


Figura 3.9 – Mapa de classes de aptidão de solos.

3.3.2 Análise e ponderação das variáveis

Após a classificação e fatiamento, foi gerado um PI numérico para cada uma das variáveis, contendo o valor da classe. A fim de identificar o grau de associação entre a produção de soja com os demais, os PI's numéricos de altitude, precipitação e tipos de solo foram divididos pelo PI de safra de soja, gerando novos PI's de associação. Estas operações foram realizadas usando a Linguagem LEGAL (Apêndices 1.2, 1.3, 1.4). As Tabelas 3.6 e 3.7 ilustram os resultados da divisão entre as classes. Os locais em que o resultado ficou entre 0,75 e 1,33 (células em cinza) foram classificados como áreas com grau de associação alto entre as variáveis. Para os demais locais, o grau de associação foi classificado como baixo.

Tabela 3.6 – Resultados da divisão dos PI's de altitude e solos pelo de rendimento.

<i>Rendimento de Soja</i>		<i>Altitude e Solos</i>			
		Inapta 1	Restrita 2	Regular 3	Boa 4
Muito abaixo da média	1	1,00	2,00	3,00	4,00
Abaixo da média	2	0,50	1,00	1,50	2,00
Média	3	0,33	0,67	1,00	1,33
Acima da média	4	0,25	0,50	0,75	1,00
Muito acima da média	5	0,20	0,40	0,60	0,80

Tabela 3.7 – Resultados da divisão do PI de precipitação pelo de rendimento.

<i>Rendimento de Soja</i>		<i>Precipitação</i>				
		Muito abaixo da média 1	Abaixo da média 2	Média 3	Acima da média 4	Muito acima da média 5
Muito abaixo da média	1	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Abaixo da média	2	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
Média	3	0,33	0,67	1,00	1,33	1,67
Acima da média	4	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
Muito acima da média	5	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00

A partir do grau de associação foi possível estabelecer a contribuição (peso) de cada uma das variáveis para o rendimento da soja. O procedimento foi feito através do cálculo de áreas (km²) das classes com alta e baixa associação para cada cruzamento. Os pesos foram calculados a partir da ponderação dos valores com alto grau de associação.

Por fim, foi gerado o mapa final com a indicação das áreas potenciais para o plantio da soja no RS, baseado na ponderação de cada uma das classes, considerando o somatório do valor das classes multiplicado pelo peso. A ponderação foi realizada utilizando a Linguagem LEGAL (Apêndice 1.5). Os resultados foram divididos em cinco classes equiprováveis para geração do mapa temático de classes potenciais (Tabela 3.8).

Tabela 3.8 – Intervalos de classes potenciais para o plantio de soja.

<i>Potencial</i>	<i>Inicial</i>	<i>Final</i>	<i>Amplitude</i>
Muito Baixo	1,0	1,7	0,7
Baixo	1,7	2,3	0,7
Médio	2,3	3,0	0,7
Alto	3,0	3,6	0,7
Muito Alto	3,6	4,3	0,7

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação entre a produtividade de soja com as demais variáveis que contribuem para o seu rendimento mostraram valores de associação em áreas superiores a 1/3 do Estado. A altitude apresentou o maior grau associação com o rendimento de soja (64,1%), seguida pela precipitação (43,8%) e pela variável solo, que apresentou a menor correlação (33,4%) (Tabela 4.1). Cabe salientar que o grau de associação alto pode ser tanto positivo, quanto negativo, ou seja, a produção de soja foi alta quando as condições foram favoráveis (na média, acima ou muito acima); ou baixa no caso de condições desfavoráveis. No entanto, a análise procurou “cercar” as condições ditas favoráveis, ampliando o range de associação (entre 0,75 e 1,33). Esse range assegura que condições favoráveis intermediárias sejam contempladas na análise.

Tabela 4.1 – Grau de associação entre variáveis.

<i>Variável</i>	<i>Grau de Associação</i>			<i>Peso</i>
	Alto (km ²)	Baixo (km ²)	Alto (%)	
Altitude	172.340	96.547	64,1%	45,36%
Precipitação	117.735	151.152	43,8%	30,99%
Solos	89.850	179.037	33,4%	23,65%
<i>Área RS^(*)</i>	268.887 km ²			100%

(*) Área sem a Laguna dos Patos e Lagoa Mirim.

Em relação à altitude, as regiões com os maiores patamares como o Planalto Meridional, apresentaram baixos valores de associação (Figura 4.1). Esse fato mostrou que em regiões com maiores altitudes, onde a produtividade deveria ser menor em função das temperaturas baixas, esse comportamento não foi verificado.

De uma maneira geral, as áreas com altitudes superiores a 500 m não apresentaram associações com o rendimento. A não associação em cotas acima dessa altitude pode indicar que não existe uma correlação significativa entre altitude (e conseqüentemente temperatura), com o rendimento. Esse resultado mostra também que o MDE pode não ter representado a melhor alternativa para a estimativa da temperatura, fazendo-se necessário a utilização dos próprios valores de temperatura média.

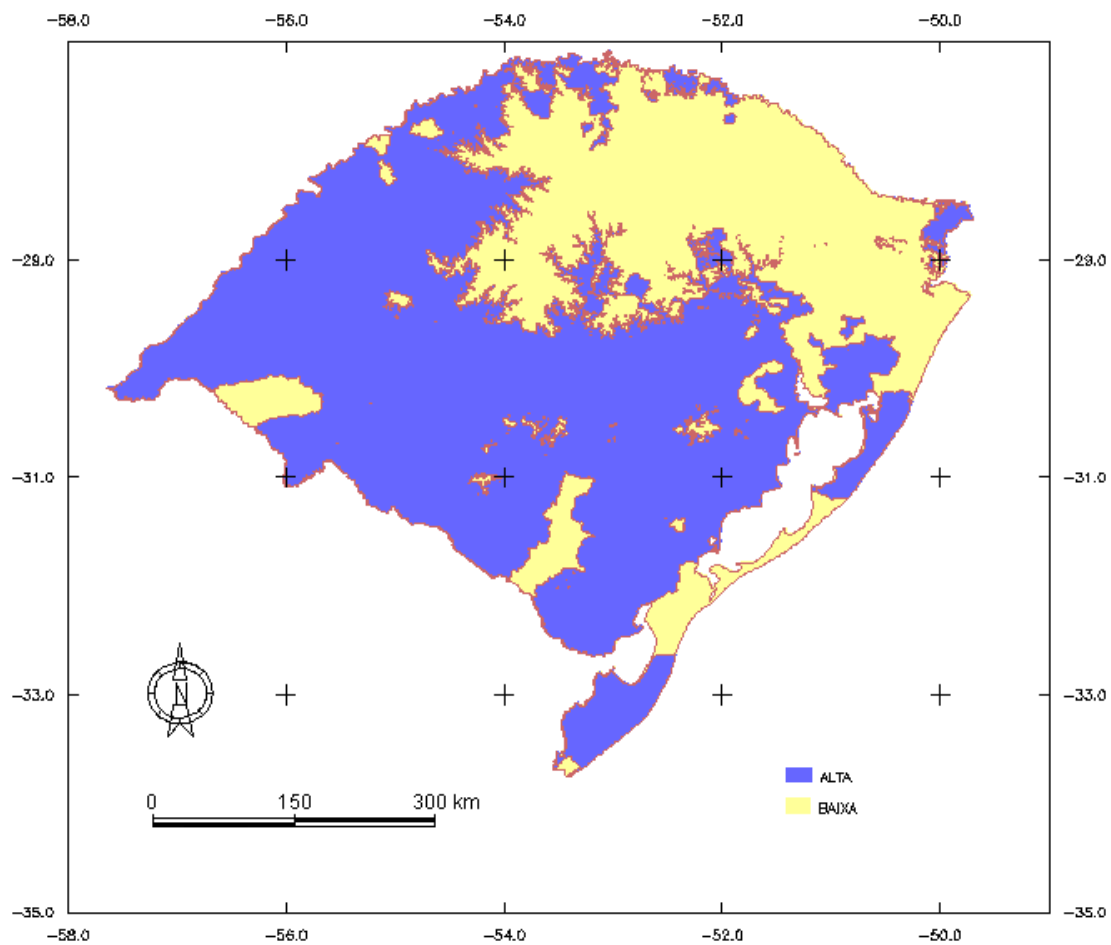


Figura 4.1 – Mapa de grau de associação entre altitude e produtividade de soja.

Em função das áreas com altitudes menores (valores entre 0 e 350 m) terem sido classificadas como favoráveis ao cultivo, devido a da probabilidade de ocorrência de temperaturas mais altas, essas regiões foram “toleradas” pela análise, o que fez com que quase dois terços da área do Estado fossem classificadas como favorável. Uma alternativa para esse caso seria o fatiamento da altitude em um maior número de classes, de modo a permitir uma maior diferenciação entre as classes, e conseqüentemente de temperatura, entre as regiões. Mesmo assim, para o cálculo da ponderação, representando as temperaturas médias inferidas pela altitude, foi mantido o peso da variável altitude, que ficou em 45,36%.

A precipitação foi a segunda variável mais importante inferida através da análise de ponderação. Como os dados de chuva coincidem com os de produtividade (1993-2005), acredita-se que o período utilizado foi suficiente para “diluir” possíveis erros de avaliação, normalmente relacionados a variações sazonais dos índices de precipitação (anos secos e chuvosos). A associação alta concentrou-se essencialmente na metade norte do Estado. Nesse caso, foi possível observar o predomínio da associação positiva, ou seja, as regiões com os altos índices de precipitação concentraram-se no Planalto Meridional, concordando com as áreas mais significativas de produção de soja no RS (Figura 4.2). O peso da precipitação no cálculo das áreas potenciais ficou em 30,99%.

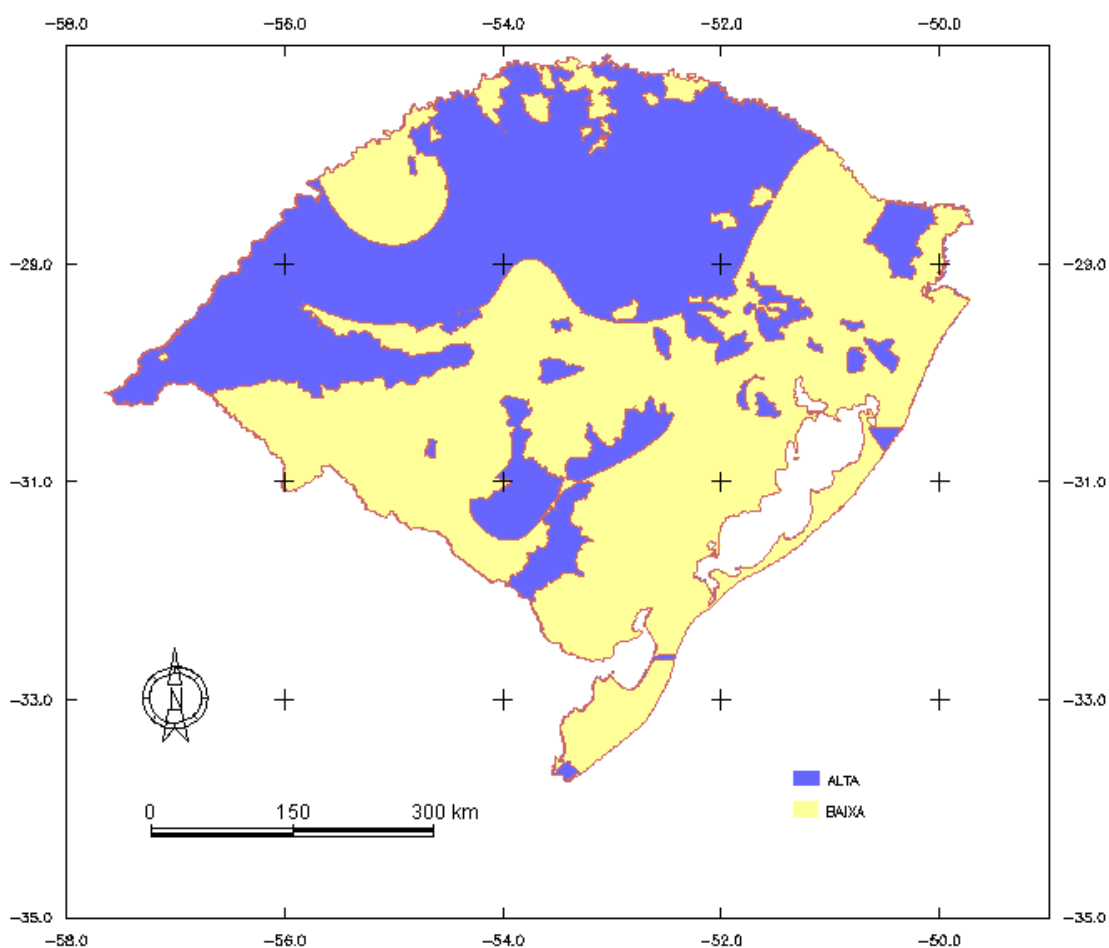


Figura 4.2 – Mapa de grau de associação entre altitude e produtividade de soja.

A variável tipo de solos foi a que apresentou a menor associação com o rendimento. Em geral, nos locais onde o grau de associação foi classificado como alto, não é possível distinguir se houve um predomínio de associações positivas ou negativas. Cabe destacar que, devido à escala de trabalho (1:1 000 000 no caso de classe de solos), as informações sobre tipos de solos foram generalizadas. Além disso, as subclasses de solos, bem como o teor de argila e profundidade, não foram consideradas na análise. Esses fatores são fundamentais para a determinação da capacidade de armazenamento de água no solo e podem apresentar diferenciações significativas dentro de uma mesma classe (Figura 4.3). No entanto, os resultados foram mantidos para a atribuição do peso da variável solo, que ficou em 23,65%.

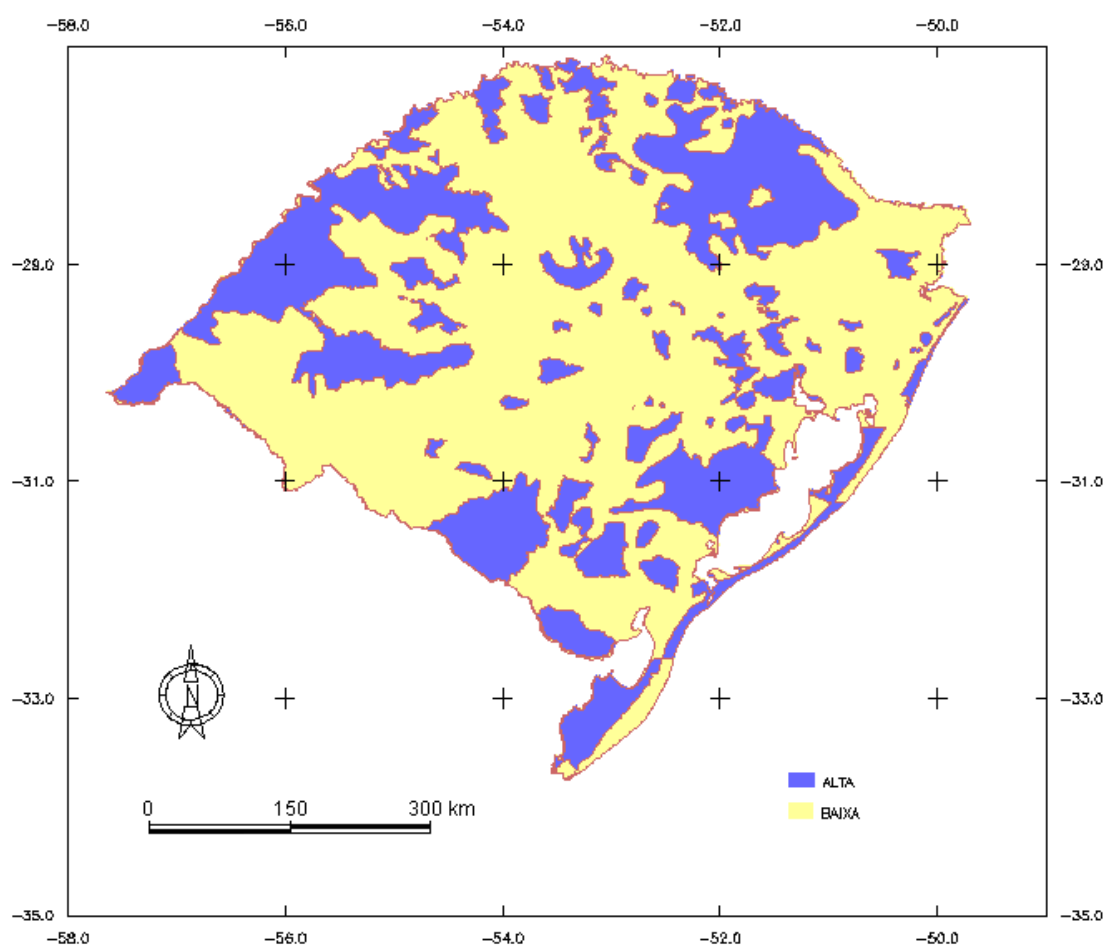


Figura 4.3 – Mapa de grau de associação entre tipos de solos e produtividade de soja.

Por fim, com base nos pesos calculados a partir das associações entre as variáveis precipitação, temperatura e solos, foi gerado o mapa com os diferentes graus de potencialidade para o cultivo da soja no Estado. Na Figura 4.4 é possível observar que a maior parte de RS apresentou um alto potencial para o cultivo da soja (áreas em verde). Na maioria dessas áreas percebe-se que a contribuição da variável temperatura, representada pelas classes de altitude, foi determinante na classificação. As regiões em amarelo e laranja, com potencial de médio a baixo também foram influenciadas por esta variável, já que foi a que teve o maior peso associado. As regiões de potencial muito baixo (vermelho) provavelmente tratam-se de ruídos já que representam áreas muito pequenas, aparecendo apenas em regiões limítrofes do território sul-rio-grandense.

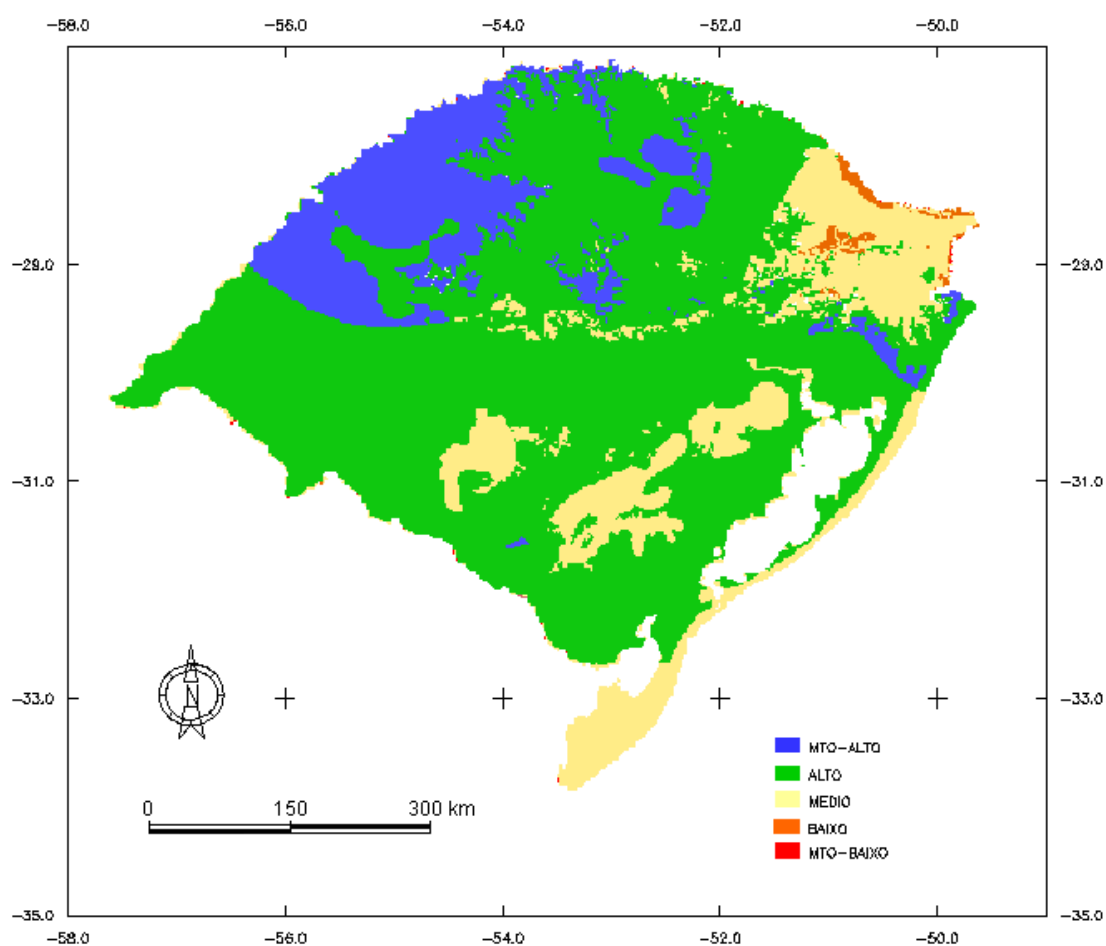


Figura 4.4 – Mapa de indicação de áreas potenciais para o cultivo de soja no RS.

A região noroeste do Estado apresentou potencial muito alto para o cultivo de soja (áreas em azul – Figura 4.4). Esse resultado mostra a conjugação das condições favoráveis de temperatura com a precipitação, que é mais pronunciada nesta região. No entanto, grande parte dessa área apresentou produtividade dentro e abaixo da média no período de avaliação (Figura 3.2). Nesse caso, a participação dos solos, que apresenta condições regulares e restritas nessa região, deveria ter sido maior.

A partir da espacialização dos dados de áreas potenciais para o cultivo da soja foi possível calcular área do Estado do RS correspondente a cada uma das classes. Os valores foram significativos, mostrando que mais de $\frac{3}{4}$ do território sul-rio-grandense (83,42%) possui um potencial alto ou muito alto para o cultivo da soja (Tabela 4.2). Apesar de apresentar algumas diferenças entre a produtividade observa e as áreas com potencial alto e muito alto, os resultados concordaram com o Zoneamento Agrícola da cultura da soja para o RS (Figura 4.5).

Tabela 4.2 – Área (%) correspondente às classes para o plantio de soja no RS.

<i>Potencial</i>	<i>Área RS (km²)</i>	<i>Área RS (%)</i>
Muito Baixo	46	0,02%
Baixo	1.659	0,62%
Médio	42.872	15,94%
Alto	189.277	70,39%
Muito Alto	35.034	13,03%
<i>Total</i>	268.887 km ²	

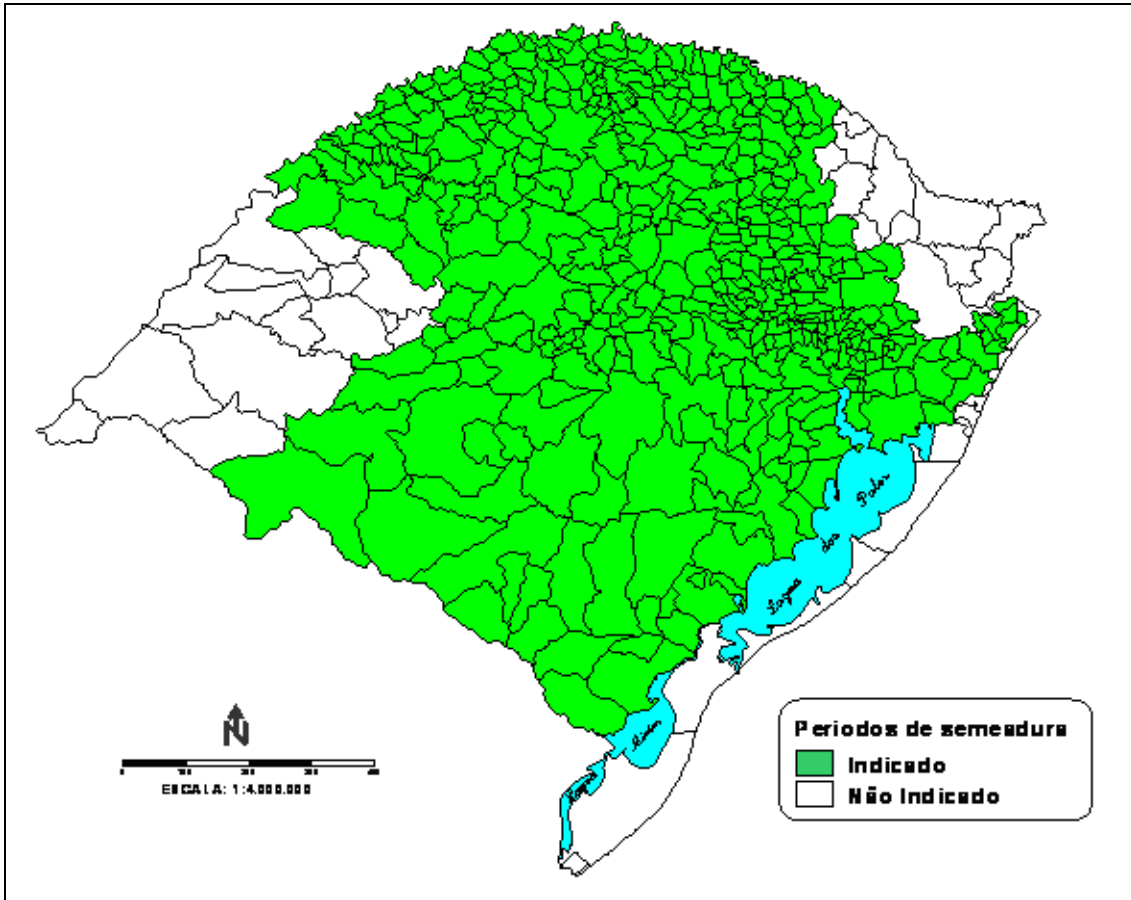


Figura 4.5 – Zoneamento de Riscos Climáticos da Soja no RS – Safra 2007.

Fonte: Brasil (2007) [*].

[*] Período de 20 a 30 de outubro. Risco climático por deficiência hídrica – frequência de 80% de sucesso, em solo Tipo 3 (CAD 75 mm).

5. CONCLUSÕES

As técnicas de geoprocessamento utilizadas nesse trabalho, ponderando as variáveis envolvidas, mostraram-se eficientes na atribuição dos pesos, permitindo uma razoável caracterização de áreas potenciais para o cultivo de soja no Estado do RS. Ressalta-se, entretanto que, para o pleno desenvolvimento das atividades, devem-se conhecer detalhadamente todas, ou pelo menos, a maior parte das variáveis envolvidas no problema, e ainda a contribuição que cada uma delas exerce no fenômeno a ser analisado.

Nesse estudo de caso, algumas simplificações foram feitas para facilitar a execução dos processos. A escala de trabalho (1:1 000 000) contribuiu para que fossem feitas certas generalizações. Alguns aspectos devem ser considerados em trabalhos futuros, como a associação da produtividade com a altitude, já que esse método foi utilizado para inferir temperatura. Quanto aos tipos de solo, uma escala de trabalho com maior detalhamento seria mais indicada, levando em consideração as subclasses de solos e fatores como teor de argila, profundidade e capacidade de armazenamento de água.

Sabe-se que os fenômenos espaciais possuem um comportamento gradual (zonal), não apresentando “degraus”. No entanto, devido ao formato dos arquivos disponibilizados, principalmente da variável produção, espacializada em função da área do município, foi feita a opção pelo fatiamento em classes.

Por fim, salienta-se que uma das dificuldades nos trabalhos em geoprocessamento é a definição da contribuição de cada uma das variáveis envolvidas no processo. Esse estudo mostrou que o método adotado para a definição dos pesos apresentou resultados satisfatórios. No entanto o conhecimento dos processos e variáveis envolvidas, além da realização de constantes testes e interpretações a cerca dos produtos, permitem o aperfeiçoamento dos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, G.O. Os Climas. In: AZEVEDO, A. (org.) **Brasil, a terra e o homem**. 2.ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional. v.1, 1972. p.397-462.

BERLATO, M.A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola In: BERGAMASCHI, H. (coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. p. 11-23.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e do rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 119-125, 1999.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil em Números**. Rio de Janeiro: IBGE. v. 10, 2002. 376p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Zoneamento de riscos climáticos para a cultura da soja**. 2007. Disponível em: www.maa.gov.br. Acesso em 15 de maio de 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Embrapa soja**. 2007. Apresenta: Tabelas e textos. Disponível em: www.cnpsa.embrapa.br. Acesso em 15 de maio de 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema de Recuperação Automática – SIDRA**. 2007. Apresenta: banco de dados geográfico. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em 15 de maio de 2007

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapas interativos**. 2008. Apresenta: mapas em formato *shape file*. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/>. Acesso em 03 de março de 2008

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. (IPAGRO). **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre. 3 v., 1989. Seção de Ecologia Agrícola

KÖEPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 478 p.

LAZZARI, M.R. Agropecuária Gaúcha em 2005: estiagem, câmbio e crise. **Indicadores Econômicos FEE**. Porto Alegre. v. 33, n. 4, p. 41-50, mar. de 2006.

MOTA, F.S.; AGENDES, M.O. **Clima e a agricultura no Brasil**. Porto Alegre: Sagra, 1986. 151 p.

MOTA, F.S.; ZAHLER, P.J.M. **Clima, agricultura e pecuária no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Editora Livraria Mundial, 1994. 166 p.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE. v.2. p. 151-187, 1990.

RIO GRANDE DO SUL (ESTADO). SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO. **Atlas socioeconômico**. Porto Alegre, 2006. Disponível em: www.scp.rs.gov.br/atlas. Acesso em: 10 de novembro de 2006.

STRAHLER, A.N.; STRAHLER, A.H. **Geografia física**. 3ª ed. Barcelona: Omega, 1986. 710 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). CENTRO DE ECOLOGIA. **Modelos digitais de elevação obtidos a partir do SRTM**. 2007. Disponível em: http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/srtm_zip_rar_geotiff.php. Acesso em: 15 de janeiro de 2007.

APÊNDICE A – CÓDIGOS EM LINGUAGEM LEGAL

A1 Reclassificação do PI de classes de solo para aptidão.

```
{
Tematico uso ("SOLO-IBGE-TEM");
Tematico recl ("SOLO-IBGE-TEM-RECLASS");
Tabela juntar (Reclassificacao);

uso = Recuperar (Nome="SOLO-IBGE");
recl = Novo (Nome= "SOLO_RECLASS", ResX=0.0096230004, ResY=0.0096230004,
Escala = 185533);
juntar = Novo (CategoriaIni = "SOLO-IBGE-TEM", CategoriaFim = "SOLO-IBGE-TEM-
RECLASS",
    "AGUA":"Inapta",
    "PVA": "Regular",
    "CH": "Regular",
    "CX": "Regular",
    "MT": "Boa",
    "ME": "Regular",
    "GX": "Boa",
    "LB": "Boa",
    "TC": "Restrita",
    "RL": "Restrita",
    "RU": "Restrita",
    "RQ": "Restrita",
    "NV": "Boa",
    "NX": "Boa",
    "OY": "Restrita",
    "SX": "Regular",
    "SG": "Regular",
    "FX": "Regular",
    "VE": "Boa",
    "DN": "Inapta",
    "PV": "Regular",
    "LV": "Regular");

recl = Reclassifique (uso, juntar);
}
```

A2 Divisão do PI classes de altitude pelo de rendimento de soja.

```
{
Numerico soja ("MNT-SAFRA-SOJA");
Numerico srtm ("MNT-SRTM-RS");
Numerico div ("MNT-RESULT");

soja = Recuperar (Nome = "SOJA-MED-13A");
srtm = Recuperar (Nome = "SRTM-REC-RS");

div = Novo (Nome = "SOJA_ALTI", ResX=0.0096225198, ResY=0.0096225198,
Min=0, Max=10);

div = srtm/soja ;
}
```


A3 Divisão do PI classes de precipitação pelo de rendimento de soja.

```
{
Numerico SOJA ("MNT-SAFRA-SOJA");
Numerico CHUVA ("MNT-CHUVA-MED");
Numerico DIV ("MNT-RESULT");

SOJA = Recuperere (Nome = "SOJA-MED-13A");
CHUVA = Recuperere (Nome = "CHUVA-OUT-MAR-5CL");

DIV = Novo (Nome = "SOJA_CHUVA", ResX=0.0096225198, ResY=0.0096225198, Min=0,
Max=10);

DIV = CHUVA / SOJA;
}
```

A4 Divisão do PI classes de solo pelo de rendimento de soja.

```
{
Numerico SOJA ("MNT-SAFRA-SOJA");
Numerico SOLO ("MNT-SOLO-IBGE");
Numerico DIV ("MNT-RESULT");

SOJA = Recuperere (Nome = "SOJA-MED-13A");
SOLO = Recuperere (Nome = "SOLO_REC_RS");

DIV = Novo (Nome = "SOJA_SOLO", ResX=0.0096225198, ResY=0.0096225198,
Min=0, Max=10);

DIV = SOLO/SOJA;
}
```

A5 Ponderação entre as classes para geração do mapa de áreas potenciais.

```
{
Numerico ALT ("MNT-SRTM-RS");
Numerico CHUVA ("MNT-CHUVA-MED");
Numerico SOLO ("MNT-SOLO-IBGE");
Numerico FINAL ("MNT-RESULT");

ALT = Recuperere (Nome = "SRTM-REC-RS");
CHUVA = Recuperere (Nome = "CHUVA-OUT-MAR-5CL");
SOLO = Recuperere (Nome = "SOLO_REC_RS");

FINAL = Novo (Nome = "SOJA_FINAL", ResX=0.0096225198, ResY=0.0096225198,
Min=0, Max=10);

FINAL =
(ALT*0.453615345029936)+(CHUVA*0.309890072178213)+(SOLO*0.23649458279185);
}
```

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programa de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

Programas de Computador (PDC)

São a seqüência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. São aceitos tanto programas fonte quanto executáveis.

Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.