

Avaliação do Sistema de Informações Geográficas SGI para Tratamento de Dados Geoambientais de Interesse Agrícola

EDSON EYJI SANO
EDUARDO DELGADO ASSAD
HELENO DA SILVA BEZERRA
LUCIMAR MOREIRA

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CPAC - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
BR-020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza, Caixa Postal 08223
73.301-970 Planaltina, DF, Brasil
Fax: (061)389.29.53

Abstract - This study aimed to evaluate the potential of SGI, the Geographic Information System developed by INPE, for manipulation of data with agricultural interest of the Brazilian Savanna area. The geocoded data of the following study areas was stored in this system: Taquara Creek Watershed, DF (1:20,000); Experimental fields of EMBRAPA/CPAC, DF (1:40,000); Sylvania municipality, GO (1:100,000); and Brazilian Savanna region (1:5,000,000). Two types of data were handled: vector, mainly soil, slope and land use data, and DTM of the precipitation data. All manipulations of the original data were done in a satisfactory manner, which indicates the SGI is adequacy for handling environmental information of rural zones.

1. Introdução

São apresentados neste trabalho, os principais resultados e discussões obtidos da avaliação do sistema de informações geográficas SGI, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em São José dos Campos, SP, e atualmente disponível na EMBRAPA/CPAC. A avaliação foi baseada na manipulação de dados geoambientais e georreferenciados, em diferentes escalas, das seguintes regiões dos Cerrados brasileiros: microbacia do córrego Taquara, DF (1:20.000); campos experimentais do CPAC, DF (1:40.000); município goiano de Silvânia (1:100.000); e a região contínua dos Cerrados (1:5.000.000). Estas áreas foram selecionadas em função da disponibilidade de grande parte dos dados de Recursos Naturais necessários para o desenvolvimento deste estudo, o que evitou a realização de campanhas de aquisição dos mesmos, quase sempre onerosas e demoradas.

Toda avaliação foi efetuada com base na seguinte configuração: mesa digitalizadora formato A0; microcomputador compatível com a linha IBM/PC, com 1,2 MBytes de memória RAM; monitor colorido de imagem de 10"; uma placa gráfica de 1024 x 1024

bytes; e uma plotadora de uma pena, formato A1. Quando este estudo foi iniciado, a velocidade de processamento e a capacidade de armazenamento do sistema eram respectivamente de 10 MHz (PC/XT) e 55 MBytes. Durante a execução do projeto, o microcomputador foi substituído por um PC/386 com 25 MHz e 80 MBytes de memória e finalmente, por um PC/386 com 40 MHz e 120 MBytes de memória.

Nos últimos anos, vários SIGs têm sido desenvolvidos a nível mundial tais como o SGI, o ARC/INFO, o SPANS, o GRASS, o IDRISI, etc., cada qual com capacidade própria de armazenar, recuperar e analisar os diferentes tipos de dados. No questionário conduzido por Parker (1989) nos Estados Unidos, foram registrados 62 SIGs.

A EMBRAPA/CPAC optou pelo SGI pelos seguintes motivos: em função da aquisição do SGI por um grande número de laboratórios regionais espalhados por todo o Brasil, possibilitando com isto, um importante intercâmbio de dados e de informações; em função do bom relacionamento do CPAC com o INPE, o qual permite o esclarecimento imediato de dúvidas na operação do sistema, além da possibilidade de cooperação no desenvolvimento de algoritmos

específicos de interesse do Centro; e em função da utilização do mesmo ambiente de trabalho do sistema de processamento de imagens SITIM, onde os técnicos do CPAC já vinham adquirindo experiências com outras instituições como o próprio INPE e a UnB. Além disto, Young (1986), após uma cuidadosa pesquisa de literatura e discussões com pesquisadores europeus e norte-americanos, concluiu que não existia nenhum SIG que fosse completo suficiente para atender a todas as necessidades dos usuários.

2. Manipulação de dados geoambientais no SGI

2.1. Campos experimentais do CPAC

Nesta seção, o SGI foi avaliado através da estruturação e quantificação dos dados ambientais referentes à estação experimental da EMBRAPA/CPAC, situada no Km 18 da rodovia BR-020, em Planaltina (DF). Com uma extensão de aproximadamente 3.500 ha, tal estação é constituída por 18 campos experimentais que são identificados segundo as seguintes denominações (Figura 1): A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q e R.

Além deste mapa de localização das estações, os seguintes mapas também na escala de 1:40.000 foram digitalizados no sistema: solos, declividade, geomorfologia, vegetação original e declividade. Todos os mapas foram extraídos do Atlas do CPAC (EMBRAPA s.d.), com exceção do de declividade, que foi gerado a partir do mapa de hipsometria do mesmo Atlas (equidistância de 25 metros), com base na metodologia proposta por Biasi (1970). Detalhes sobre as características fisiográficas desta área de estudo podem ser encontradas em Sano et al. (1990).

A primeira etapa do trabalho iniciou-se com a definição de um projeto na escala de 1:40.000, sem projeção cartográfica e com unidade de medida em metros. Neste projeto, foram criados cinco planos de informação, também na escala de 1:40.000, correspondentes aos mapas temáticos citados anteriormente.

Para cada PI, após a digitalização, a inserção de centróides, o ajuste de linhas (com tolerância de 0,3 mm) e a poligonalização, efetuou-se a conversão dos mapas do formato vetorial para varredura, através de uma resolução espacial de 30 metros. Os seguintes cruzamentos de PIs por sobreposição foram desenvolvidos: Campos Experimentais x Solos; Campos Experimentais x Geomorfologia; Campos

Experimentais x Vegetação Original; e Campos Experimentais x Declividade.

Após estas sobreposições, foram calculadas as áreas ocupadas por cada classe temática de solos, geomorfologia, vegetação original e declividade em cada campo experimental. A apresentação e discussão destas quantificações podem ser encontradas em Sano et al. (1990).

2.2. Microbacia do córrego Taquara

Nesta seção, foi dada ênfase no cruzamento das informações referentes ao solo, ao uso da terra e à declividade da microbacia do córrego Taquara (DF), com o intuito de caracterizar o seu meio físico. Segundo a metodologia proposta por Lepesch et al. (1983), as informações do meio físico levam em consideração dados de declividade, de solos e de uso da terra, onde são mapeadas as unidades homogêneas em relação a estas três variáveis. O seu levantamento permite conhecer as características e as condições da área. Este, juntamente com as condições sócio-econômicas, constituir-se-ão na base onde o planejamento agrônômico deverá ser assentado.

A microbacia do córrego Taquara corresponde à microbacia-piloto do Distrito Federal no Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas (PNMH) do Ministério da Agricultura (Brasil 1987). Situa-se na região administrativa de Planaltina (DF), entre as latitudes 15°36'S e 15°41'S e as longitudes 47°29'W e 47°33'W.

Com uma superfície de aproximadamente 4.350 ha, esta microbacia pertence à sub-bacia do ribeirão Pipiripau e à bacia do rio São Bartolomeu, sendo o córrego Taquara um curso de água de segunda ordem (Montes et al. 1982). O principal acesso é pela BR-020, rodovia Brasília-Fortaleza, distante 65 Km de Brasília. Em 1968 foi instalado na área o Núcleo Rural de Taquara, onde 82 chácaras de aproximadamente 20 ha se encontram, além de uma propriedade grande e três médias, que ocupam 50% da área (Figura 2).

As principais etapas de trabalho desenvolvidas no SGI foram: digitalização dos mapas de uso da terra, solos, declividade e propriedades; agrupamento (reclassificação) de classes nos três primeiros mapas; geração e quantificação do mapa de meio físico através do cruzamento "uso da terra" x "solos" x "declividade"; e o cruzamento "mapa de meio físico" x "propriedade". Todos os mapas foram digitalizados na escala de 1:20.000.

Visando a elaboração do mapa de meio físico as 46 classes de solos (EMBRAPA/SNLCS 1990) foram agrupadas em oito unidades, obedecendo aos seguintes critérios de junção: 1) Latossolo de textura média; 2) Latossolo de Textura Argilosa; 3) Latossolo de Textura Muito Argilosa; 4) Gleys Húmicos, Pouco Húmicos e Solos Orgânicos; 5) Areias Quartzosas; 6) Cambissolos; 7) Plintossolos; e 8) Afloramentos de Rochas. As nove classes de uso da terra também foram reduzidas para sete, com junção da pastagem nativa com o cerrado e da fruticultura com a silvicultura, assim como houve a diminuição das classes de declividade com o agrupamento das classes de 8 a 12% e de 12 a 18%.

O objetivo destas reduções de classes foi diminuir o total possível das unidades de meio físico a serem geradas pelo sistema. Com os agrupamentos efetuados, o número inicial previsto de 1980 unidades passou para 224, o que implica numa considerável diminuição de tempo de processamento. Além disto, a presença de um número tão grande de classes inviabilizaria qualquer tipo de planejamento na área de estudo.

Após estas reduções, realizou-se a etapa seguinte do trabalho, que consistiu no cruzamento dos mapas de uso da terra, declividade e solos. Cada classe resultante desta integração corresponde a uma unidade de meio físico, as quais foram, em seguida, quantificadas no SGI.

Finalmente, como última etapa do trabalho, foram obtidas a caracterização e a quantificação do meio físico para cada propriedade, através do cruzamento do mapa de propriedade com o do meio físico. Tal quantificação de meio físico, tanto para a microbacia como para cada propriedade, pode ser encontrada em Assad et al. (1992).

2.3. Município de Silvânia

Os dados analisados, referentes a esta área de estudo, foram os mapas de solos, declividade, uso da terra e um mapa com localização de 13 comunidades, todos na escala de 1:100.000. Estes dados, especialmente os referentes à declividade e ao uso da terra, por conterem um grande número de linhas, permitiu avaliar o sistema quanto ao processamento de grandes volumes de dados. Por exemplo, os dois mapas citados (declividade e uso da terra) contêm respectivamente, 2481 e 2769 linhas, enquanto que os mesmos mapas, para a microbacia do Taquara, são formados por 158 e 301 linhas, respectivamente.

Tal município foi escolhido basicamente por ser representativo da região dos Cerrados, por ter uma

atividade econômica diversificada, pela heterogeneidade no tamanho das propriedades e pela variedade no uso da força de trabalho. Por exemplo, segundo Assad et al. (1988), as propriedades agrícolas do município foram classificadas em 11 tipos, agrupadas de acordo com a sua área, tipo de produto e nível tecnológico aplicado, dentre outros fatores de produção e condições sócio-econômicas dos proprietários. Situado na porção sul do Estado de Goiás, o referido município abrange uma área de aproximadamente 3.620 km². A sua sede localiza-se a 898 m de altitude e nas coordenadas 16°39'32"S e 48°36'29"W, distante cerca de 80 km de Goiânia, GO e 180 km de Brasília, DF.

As principais etapas de trabalho desenvolvidas no SGI foram: digitalização de dois mapas de declividade, solos, uso da terra e localização das comunidades; agrupamento de classes no mapa de solos; cruzamento "solos agrupados" x "declividade" x "comunidades" e posterior quantificação do plano resultante do cruzamento.

O mapa de declividade foi gerado manualmente a partir das curvas de nível espaçada de 40 em 40 metros, extraídas das cartas planialtimétricas do município e utilizando-se a metodologia proposta por Biasi (1970). As classes de declividade foram discriminadas em cinco intervalos distintos (EMBRAPA/SNLCS 1979): 0-3% (relevo plano); 3-8% (relevo suave ondulado); 8-20% (relevo ondulado); 20-45% (relevo fortemente ondulado); e >45% (relevo montanhoso).

O mapa de solos (EMBRAPA 1992) digitalizado no sistema envolveu 56 unidades de mapeamento, os quais foram agrupados posteriormente em 11 grandes grupos: Latossolo Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo; Latossolo Roxo; Terra Roxa Estruturada; Podzólico; Cambissolo Álico; Cambissolo Distrófico; Cambissolo Eutrófico; Plintossolo; e Solo Aluvial. De uma maneira semelhante ao praticado para a microbacia do Taquara, este agrupamento foi efetuado a fim de reduzir o número de classes a serem geradas pelo mapa derivado do cruzamento declividade x solos, facilitando com isto, a tomada de decisões futuras no planejamento da ocupação e conservação de solo e água do município.

O mapa de uso da terra foi confeccionado a partir de uma interpretação visual de imagem de satélite Landsat-TM de julho de 1987, em papel fotográfico, escala de 1:100.000, composição colorida das bandas 3, 4 e 5. As seguintes classes foram discriminadas desta interpretação: Cerrado Denso; Cerrado; Cerrado Ralo; Pastagem; Reflorestamento; Soja; Solo Exposto; Queimadas; Classe Não-identificada; e Área Urbana.

Quanto ao mapa de localização das comunidades (Figura 3), foram digitalizadas as seguintes comunidades: Água Branca; Barrinha; Bom Jardim; Cabeceira; Gameleira; INCRA; Lajes; Limeira; Madeira; Mocambo; Santa Rita; Quilombo; e Variado.

2.4. Região contínua dos Cerrados

Nesta área de estudo, todos os dados processados e analisados corresponderam aos registros diários de precipitação (em mm) de 20 anos observados em 101 estações pluviométricas situadas dentro ou nas proximidades da região contínua dos Cerrados.

Anterior à fase de armazenamento destes dados no SGI, foi feita uma análise crítica deste conjunto de dados MNT para se obter séries pluviométricas consistentes e passíveis de análises. Um tratamento prévio eliminou os anos incompletos do arquivo de dados, bem como aqueles anos com totais mensais discrepantes quanto a desvio-padrões aceitáveis (20%). Em seguida, para cada estação, foram calculadas a frequência média mensal de todos os meses do ano e a frequência de ocorrência de veranicos de 10 dias (período seco prolongado durante a estação chuvosa) dos meses chuvosos (outubro a março). Detalhes deste procedimento podem ser encontrados em Araújo (1992). Para o desenvolvimento da avaliação do SGI, foram selecionadas a frequência média mensal de dezembro e o veranico de janeiro.

Tais dados foram armazenados no SGI com o objetivo de espacializá-las para toda a região dos Cerrados, através da utilização de técnicas de interpolação disponíveis no sistema. Foram executadas sequencialmente, as seguintes operações no SGI: conversão de projeção geográfica para polícônica; leitura de arquivos ASCII; organização de pontos; geração de grade regular e seleção do interpolador; refinamento de grade regular; mascaramento; e conversão de formato. Inicialmente foi realizada a conversão de projeção de sistema de coordenadas geográficas (latitude e longitude) das estações do DNAEE para projeção polícônica da base cartográfica 1:5.000.000 dos Cerrados utilizada para a referida espacialização. A lista destas 101 estações com suas respectivas localizações em termos de latitude e longitude pode ser encontrada em Araújo (1992).

Em seguida, as informações referentes a média mensal de dezembro e a de veranico de janeiro foram introduzidas no SGI através do algoritmo de leitura de arquivos ASCII disponível no sistema. A etapa subsequente de organização de pontos foi feita através de três amostragens que foram selecionadas dentro de

um intervalo máximo possível de 2 a 32: 2, 16 e 32 (alta, média e baixa densidade de amostragens, respectivamente). Procurou-se verificar com isto, quais seriam as principais variações que apareceriam nos mapas a serem gerados, tendo como parâmetro, os diferentes intervalos de amostragem.

Durante a fase seguinte de geração da grade regular, a primeira opção que o usuário deve selecionar é o intervalo da grade que se deve utilizar para a sua confecção. A primeira tendência que surge é a utilização de uma grade de 30 linhas x 30 colunas como sugere o SGI ("default" do sistema) ou de um conjunto mais denso, supondo-se que quanto mais densa a grade, mais preciso será o modelo. No entanto, esta teoria, segundo Gomes (1990), não é sempre verdadeira, pois a "definição de uma grade mais densa não cria maior número de amostras, mas sim um maior número de pontos interpolados". Assim sendo, neste trabalho foram selecionadas a título de avaliação, duas opções envolvendo uma grade de 30 linhas x 30 colunas e a outra com 150 linhas x 150 colunas.

Em seguida, deve-se selecionar o interpolador, bem como o número de pontos vizinhos mais próximos que deverão ser considerados na interpolação e o expoente n da função distância euclidiana d do interpolador escolhido. Segundo Gomes (1990), a interpolação é uma técnica utilizada para estimar o valor de uma determinada grandeza, a partir de um conjunto de amostras. Existem atualmente no SGI, seis opções de interpoladores, os quais estão descritos em Felgueiras (1987).

De acordo com Gomes (1990) e Gomes & Dias (1990), não existe um interpolador suficientemente versátil que atenda a todos os tipos de amostragem. Embora Franke (1982) tenha proposto alguns critérios de avaliação dos interpoladores envolvendo parâmetros como precisão e aspectos visuais, esta avaliação é dificultada quando não se tem controle sobre as características da superfície que está sendo gerada, como é o caso dos dados deste projeto.

Assim sendo, foram selecionadas algumas opções referentes ao número de vizinhos mais próximos e ao expoente da função peso de cada um dos seis interpoladores disponíveis no sistema (Tabela 1). Como o SGI calcula para cada uma destas combinações, o seu respectivo erro médio e desvio-padrão, decidiu-se escolher como sendo o melhor interpolador, aquele que apresentar o menor erro médio.

Os valores obtidos de erro-médio e desvio-padrão foram sempre os mesmos, independentemente da opção referente ao número de amostras (2, 16 ou 32). Foram

encontrados para alguns casos envolvendo os interpoladores 2 e 4, erros de ponto flutuante.

Para os dados de veranico e para uma grade de 30 linhas x 30 colunas, o interpolador 5 com expoente 4 foi o que apresentou o menor erro residual (-0,0033), enquanto que para a grade de 150 linhas x 150 colunas, o interpolador 2, com 12 números de pontos e expoente 1 mostrou o menor erro residual (0,0004). Portanto, para os dados referentes ao veranico, a grade regular com 150 linhas x 150 colunas, gerada pelo interpolador 2 com 12 números de pontos foi a que apresentou o menor erro residual, sendo então refinada para 569 linhas x 509 colunas (resolução horizontal e vertical de 3,5). Esta resolução foi escolhida em função da grade resultante não ser muito densa, reduzindo com isto, o tempo de processamento das etapas seguintes de manipulação dos dados. Além disto não houve saturação de "pixels" em nenhum dos mapas gerados a partir desta resolução. Dentre os dois interpoladores disponíveis neste algoritmo (bilinear e bicúbico), foi escolhido o bicúbico por ser o mais poderoso, envolvendo uma análise de um maior número de pontos vizinhos e de um expoente mais elevado.

Em seguida, através da função de fatiamento de dados do sistema, o PI correspondente a veranico foi reclassificado segundo o seguinte intervalo de frequência de ocorrência de veranicos: < 5; 5-10; 10-15; 15-20; e 20-25. Este plano de informação foi mascarado com o plano limite do Cerrado, após o qual foi transformado em formato vetorial para fins de impressão na plotadora.

Com relação à precipitação média mensal de janeiro, o interpolador 2, com 16 pontos e expoente 1 (grade de 30 linhas) e o interpolador 3, com 2 pontos e expoente 8 (grade de 150 linhas) foram os que apresentaram os menores erros médio, respectivamente com 0,017 e 0,0024. Aqui, ao contrário do caso anterior, a grade com menor resolução espacial apresentou o menor erro médio e portanto, foi a utilizada para as etapas seguintes de refinamento, fatiamento, mascaramento e conversão de formato.

A título de ilustração, as Figuras 4 e 5 mostram, respectivamente, a frequência de ocorrência de veranicos de janeiro e a precipitação média mensal de dezembro, gerados a partir de todas as etapas anteriores, conduzidas no SGI.

3. Considerações finais

Todo este trabalho, desde a digitalização da primeira linha no sistema até a confecção deste relatório final,

foi desenvolvida em aproximadamente 2,5 anos. Durante este período, várias melhorias no "software" foram sendo implantadas, através do lançamento de sucessivas versões por parte do INPE e da ENGESPACO. Paralelamente, a EMBRAPA/CPAC também foi melhorando a parte de "hardware", através da substituição do seu primeiro microcomputador PC/XT com 10 MHz e 55 MBytes de disco rígido para o atual PC/386 com 40 MHz e 120 MBytes de capacidade de armazenamento. Com esta última configuração, a função que dispendiou maior tempo de processamento foi a poligonalização do mapa de declividade de Silvéria, que levou aproximadamente 15 minutos para a sua completa execução.

A experiência adquirida pelos autores mostrou que uma configuração mínima para a execução dos trabalhos como os desenvolvidos aqui seria um microcomputador PC/386 com 25 MHz. Foram necessários aproximadamente 80 MBytes de memória no disco rígido para armazenar todos os projetos no SGI simultaneamente; a utilização de um compactador é muito importante para compactar os arquivos imagem. O sucesso no desenvolvimento de um adaptador para canetas ponta porosa, com excelente desempenho, possibilitou uma redução acentuada nos custos de aquisição de canetas para desenho dos mapas.

Todas as tarefas propostas neste projeto foram desenvolvidas satisfatoriamente pelo SGI, comprovando ser um bom sistema. Convém destacar ainda, a facilidade de operação do sistema, feita através de um sistema de "menu". Somado a estes fatos, um outro igualmente importante e que novamente merece ser enfatizado, é a existência de um grande número deste sistema espalhado por todo o Brasil, possibilitando com isto, a troca de dados entre uma instituição e outra, poupando parte do árduo trabalho de digitalização.

4. Referências bibliográficas

- ARAÚJO, A.G. Análise frequencial da precipitação pluviométrica nos Cerrados brasileiros e sua variação espacial. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA NA GRADUAÇÃO, 1991, Brasília, DF. Anais. Você pesquisa?...então mostre. Brasília: UnB, 1992. p. 293-314.
- ASSAD, E.D.; MACEDO, J.; MOREIRA, L. Estudo da mobilidade da fronteira agrícola no município de Silvéria-GO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO, 5., 1988. Natal, RN. Anais. Natal: INPE/SELPER, 1988. v.2, p. 430-436.

- ASSAD, E.D.; SANO, E.E.; MEIRELLES, M.L.; SILVA, F.A.M.; MOREIRA, L.; MACEDO, J.; RESCK, D.V.S.; KER, J.C.; CHAGAS, C.S.; CARVALHO JÚNIOR, V. **Caracterização ambiental da microbacia do córrego Taquara, DF.** Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1992. (Documentos, 47).
- BIASI, M. Carta de declividade de vertentes: confecção e utilização. *Geomorfologia*, sv., n.21, p.8-12, 1970.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas: manual operativo.** Brasília:Ministério da Agricultura, 1987, 60p.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Atlas do CPAC.** Planaltina, s.n.t., s.d., 16p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos.** Rio de Janeiro:SNLCS, 1979. 83p. (Série Miscelânea, 1).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento semidetalhado dos solos da microbacia-piloto do Distrito Federal, córrego do Taquara, DF, escala 1:10.000.** Brasília:SNLCS, 1990.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Coordenadoria Regional do Centro-Oeste. (Goiânia, GO). **Mapa de reconhecimento de alta intensidade dos solos dos municípios de Silvânia e São Miguel do Passa Quatro, GO, escala 1:100.000.** Goiânia:SNLCS, 1992.
- ENGESPAÇO. **Sistema de informações geográficas SGI: manual do usuário 2.** São José dos Campos, s.d., 1v.
- FELGUEIRAS, C.A. **Desenvolvimento de um sistema de modelagem de terreno para microcomputadores.** (Dissertação de mestrado em computação aplicada). São José dos Campos:INPE, 1987, 202p. (INPE-4406-TDL/303).
- FRANKE, R. Scattered data interpolation: testes of some methods. *Mathematics of Computation*, v.35, n.157, p.181-199, 1982.
- GOMES, W. **Amostragem e interpolações em modelos digitais de terreno.** (Dissertação de mestrado em sensoriamento remoto). São José dos Campos:INPE, 1990, 95p. (INPE-5041-TDL/404).
- GOMES, W.; DIAS, L.A.V. Proposta de um novo método de amostragem para modelos digitais de elevação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 4., 1990, Manaus, AM. **Anais.** Manaus: INPE/SELPER/ISPRS, 1990. v.3, p.724-731.
- LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BEROLINI, D.; ESPÍNOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** Campinas:Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.
- MONTES, G.L.; FIGUEIREDO, G.C.; ROCHA, D.M. **Características físicas e geomorfológicas das principais bacias hidrográficas do Distrito Federal.** Brasília:Secretaria da Agricultura e Produção do Distrito Federal, 1982. 42p.
- PARKER, H.D. GIS software 1989: a survey and commentary. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. v.55, n.11, p.1589-1591, 1989.
- SANO, E.E.; ASSAD, E.D.; MOREIRA, L.; MACEDO, J.; STONER, E. Utilização do SGI/INPE na caracterização ambiental dos campos experimentais do CPAC/EMBRAPA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1990. **Geoprocessamento.** São Paulo:Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1990. p.273-282.
- YOUNG, J.A.T. Geographic information systems. **AUK geographic information system for environment monitoring, resource planning & management capable of integrating using satellite remotely sensed data.** Nottingham:University of Nottingham, 1986. Chap. 2, p.5-26.

Tabela 1. Número de vizinhos mais próximos e expoente da função peso seccionados para cada interpolador.

Interpolador	Nº de vizinhos	Expoente
1, 2	1	1, 4, 8
	4	1, 4, 8
	8	1, 4, 8
	12	1, 4, 8
	16	1, 4, 8
3, 4	1	1, 4, 8
	2	1, 4, 8
	3	1, 4, 8
5, 6	-	1, 2, 4, 6, 8

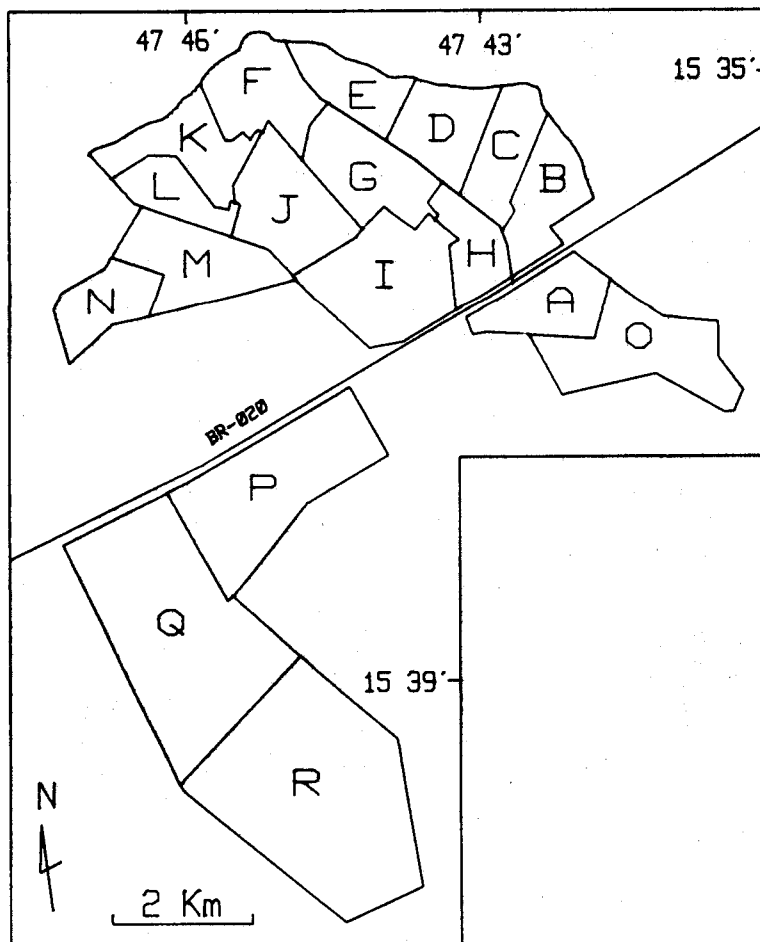


Fig. 1. Mapa de localização dos campos experimentais da EMBRAPA/CPAC.

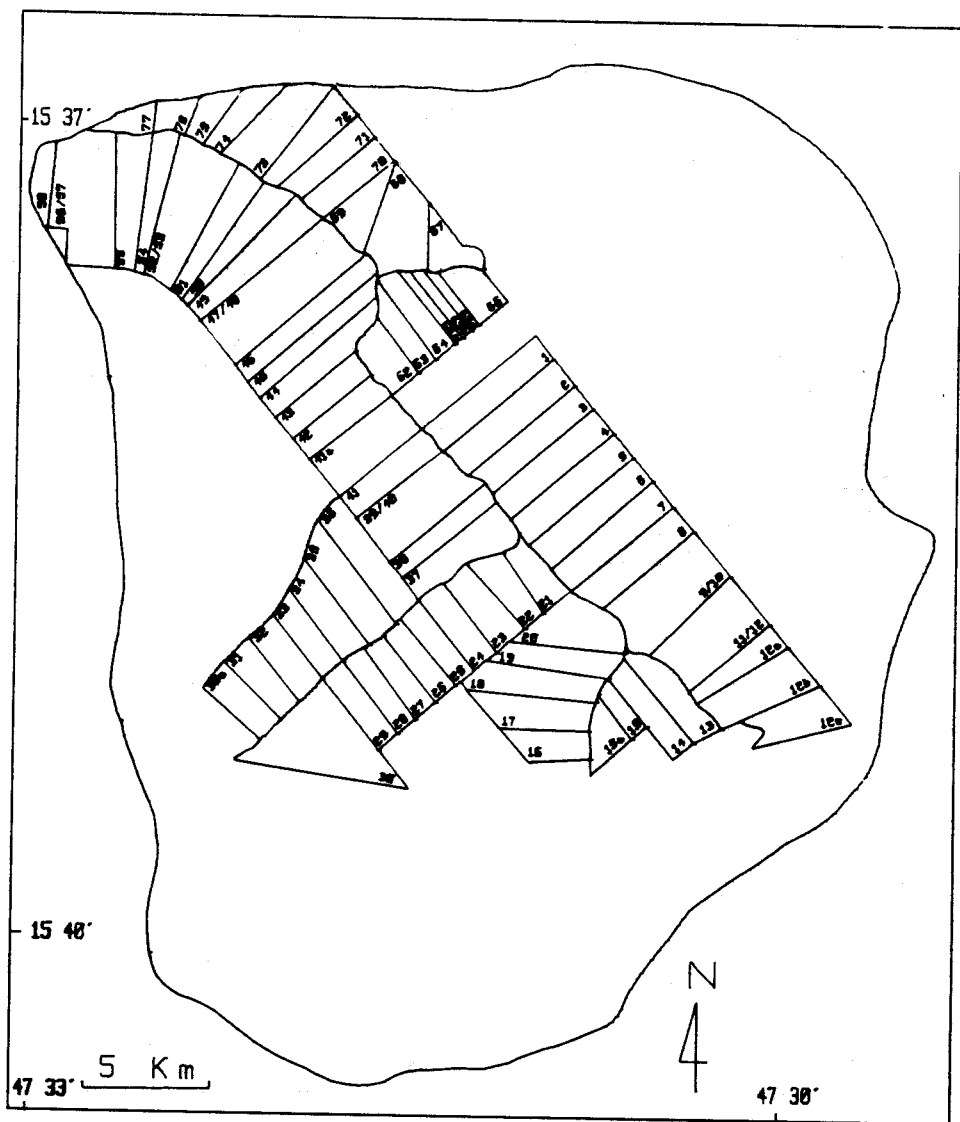


Fig. 2. Mapa de localização das propriedades da microbacia do Taquara.

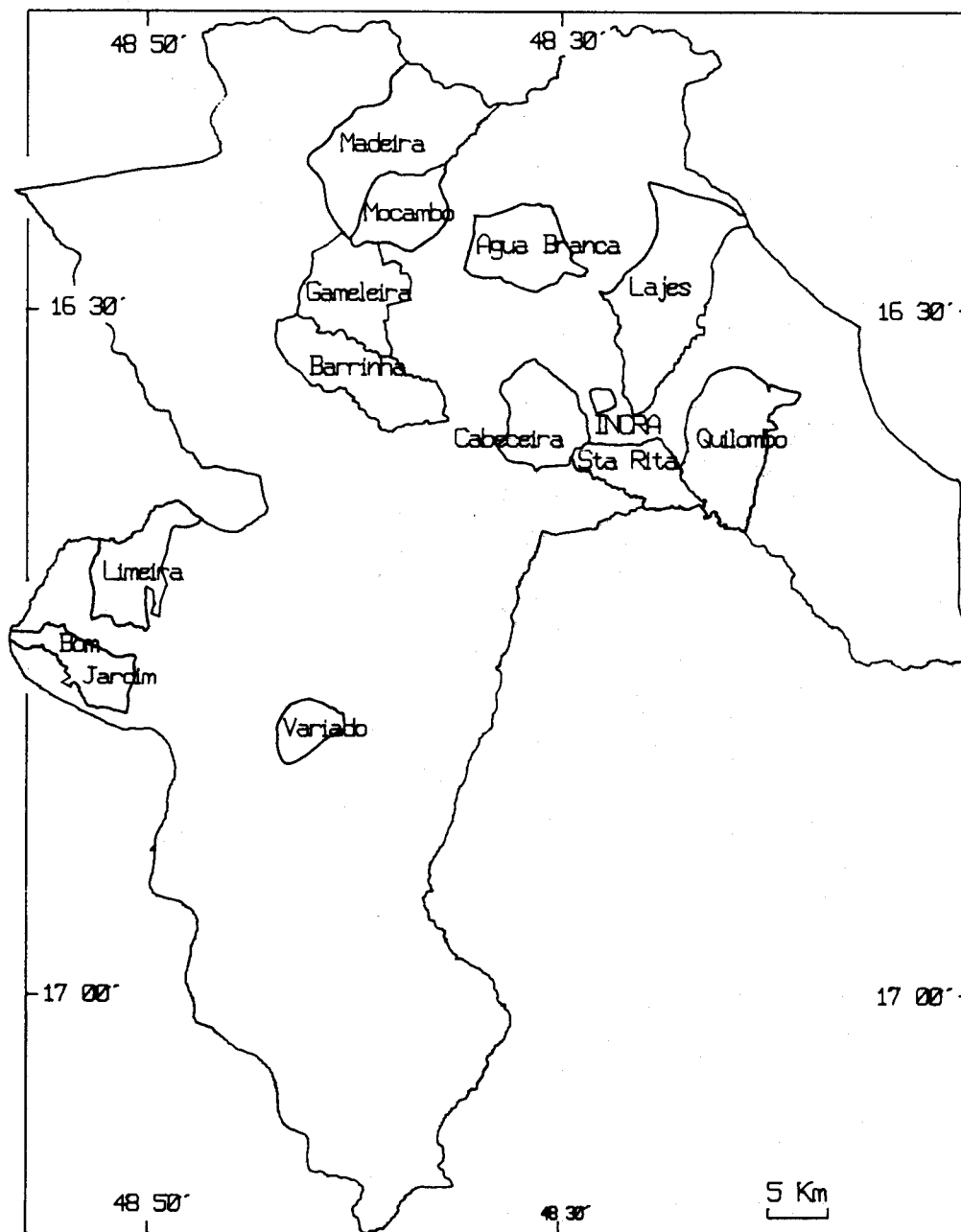


Fig. 3. Mapa de localização das comunidades do município de Silvânia.

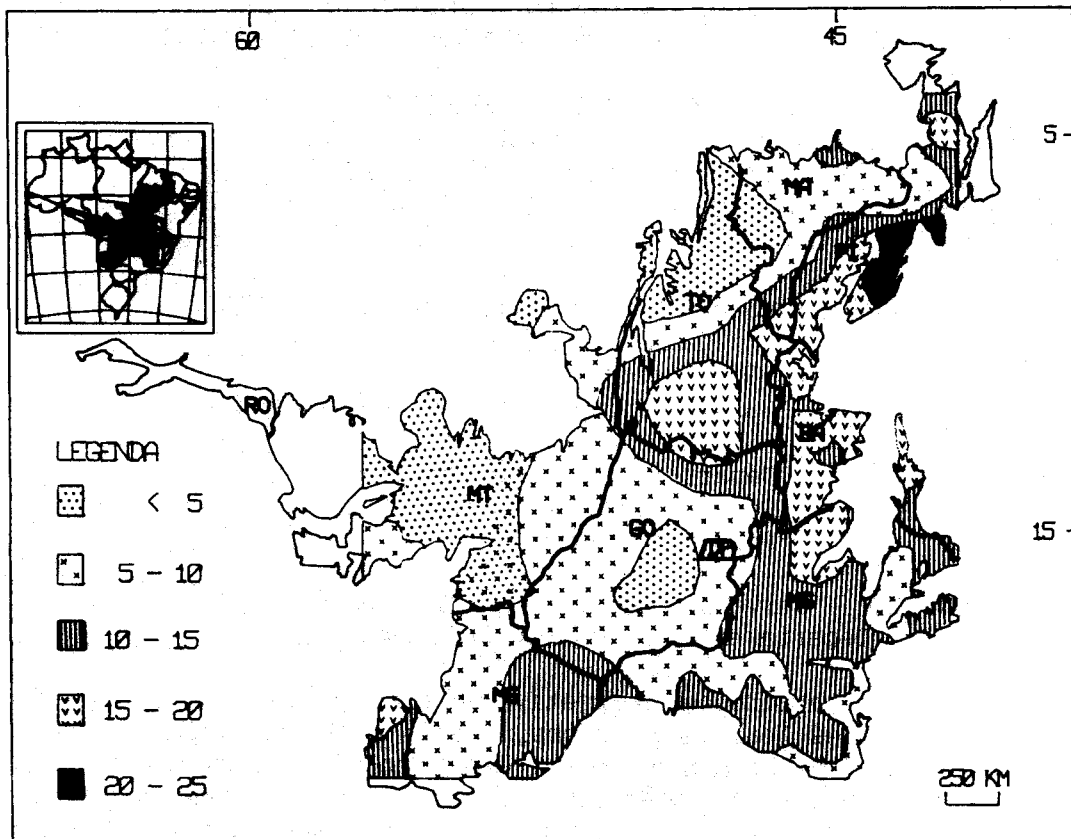


Fig. 4. Mapa de frequência de ocorrência de verão do mes de janeiro.

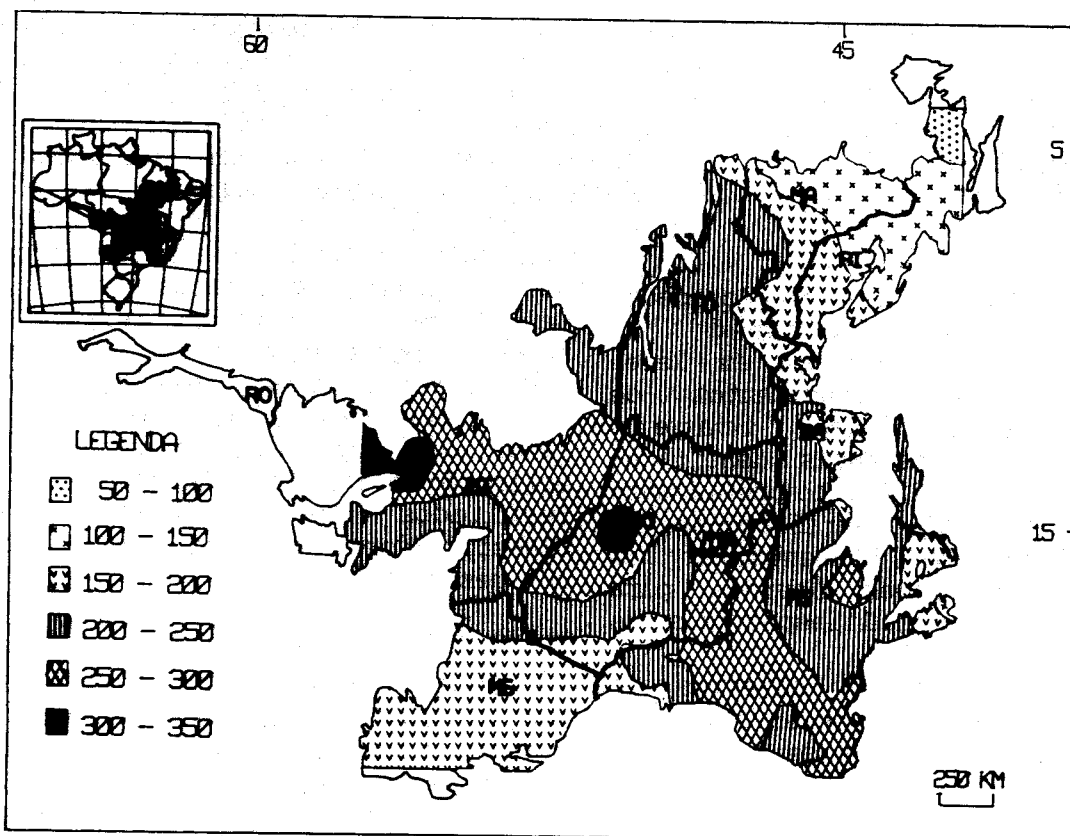


Fig. 5. Mapa de precipitação média mensal do mês de dezembro.