

BIBLIOTECA DE PROGRAMAS DE MANIPULAÇÃO E  
MAPEAMENTO DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS (\*)

M. Rodrigues  
R.S.da Silva  
I. G.G. Robrahn  
G. Bruha  
C.Gontow  
A.Megale

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT  
Caixa Postal 7141 (CEP 01000) São Paulo-SP

RESUMO

Neste artigo, é apresentado o histórico de como o Agrupamento de Sistemas Urbanos e Regionais-ASUR do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT, iniciou os trabalhos na área de Manipulação e Mapeamento Automáticos de Informações Espaciais. Brevemente, são relacionadas as aplicações já realizadas. Em seguida, é feito o levantamento de um conjunto de aspectos a serem considerados quando da formulação de um plano de utilização da metodologia de manipulação e mapeamento de informações espaciais, seguido de algumas constatações feitas com base no levantamento anterior, que visam questionar a adequação de sistemas a usuários. A partir destas constatações, é apresentado o novo encaminhamento dado aos trabalhos, com a criação de uma biblioteca de programas básicos, da qual são relacionados seus grupos funcionais e alguns exemplos.

ABSTRACT

The paper presents the activities of the Agrupamento de Sistemas Urbanos e Regionais-ASUR, of Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT, in the area of spatial data handling and mapping. To start with, a brief description of the group's capabilities is provided as well as examples of practical applications. It is then discussed a set of aspects that would have to be considered when engaging in an application of spatial data handling and mapping. Some conclusions are then drawn that would be helpful in the question of adequacy of systems to users. Based on this conclusions, the developments of the ASUR take new directions that are briefly described. This includes a library of basic programs, fully documented, and some examples.

1. INTRODUÇÃO

O Agrupamento de Sistemas Urbanos e Regionais-ASUR do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT, desde a sua criação em 1977, vem desenvolvendo atividades na área de manipulação e mapeamento de informa

ções espaciais. Reconhecendo a necessidade de uma capacitação nesta área técnica, identificou-se também a necessidade de desenvolvimento de ferramentas para uma efetiva operacionali

(\*) Este trabalho é uma expansão do trabalho "Manipulação e Mapeamento Automáticos de Informações Espaciais", in "SÃO PAULO. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Divisão de Economia e Engenharia de Sistemas. Agrupamento de Sistemas Urbanos e Regionais. Sistemas de Informação urbana e regional. São Paulo, IPT/ASUR, 1981. 288 p.tab. gráf. map. (Sistemas Urbanos e Regionais v.1; série).

zação da proposta do Agrupamento.

A princípio contava-se com programas cedidos pela University of Cambridge (Inglaterra), University of Washington (EUA), University of Oklahoma (EUA), San Diego County Planning Organization (EUA) e University of Edinburgh (Escócia). Em geral, esses programas eram bem documentados quanto à sua operação, porém parcialmente documentados quanto à sua metodologia. Por esta razão, e por serem os recursos escassos, estes programas foram gradualmente implantados ao longo de dois anos. Este processo moroso e intrincado teve vantagem significativa: o distinçamento dos programas foi tarefa das mais educativas. Além disso, a organização conceitual e metodológica propiciou a identificação de limitações, potenciais de aplicações e, finalmente, permitiu a identificação de áreas metodologicamente nebulosas. Estes aspectos, além de estudos formais sobre questões de formações espaciais que vinham sendo realizados paralelamente no Agrupamento de Sistemas Urbanos e Regionais acabaram por estimular o desenvolvimento de novos programas. Em 1979, havia já uma capacidade substancial de manipulação e mapeamento automático de informações espaciais, passando então tal tecnologia a ser utilizada como apoio a projetos em andamento no IPT.

Com base na experiência de implantação e desenvolvimento (1977-79) e nas aplicações práticas que seguiram, o Agrupamento de Sistemas Urbanos e Regionais modificou sua percepção das perspectivas de utilização desta tecnologia, ou seja, da adequação de sistemas a usuários.

Este trabalho, nas seções que seguem, descreve brevemente toda essa experiência, procede à sua análise crítica e, finalmente, apresenta as maneiras que, acreditamos, nos levarão a uma efetiva e eficiente utilização e disseminação dessa tecnologia.

## 2. IMPLANTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

Como dito na introdução, o Agrupamento de Sistemas Urbanos e Regionais contava inicialmente com programas e sistemas desenvolvidos por universidades e entidades do exterior.

Implantados estes programas adquiria o Agrupamento, dentre outras, a capacidade de:

- Recuperar, manipular, armazenar e mapear dados referenciados a pontos, linhas e áreas.
- . representando áreas por um conjunto de polígonos ou num reticulado.

- . atribuindo valores aos centróides dos polígonos (mapas temáticos)
- . sombreando os polígonos, utilizando uma escala de cinza associada ao valor das variáveis a serem mapeadas (mapas corocromáticos).
- Mapear variáveis representadas por fluxos entre zonas.
- Traduzir uma representação de áreas por polígonos para outra num reticulado.
- Efetuar a intersecção entre dois sistemas temas de zonas representadas por polígonos, atribuindo códigos convenientes aos polígonos do sistema resultante.
- Produzir histogramas e superfícies tridimensionais vistas de ângulos, distância e altura em relação ao horizonte variáveis.

No decorrer desse processo de implantação, surgia também a necessidade de desenvolvimento de novos programas e procedimentos de suporte e preparação dos dados que possibilitassem testar os programas implantados, bem como rotinas para aprimoramento de saídas de representações gráficas.

- Nesse sentido, foram desenvolvidos:
- . procedimento para codificação e levantamento das coordenadas de pontos
  - . programas menos genéricos, comparados àqueles cedidos, porém bastante eficientes para representação reticulada de pontos, linhas e áreas
  - . programa de operação e manipulação de representações reticuladas
  - . programas para mapeamento de resultados por impressora, ou seja, sistema semelhante ao SYMAP, não tão abrangente, mas com grande agilidade de utilização
  - . rotinas para tratamento da moldura e título dos desenhos "plotados"
  - . rotinas para compatibilização da estrutura de armazenamento dos sistemas de polígonos utilizados nos vários programas
  - . etc.

## 3. APLICAÇÕES

Em uma Instituição como o IPT, a variedade da demanda por esta tecnologia é grande e pode ser ilustrada pelos projetos executados pelo IPT, aos quais o Agrupamento de Sistemas Urbanos e Regionais-ASUR prestou suporte. A seguir são apresentadas algumas tarefas e resultados das aplicações desenvolvidas no IPT:

- . Utilização de Biomassas Vegetais para Fins Energéticos
- codificação e digitação do contorno dos municípios do Estado de S. Paulo

- agregação e composição dos municípios em sub-regiões administrativas, regiões administrativas e DIRA's - Divisão Regional Agrícola
- plotagens de mapas de pilares da evolução das culturas de cana, soja, trigo, feijão, mamona, café, banana e pastagens; por DIRA's do Estado de

- S.Paulo, período 1968-1978 (Fig.1)
- plotagem de histogramas comparativos da evolução das culturas mencionadas acima, por DIRA's do Estado de S.Paulo, período 1968-1978 (Fig.2)
- codificação e digitação da rede rodoviária e ferroviária do Estado de São Paulo

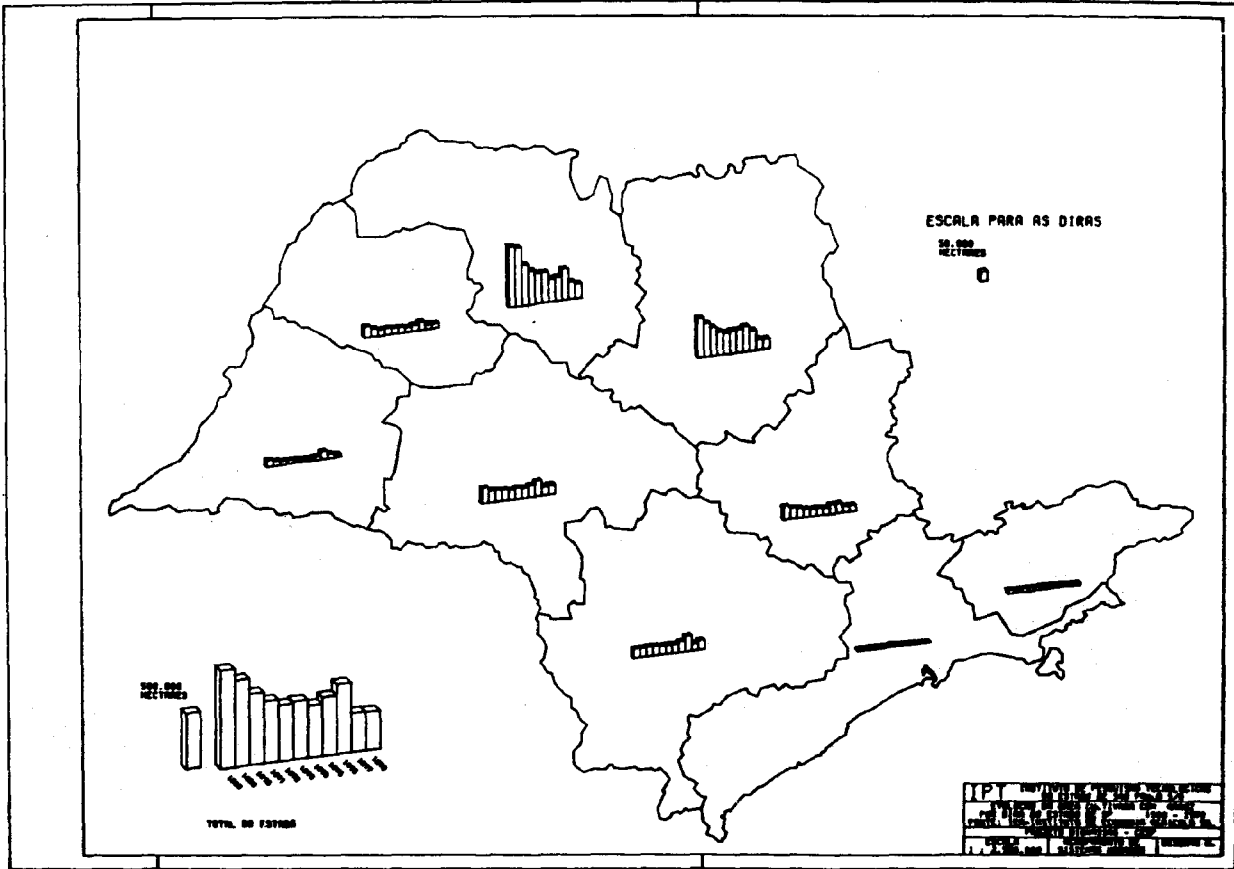


Fig. 1 - Exemplo de mapeamento de um dos resultados do projeto de Biomassas Vegetais para Fins Energéticos.

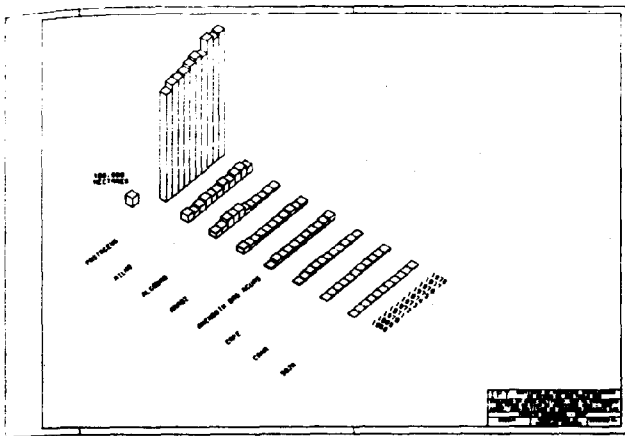


Fig.2 Exemplo de mapeamento de um dos resultados do projeto de Biomassas Vegetais para Fins Energéticos.

lada do Estado de São Paulo com sombreamento das classes de reflorestamento e localização das principais indústrias de processamento de madeira (Fig.4)

- Desenvolvimento de um Sistema de Planejamento de Transportes (SPT) e Obras Fluviais e Transporte da Produção Energética para a Área de Influência do Sistema Paraná-Tietê.
  - codificação e digitação do contorno dos municípios do norte do Paraná, sudeste de Minas Gerais, sul de Goiás e Mato Grosso do Sul
  - codificação e digitação das zonas do sistema de planejamento de Transportes do Estado de São Paulo-SPT
  - agregação das zonas SPT às demais
  - plotagem do conjunto de zonas.
- Desenvolvimento de Modelos de Decisão para a Exploração de Petróleo
  - codificação e digitação das quadriculas geodésicas e dos contornos dos Estados do Rio Grande do Sul, Santa

- plotagem dos volumes de tráfego e capacidade da rede rodoviária do Estado de São Paulo (Fig.3)
- plotagem da representação reticula-

Catarina, Paraná, São Paulo e parte dos Estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais

- plotagem das avaliações de probabilidade de existência de petróleo em diferentes áreas da Bacia do Paraná, por avaliador e por camada geológica (Fig. 5).

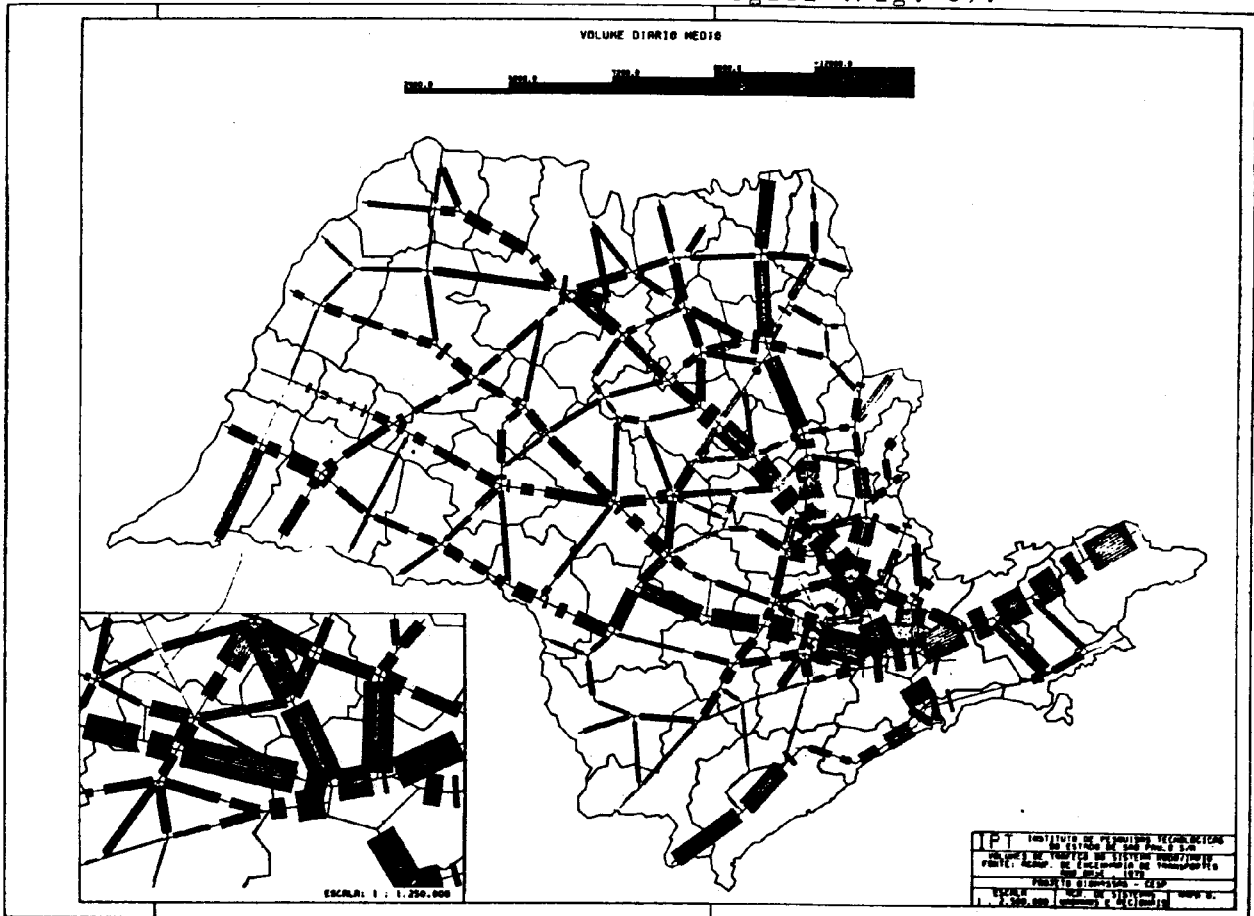


Fig.3 - Exemplo de mapeamento de um dos resultados do projeto Utilização de Biomassas Vegetais para Fins Energéticos.

- Renda da Terra e Reprodução da Força de Trabalho, algumas evidências em São Paulo:
  - agregação das sub-zonas Origem-Destino formando as macrozonas do Modelo de Uso do Solo e Transportes-MUT de São Paulo
  - plotagem de variáveis (renda média familiar, valor de terrenos em Z-2, etc...) por macrozonas Origem-Destino (Fig.6)
- Desenvolvimento de Metodologia para Integração Espacial de Informações Urbanas
  - codificação, digitação e plotagem de setores censitários de São Bernardo do Campo
  - agregação de polígonos
  - geração das representações reticulada dos setores censitários e seus agregados
  - representação pontual e reticulada de centróides de quadra e de logradouros
  - definição de pertinência de pontos e linhas a áreas
  - plotagem de logradouros, centróides de quadra, setores censitários

e agregados

- geração aleatória de zoneamento, a partir da agregação de pequenas zonas foram sendo geradas, ao acaso, zonas maiores.

Como exemplo desta aplicação temos os mapas das Figs. 7 e 8.

Estes casos ilustram a variedade de aplicações com as quais se defronta nesta área técnica.

Além disso, servem de alerta para alguns fatos, que são analisados a seguir não só do ponto de vista das aplicações internas ao IPT, mas de maneira mais ampla considerando os vários usuários de tal instrumental. No entanto, sem antecipar a discussão que segue, cabe aqui destacar a variedade de alterações de programas e estudos necessários para melhorar a eficiência tanto de processamento como de apresentação de resultados, o que nos levou a concluir que

quanto mais próximo o sistema\* se en-  
contrava da aplicação, mais eficientes

se mostravam os programas implantados, o  
mesmo acontecendo com a recíproca.

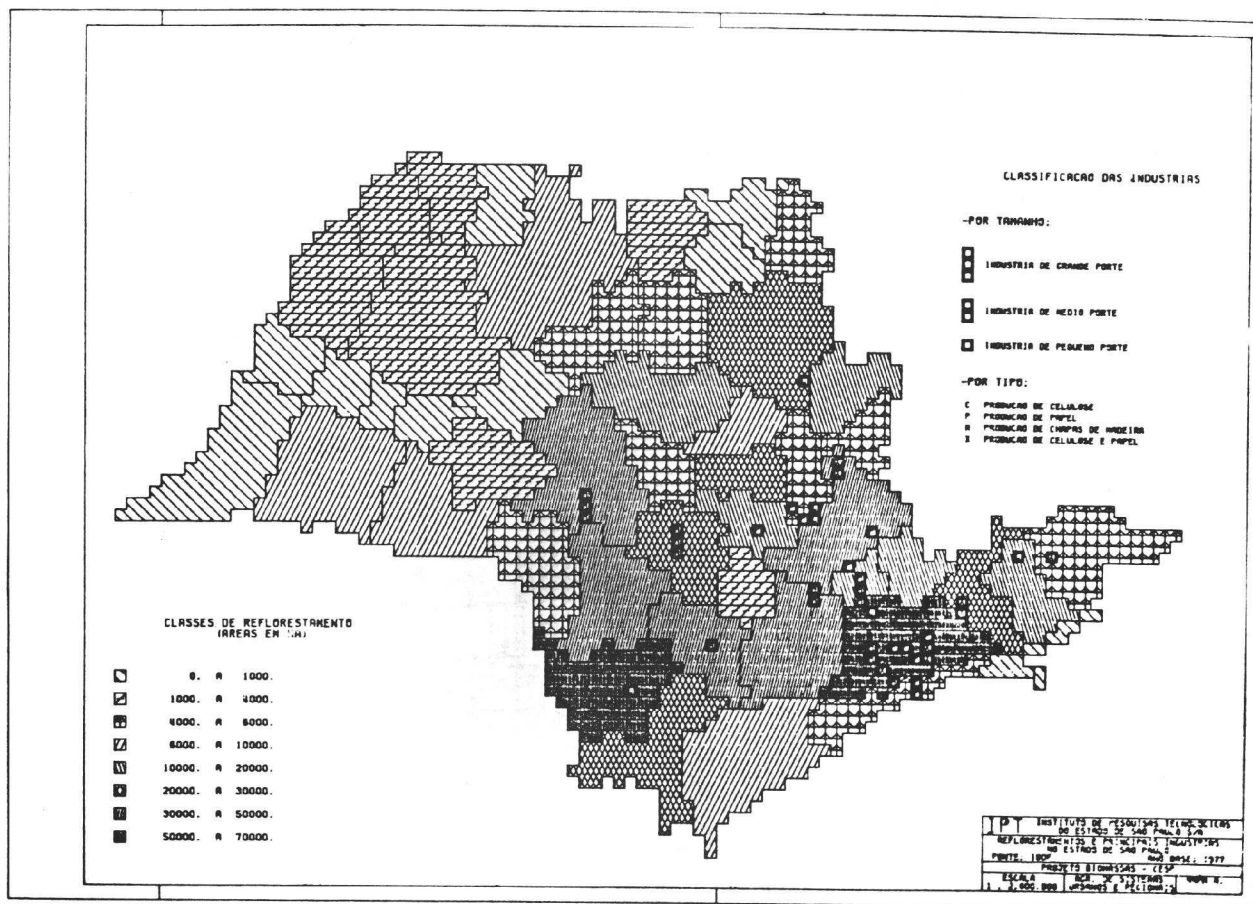


Fig.4 - Exemplo de mapeamento de informações levantadas para o projeto de Utilização de Biomassas Vegetais para Fins Energéticos.

#### 4. ANÁLISE

É pela variedade de suas atividades que o IPT gera aplicações tão diversas para uma única instituição, situação atípica em órgãos de planejamento. Entretanto, as aplicações acima, bem como outras externas acompanhadas pelo Agrupamento de Sistemas Urbanos e Regionais-ASUR(1), ilustram importantes aspectos a serem considerados quando da formulação de um plano de utilização de metodologia de manipulação e mapeamento de informações espaciais.

A seguir, é levantado um conjunto de aspectos que parecem relevantes na caracterização de uma aplicação:

- propósito da aplicação. As aplicações diferem bastante quanto ao seu propósito. Estes variam de um sim

- ples sistema de apresentação de resultados a complexos sistemas de manipulação de informações espaciais
- natureza da aplicação. Diz respeito aos procedimentos e operações envolvidos na aplicação. Em casos mais simples, digitalização e plotagens, já em casos mais complexos pode envolver operação espacial de entes geográficos, manipulação e recuperação espacial, etc.
- unidades espaciais. Cada aplicação utiliza, em geral, um número determinado de conjuntos de unidades espaciais que a menos de atualizações são razoavelmente estáveis. Por exemplo, em aplicações estaduais é comum o levantamento de dados e/ou apresentação de resultados pelo conjunto de municípios e regiões administrativas do Estado
- recursos de apresentação. Diferentes aplicações requerem diferentes recursos, não só devido à natureza dos atributos considerados mas também devido aos diferentes propósitos das aplicações. Assim, pode-se exigir de um sistema a capacidade de produzir mapas temáticos, valores representa

(\*) Entende-se aqui sistemas como um conjunto de programas que integrados provêm ao usuário ou a outro sistema uma capacidade de manipulação e mapeamento de informações espaciais.

(1)(Rodrigues, 1978)

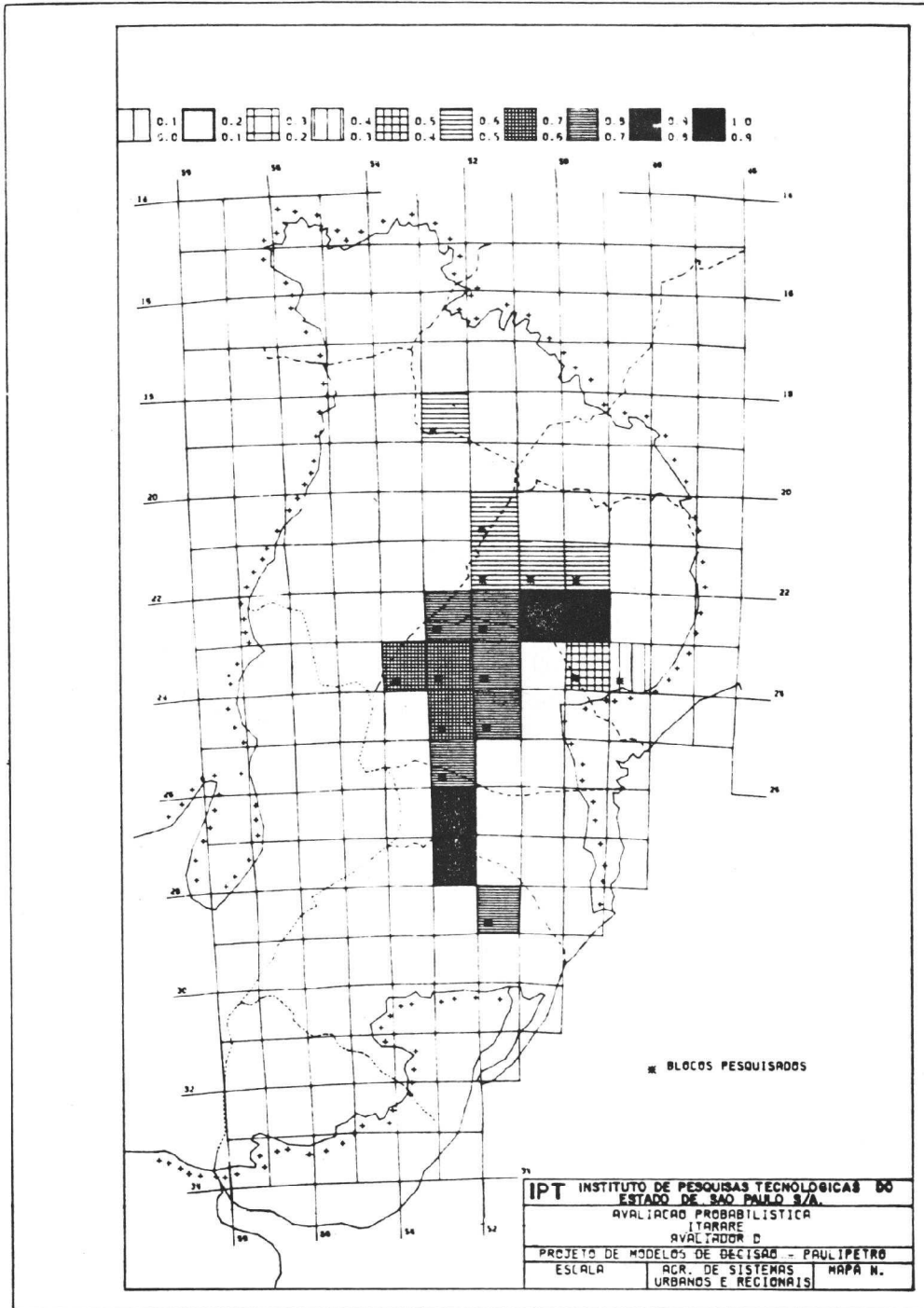


Fig. 5 - Exemplo de mapeamento de um dos resultados do projeto de Desenvolvimento de Modelos de Decisão para Exploração de Petróleo.

- dos por barras ou por sombreamentos, resultados apresentados em histogramas, etc.
- destinação do produto. Seja o produto um conjunto de valores, um mapa ou um histograma, há que se considerar as diversas destinações do mesmo, ou seja, saídas gráficas destinadas a slides, fotolitos ou fotocópias devem ser preparadas para estes fins, da mesma maneira que arquivos computacionais devem ser cuidados para se obter facilidade de comunicação com outros sistemas
- urgência dos produtos. Diferentes urgências podem demandar diferentes re

ursos e muitas vezes podem até inviabilizar a utilização da tecnologia. Por exemplo, uma aplicação onde se exige uma decisão rápida demanda saída em vídeo, enquanto que estudos mais detalhados e prolongados podem esperar por plotagem off-line

- recursos disponíveis. Inclui-se aqui os recursos econômicos do projeto recursos de hardware na época disponíveis, recursos humanos e recursos de software. Recursos estes que devem ser considerados para que não se tenha sistemas projetados além dos recursos disponíveis, ocasionando o fracasso do mesmo.

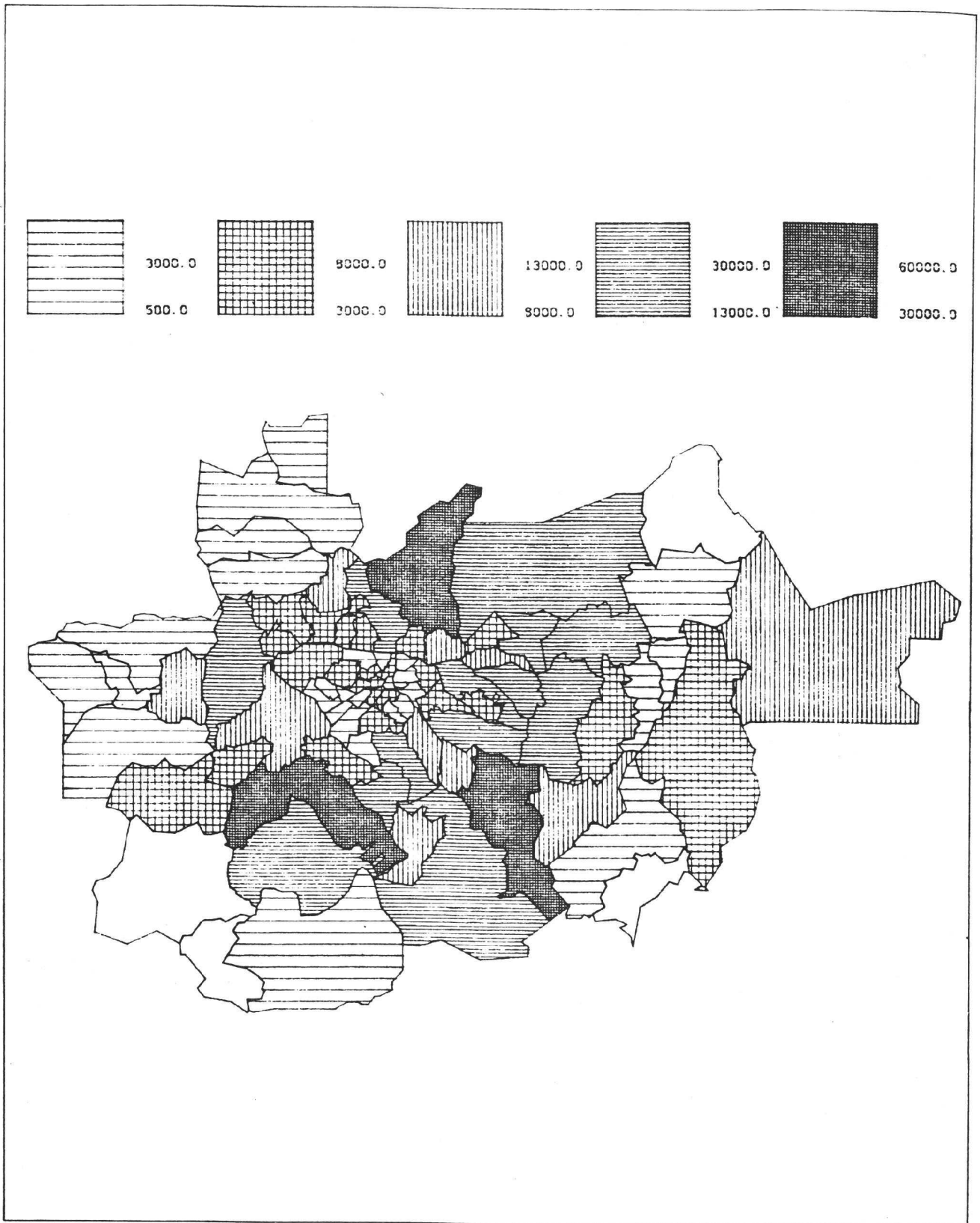


Fig. 6 - Exemplo de mapeamento de uma das informações utilizadas no Estudo sobre a Renda da Terra e Reprodução da Força do Trabalho, algumas evidências em São Paulo.

. continuidade da aplicação. A continuidade ou não da utilização de alguns recursos pode determinar a viabilidade de uma aplicação. Por exemplo, a codificação e digitalização de um conjunto de unidades espaciais para algumas poucas utilizações, de

pendendo do escopo do projeto onde se encaixa, pode não ser interessante economicamente.

. percepção do usuário. É essencial que o usuário tenha uma percepção abrangente de todas as implicações da aplicação em que ele está se engajando.

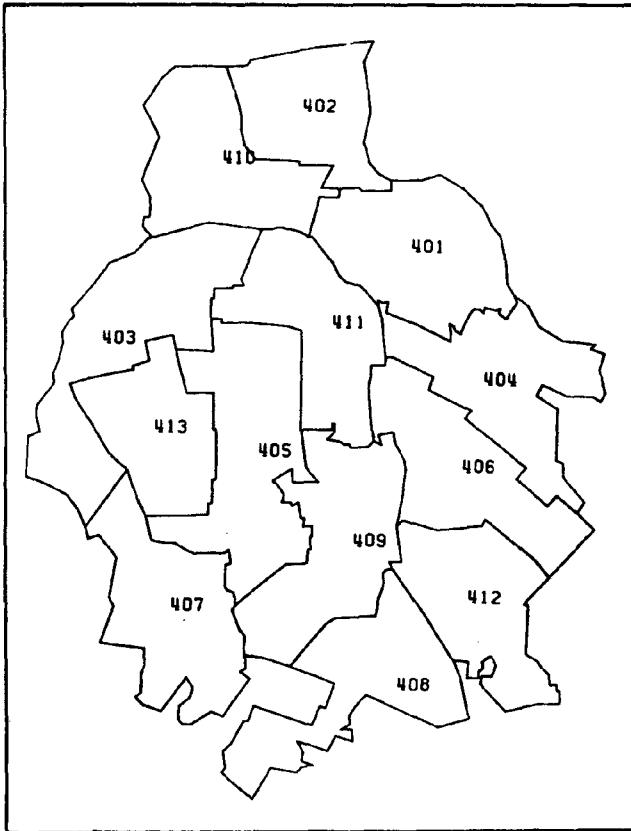


Fig. 7 - Exemplo de um dos mapeamentos de zonas para o Estudo de Desenvolvimento de Metodologia para Integração Espacial de Informações Urbanas: geração de um zoneamento aleatório de 13 zonas formadas através da agregação dos setores censitários de S. Bernardo do Campo-SP.

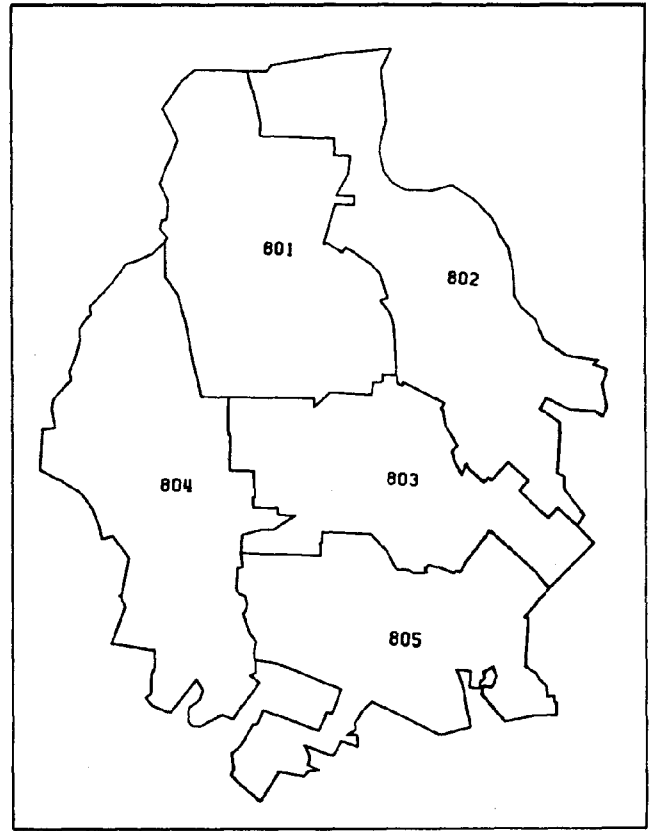


Fig. 8 - Exemplo de um dos mapeamentos de zonas para o Estudo de Desenvolvimento de Metodologia para Integração Espacial de Informações Urbanas: Geração de um zoneamento aleatório de 5 zonas formadas através da agregação dos setores censitários de S. Bernardo do Campo-SP.

Pontos nebulosos na percepção dos aspectos já mencionados podem ter sérias implicações. Como ilustração, o mal entendimento de uma aplicação por parte do usuário, pode levá-lo a não se preocupar com a atualização da base de dados onde se apoia o sistema, acarretando uma vida útil curta para o mesmo.

- adequação da tecnologia. É um conjunto de aspectos, quicá os mais importantes, a serem considerados quando da formulação de um plano de utilização de metodologias de manipulação de informações espaciais. Este conjunto seria caracterizado por aspectos tecnológicos, econômicos e organizacionais, que de certa forma, foram abordados nos itens anteriores mas cabe, entretanto, salientar alguns pontos.

Entende-se aqui que a tecnologia da aplicação inclui tanto hardware como software. Entende-se também que as tecnologias soft nascem num ambiente caracterizado, não só pelo hardware disponível, mas também por outros aspectos tais como o econômico e o or-

ganizacional. Assim, é de fundamental importância que a tecnologia ante vista seja viável no contexto de disponibilidade de hardware (manutenção, back-up, etc.), robustez e confiabilidade organizacional do meio (base informacional adequada com metodologias de atualização previstas, etc.) entre outros. A relevância destes aspectos para o sucesso de uma aplicação é de simples compreensão. Curiosamente, ignorá-los nos parece ser a principal razão dos grandes malogros, erroneamente atribuídos à falta de recursos, incompreensão dos métodos avançados, entre outros motivos ou explicações difundidas no meio.

- tendência de evolução tecnológica. Pode-se dizer que a tendência de evolução tecnológica está diretamente relacionada a vida útil de uma aplicação. Não se pretende com isso enfatizar o atrelamento aos métodos e equipamentos mais modernos ou em moda, mas um estudo da tendência de evolução aliada à adequação da aplicação pode determi-



nar uma utilização mais duradoura.

Não se pretende que os aspectos a qui considerados esgotem uma parametrização das aplicações. Sugere-se entre tanto que estes, da mesma forma que caracterizam uma aplicação, forneçam importantes lições no estudo da adequação de sistemas a usuários. O quadro 1 apresenta de maneira esquemática como se comportaria uma determinada aplicação hipotética com relação aos aspectos citados. Não obstante possíveis, e prováveis, imprecisões no preenchimento do Quadro 1, este nos orienta para algumas constatações:

- as aplicações parecem bastante estáveis quanto aos aspectos considerados. Portanto, a utilização de um sistema abrangente e multipropósito, implicaria em capacidades não utilizadas e que provavelmente comprometeriam a agilidade e custo das operações
- a instabilidade ou indefinição em certos aspectos críticos pode ser, e em geral é, fatal a um sistema. Por exemplo, instabilidade organizacional causando interrupção de fluxos de atualização e morte por isquemia
- o sistema extremamente eficiente para uma variedade de aplicações pode não ser para todos os usuários. Um sistema desenvolvido de maneira a atender a uma grande variedade de demandas pode atender diferentes órgãos com diferentes graus de eficiência.

Apesar de não ser sempre verdadeira, esta constatação é exemplificada por "pacotes" tipo SPSS e SYMAP

- em geral, se atribui os fracassos de uma aplicação à instabilidade de recursos quando na verdade esta é uma característica do meio em que o sistema vai existir e, portanto, o problema é de inadequação tecnológica
- há o problema da "sereia tecnológica" que, através da mavidiosidade do canto dos produtores de equipamentos leva os modernos técnicos aos rochedos.

Estas constatações básicas, e outras que aqui não cabe discutir, nos leva a reconsiderar o encaminhamento que estávamos dando às nossas atividades. Esta mudança é discutida a seguir.

### 5. PERSPECTIVAS

Com base na experiência do ASUR-IPT e na análise do capítulo 4, pode-se conceber um arcabouço que possibilite uma efetiva transferência de tecnologia do ASUR-IPT ou outro órgão para aqueles diretamente envolvidos com aplicações.

Nesse sentido, pode-se considerar, que a tecnologia de manipulação e mapeamento de informações espaciais pode ser absorvida através dos seguintes componentes (ou níveis):

- Conceitual

Cobre a parte inicial de um projeto ou da criação/aperfeiçoamento de uma equipe de trabalho na área. Compreende o aprendizado e organização de concei

ASPECTOS	NATUREZA DA APLICAÇÃO	PROPÓSITO DA APLICAÇÃO	UNIDADES ESPACIAIS	RECURSOS DE APRESENTAÇÃO	DESTINAÇÃO DO PRODUTO	URGÊNCIA DO PRODUTO	RECURSOS DISPONÍVEIS	CONTINUIDADE DA APLICAÇÃO	PERCEPÇÃO DO USUÁRIO	ADEQUAÇÃO DA TECNOLOGIA	TENDÊNCIA DE EVOLUÇÃO
ESTABILIDADE											
POUCA											
MÉDIA											
MUITA											

Quad. 1 - Análise de uma aplicação hipotética, quanto a estabilidade de alguns aspectos considerados.

tos básicos relacionados à área de informação espacial. Por exemplo, conhecer dimensões dos dados, escalas de identificação, esquemas de representação, referência por pontos, referência por segmentos, referência por áreas, etc...

. Metodológico

Cobre a articulação destes conceitos em procedimentos com objetivos definidos. Em outras palavras organiza-se conceitos na forma de metodologias que serão então implementadas na forma de sistemas.

. Programas Básicos

Cobre os elementos básicos das metodologias formuladas como programas de computador. Este conjunto de programas básicos refletiria conceitos e metodologias básicas.

. Sistemas

Cobre um conjunto de procedimentos, arquivos e programas em computador orientados para atingir um objetivo pré-estabelecido.

. Serviços

Cobre qualquer tipo de serviço prestado ou como consultoria técnica específica ou como elaboração de projetos inteiros.

Acreditamos portanto que estes níveis de absorção de tecnologia na área constituem um espectro bastante amplo que permite que o envolvimento do usuário na área ocorra da forma que melhor atenda seu interesse e/ou necessidade:

- . assimilar a tecnologia de maneira gradativa passando por todos os níveis
- . obter somente formação básica necessária para prosseguir seu desenvolvimento na área
- . obter programas básicos para utilização em sistemas próprios
- . obter sistemas completos
- . etc...

Considerando-se estes aspectos e o papel do IPT em disseminar tecnologia, o ASUR tem se preparado, e tem atuado nos diversos níveis para atendimento desta demanda tecnológica. Em particular, tem ministrado cursos na área (FDTE, UCV), desenvolvido sistemas (SABESP, EMBRAESP), desenvolvido metodologias e, atualmente, está concluindo uma biblioteca de 214 programas básicos de manipulação e mapeamento de informações espaciais.

Esta biblioteca foi criada a partir dos programas implantados e desenvolvidos no agrupamento, extraíndo-se deles todas as funções básicas e transformando-se estas em sub-rotinas (ou programas básicos). Foram também separadas as funções mais complexas, que igualmente foram transformadas em sub-

rotinas, e que usam as básicas. Divididas deste modo, torna-se simples ao usuário entender a metodologia usada em cada um destes programas básicos. Esta divisão fornece também ao usuário uma maior flexibilidade de uso, pois, mesmo as funções mais elementares podem ser executadas isoladamente. Além destas sub-rotinas, e para complementá-las, sentiu-se a necessidade de criar novas. Durante este processo, foram padronizados os tipos de arquivos de dados, e o nome das variáveis usadas, com a finalidade de facilitar a assimilação por parte do usuário. Em seguida, detalhar-se-ão os grupos, apresentando-se as características principais de cada um deles (vide exemplos no Anexo 1).

#### ASUR/APG

Este é um grupo de apoio geral aos demais. Dentro deste grupo foram, primeiramente, incluídas as sub-rotinas de leitura e gravação em arquivos. Como os arquivos de dados foram padronizados, a diferença entre as diversas sub-rotinas de leitura e gravação é apenas devida ao tipo de informação nele contido, e ao tipo de acesso do arquivo. Assim, podem ser lidos e/ou gravados arquivos contendo valores quaisquer, ou valores seguidos de coordenadas de pontos. De acordo com a necessidade, estes arquivos podem estar em acesso direto ou sequencial, encontrando-se neste grupo o mesmo tipo de sub-rotinas para cada um destes dois tipos de acesso. Existe também a possibilidade de se transformar arquivos que estão em um dos tipos de acesso, para o outro. Ainda neste item, foram criadas sub-rotinas para leitura e gravação de matrizes, e de valores agregados a pontos e reticulados.

Além deste item, este grupo também oferece opções para o acesso e armazenamento de valores em matrizes, correções nos valores de pontos, comparações gerais entre valores, e definições de classes.

#### ASUR/API

É um grupo de apoio específico ao sistema de plotagem usado. Assim, engloba apenas funções de tratamento de informações (em geral, tratamento de "strings", isto é, de valores contendo caracteres alfa-numéricos a serem plotados).

#### ASUR/CPT

Neste grupo são feitas operações gerais com pontos, as quais podem ser divididas segundo segue.

Inicialmente, podem ser feitos cálculos gerais de transformações de escala, rotação de coordenadas, e deslocamentos fixos de

pontos. Podem também ser feitas verificações da localização dos pontos segundo um referencial fornecido, determinando-se se o ponto está dentro, fora ou na fronteira de retângulos, círculos, trajetos, polígonos inteiros e polígonos divididos em níveis. Existem ainda sub-rotinas para seleções de pontos segundo vários critérios, projeção de um ponto sobre um segmento, e cálculo do índice de centralidade de um ponto em relação a um polígono (isto é, cálculo de um índice que determina o grau de proximidade entre o ponto e o centro do polígono).

Além destas, têm-se as sub-rotinas que analisam conjuntos de pontos, como a que determina o centro de gravidade, a que cria pontos sobre uma reta, a que calcula mínimos e máximos do conjunto, a que ordena um conjunto de pontos, e a que cria pontos aleatórios sobre um reticulado.

#### ASUR/CSG

Estão aqui contidas as sub-rotinas que trabalham com segmentos, poligonais e redes, entendendo-se por poligonal uma seqüência conexa de segmentos, e por rede um conjunto de segmentos onde cada um deles é tratado separadamente, mas está ligado a outro.

No tratamento de segmentos, incluem-se sub-rotinas que calculam intersecções entre dois segmentos, entre segmentos paralelos a um dos eixos  $Ox$  ou  $Oy$  e um polígono, entre um segmento com inclinação fixa e um polígono, entre um segmento e um retângulo, entre um segmento e um polígono qualquer, e entre um segmento e um polígono dividido em níveis.

No tratamento de poligonais, incluem-se as sub-rotinas que calculam o comprimento e o ponto médio das mesmas, o ângulo de inclinação dos primeiro e último segmentos em relação a um dos eixos, invertem trechos de poligonais, trocam a sua ordem, separam trechos iguais de duas poligonais, fornecem a posição relativa dos vértices da poligonal em relação a um polígono. Há também as sub-rotinas que criam novas poligonais, como a que cria poligonais a partir de pontos representados por suas coordenadas, e informações sobre a ligação entre os pontos; e as sub-rotinas que criam uma poligonal onde cada segmento é paralelo a um da poligonal antiga, sendo sua distância a ela fixa ou variável.

Para o tratamento de redes, existem sub-rotinas para cálculos de caminhos mínimos e críticos entre dois pon-

tos quaisquer da rede.

#### ASUR/CPL

Este grupo faz operações gerais com polígonos ou zoneamentos, entendendo-se por zoneamento um conjunto conexo de polígonos, e pode ser dividido em cinco itens distintos, que são apresentados a seguir.

No primeiro item, incluem-se correções e alterações gerais nos polígonos. Através das sub-rotinas deste item, podem ser alterados, removidos ou incluídos pontos determinados de polígonos. A partir de um polígono fornecido, pode ser determinado um polígono convexo contido no primeiro. Existe também uma sub-rotina que lineariza um polígono, isto é, elimina pontos muito próximos, e lineariza os lados do mesmo. E, finalmente, pode-se incluir, em dois polígonos que se interceptam, os seus pontos de intersecção, e dividir um polígono em níveis paralelos a um dos eixos  $Ox$  ou  $Oy$ , ou aos dois.

No segundo item, encontram-se as sub-rotinas para criação de polígonos e zoneamentos a partir de pontos e suas coordenadas, poligonais, união de outros polígonos, e definição de segmentos paralelos aos lados do polígono.

No terceiro, são feitas intersecções e calculados os complementares entre polígonos.

O quarto item é o que fornece algumas maneiras distintas de se calcular o centro de um polígono.

E, finalmente, é através do último item que encontramos a área dos polígonos e os trechos de um polígono que estão no interior de uma célula (quadrado) qualquer.

Não existe, neste grupo, sub-rotina para calcular o perímetro de um polígono; como, neste sistema, o polígono deve sempre estar fechado, isto é, o último vértice deve ser igual ao primeiro (e existe uma sub-rotina que fecha um polígono aberto), este perímetro pode ser definido através da sub-rotina que calcula o comprimento de uma poligonal, no grupo ASUR/CSG.

#### ASUR/CRT

Neste grupo, encontram-se as sub-rotinas que manipulam reticulados em geral.

Existe uma grande série de sub-rotinas usadas para inicializar ou criar uma matriz de valores agregados a células de um reticulado. Estas inicializações podem ser feitas através da leitura de valores associados às células, in

terpolação a partir de valores fornecidos, transformação de uma matriz de valores em uma matriz onde cada elemento representa o código de uma classe (considerando a existência de um intervalo de classes), criação de uma estrutura própria para reticulados que possuem apenas dois valores distintos. É também comum a representação de polígonos através de reticulados, superpondo-se o polígono ao reticulado (ajustando-se a origem dos dois), e dando um valor diferente a cada célula do reticulado que pertence ao polígono.

Em outro conjunto de sub-rotinas, encontram-se aquelas que fazem análises sobre o reticulado.

Assim, podem-se calcular áreas, centróides, complementares, intersecções, uniões (para reticulados que possuem apenas dois valores distintos, e portanto possuem uma estrutura especial). Podem ser feitas transformações e reduções dos valores de matrizes, e, para reticulados que contêm a representação de polígonos, podemos de terminar suas células de fronteira, seu diâmetro, e parâmetros que dão uma idéia do formato do polígono.

Encontram-se também sub-rotinas que analisam apenas células em particular, e tem-se como exemplo a que localiza um ponto em uma célula, a que faz a intersecção de uma poligonal com uma célula do reticulado, a que conta o número de células que possuem um código fornecido, etc.

Das sub-rotinas deste grupo que trabalham com poligonais e pontos, destacam-se a que determina a intersecção entre uma poligonal e um reticulado, a que transforma uma poligonal em um conjunto de células, a que determina a penetração de um conjunto de células (poligonal) em um zoneamento representado sob sua forma reticulada, e a que determina a posição relativa de pontos em relação à fronteira de um polígono.

#### ASUR/CTR

Neste grupo, incluem-se apenas sub-rotinas que fazem cálculos gerais para fornecer dados para plotagens tridimensionais (histogramas e superfícies). Encontram-se sub-rotinas para cálculos gerais de fatores, tratamentos para a supressão de linhas escondidas em plotagens, ajuste de uma coluna de histogramas dentro de um retângulo. Além destas, existe uma que faz a construção de uma matriz de perspectiva, isto é, a partir de coordenadas definidas no espaço, é construída uma matriz com coordenadas definidas no plano,

mantendo o efeito de perspectiva.

#### ASUR/SIM

Este grupo se compõe de sub-rotinas que fazem desenhos em impressora. Pode ser impressa uma matriz de códigos em tons de cinza, na impressora. Esta matriz, em geral, contém valores agregados a células de um reticulado, no qual podem ser representados polígonos, sendo esta representação criada a partir de sub-rotinas do grupo ASUR/CRT. Através do sombreado, pode ser analisada a variação de fatores relevantes, oferecendo a sub-rotina a opção de delimitar classes de tons diferentes por espaços brancos.

Neste grupo, podem ainda ser impressas legendas gerais e histogramas.

#### ASUR/PB1

Este grupo de sub-rotinas foi criado com a finalidade de tornar o sistema totalmente independente do sistema de plotagem usado. Considerando-se que uma plotagem é feita com movimentos de uma pena, ou de outro instrumento equivalente, qualquer movimento seu será feito através das sub-rotinas deste grupo. Estas sub-rotinas são, portanto, apenas uma interface entre os grupos de mapeamento e o sistema de plotagem.

Encontram-se neste grupo sub-rotinas para inicialização e fechamento do arquivo de plotagem, mudanças de origem, movimentos gerais da pena, desenho de símbolos, de conjuntos de caracteres (frases), e de números.

#### ASUR/PPT

Neste grupo, encontra-se apenas uma sub-rotina, que plota um conjunto de pontos dentro de uma janela (retângulo) numerando-os.

#### ASUR/PSG

Encontram-se aqui sub-rotinas de plotagem de poligonais e redes.

Para poligonais, existem sub-rotinas que plotam poligonais dentro de uma janela, isto é, apenas os trechos das poligonais que pertencem a um retângulo fornecido pelo usuário são plotados. É ainda oferecida a opção de se plotar, no centro de cada trecho conexo plotado da poligonal, um número.

Para redes, podem ser plotadas redes simples, onde o número de cada nó, e até dois atributos para cada segmento, podem ser plotados. É também possível representar-se uma rede onde, em cada um de seus segmentos, é plotado um fluxo simples, representado por uma barra cuja largura indica o valor do fluxo,

e capacidades nos dois sentidos do segmento, onde os fluxos são também representados por barras, e as capacidades por um retângulo no qual o fluxo está contido. Tudo isto, plotado dentro da janela fornecida pelo usuário.

#### ASUR/PPL

Neste grupo, encontram-se sub-rotinas para a plotagem de polígonos em geral. Estas sub-rotinas oferecem a opção de plotar valores quaisquer no centro dos polígonos, ou calcular a área dos polígonos e plotá-los no centro, ou ainda dividir valores fornecidos pelas áreas calculadas, plotando em seguida os valores assim determinados. Além desta, oferecem a opção de plotar o contorno da janela.

A plotagem é feita sempre dentro da janela fornecida pelo usuário, isto é, são fornecidos os limites mínimos e máximos de um retângulo, e só são plotados os polígonos e trechos de polígonos que estão contidos neste retângulo.

#### ASUR/PSM

Neste grupo, incluem-se as sub-rotinas para sombreamento de polígonos. Este sombreamento é obtido a partir da plotagem de retas mais distantes ou mais próximas uma das outras, dentro de polígono, podendo estas retas ser horizontais e/ou verticais, e inclinadas.

O sombreamento é feito a partir de valores associados a cada polígono, e de classes de valores fornecidos pelo usuário, ou definidos linear ou logaritmicamente, pela própria sub-rotina.

Estas plotagens também são feitas dentro de uma janela, oferecendo a opção de ser desenhado ou não o seu contorno.

#### ASUR/PRT

Inicialmente, encontram-se neste grupo sub-rotinas para a plotagem de 120 símbolos no interior de células (quadrados). Assim, podem ser plotados conjuntos de retas verticais, horizontais, inclinadas, quadriculadas, estrelas, losangos, símbolos especiais do sistema, contornos reforçados para as células, com a opção de plotagem de letras dentro destas, letras.

Agrupando todas estas sub-rotinas, existe uma na qual o usuário pode pedir o número do símbolo, segundo uma tabela fornecida, para que o símbolo seja plotado, e outra, que a partir de uma matriz onde cada elemento representa uma célula do reticulado, à qual es

tá atribuído o número de um símbolo, plota todo o reticulado, substituindo o número pelo símbolo correspondente.

Há também uma sub-rotina que plota, para cada célula, o valor que ela contém, desprezando valores negativos.

E, finalmente pode ser feita a plotagem do quadriculado de um reticulado, com opção para numeração das células.

#### ASUR/PTR

Neste grupo, encontram-se as sub-rotinas para plotagem de desenhos tri-dimensionais.

Nas sub-rotinas básicas deste grupo, incluem-se a que desenha um segmento, eliminando suas partes "escondidas", a que desenha um apontador para o norte da figura, a que desenha um arco entre dois pontos, e a que desenha uma moldura para um desenho tri-dimensional.

A partir destas são plotados histogramas e superfícies tri-dimensionais.

#### ASUR/PLG

Este grupo é, praticamente, um grupo de apoio às demais sub-rotinas de plotagem.

Assim, podem ser plotados diversos tipos de tabelas, legendas gerais para plotagens de reticulados (com símbolos), uma coluna-escala de um histograma (com uma legenda), e "strings de caracteres" (frases) inclinados de acordo com um segmento fornecido.

Além destas, há ainda uma sub-rotina que plota uma moldura de tamanho variável e, no canto direito inferior da moldura, uma identificação do mapa, contendo o nome da empresa, nome do mapa, outras especificações, escalas. O comprimento e a largura desta identificação variam de acordo com o tamanho da moldura (podendo também ser fornecidos pelo usuário), e, portanto, a altura de cada letra também varia.

#### 6. BIBLIOGRAFIA

- (1) Rodrigues, M. (1978) "Urban Information Systems in Brazil: Summary of Activities", SORSA, Working Paper nº 14.

ANEXO 1

Exemplo de sub-rotinas

Até o momento, dispõe-se de um total de 214 sub-rotinas. A título de ilustração, algumas delas são apresentadas a seguir, com o grupo ao qual pertencem, e uma breve descrição de sua finalidade.

MAPPTS: (ASUR/PPT) permite o desenho de um conjunto de pontos internos a uma região do plano definido, pelo usuário, por um intervalo de abscissas e ordenadas, com opções para o desenho de uma moldura retangular limitando a região e de atributos (valores) relativos aos pontos.

CRIZO1: (ASUR/CPL) a partir de um conjunto de pontos numerados e dados por suas coordenadas, e da seqüência de números dos vértices que compõem cada polígono de um zoneamento, cria-se este zoneamento, onde cada polígono será dado pelas coordenadas de seus vértices.

CORRZO: (ASUR/CPL) é utilizado para corrigir os polígonos de um zoneamento, com as possibilidades de inserção, deleção ou correção das coordenadas de seqüências de vértices dos polígonos.

PPOLIG: (ASUR/PPL) desenha um zoneamento por meio das fronteiras (lados) dos polígonos que o constituem, com as opções de se inscrever em cada um deles um valor qualquer, como sua área (cujo cálculo é efetuado pela própria sub-rotina), sua população, ou a densidade de uma variável (calculada a partir do valor da variável e da área do polígono, pela sub-rotina) e de se desenhar uma moldura retangular externa ao zoneamento.

JUNTZO: (ASUR/CPL) cria um zoneamento a partir de outro anterior por meio da agregação (reunião) de seqüências de polígonos em polígonos maiores, indicados pelos números dos polígonos no zoneamento menor, e obtendo-se um conjunto de polígonos que contém aqueles do zoneamento anterior.

INTSIS: (ASUR/CPL) executa a intersecção de dois zoneamentos, comparando e obtendo a intersecção de cada par de polígonos constituído de um polígono do primeiro zoneamento e um do segundo, tendo como resultado um novo conjunto de polígonos.

AREAOR: (ASUR/CPL) calcula a área de um polígono e fornece a informação, também, pelo sinal algébrico da mesma, sobre o sentido (horário ou anti-horário) de armazenamento dos seus vértices.

POSREL: (ASUR/CPT) situa um ponto dado por suas coordenadas em relação a um polígono, reconhecendo se ele é interno ao polígono, se pertence a um de seus lados, ou se é externo ao mesmo.

CHOROP: (ASUR/PSM) desenha um mapa corográfico da distribuição dos valores de uma variável sobre um zoneamento, dados os polígonos e os valores a eles agregados, segundo classes que podem ser definidas pelo usuário, ou pela própria sub-rotina (classes lineares ou logarítmicas) com a opção de se poder desenhar uma moldura retangular externa ao zoneamento.

SPRETI: (ASUR/CRT) transforma um zoneamento constituído de polígonos para sua representação reticulada, onde cada célula do reticulado pertence ao polígono que tem a maior porcentagem de penetração nela.

SOMBRI: (ASUR/PRT) desenha um mapa corográfico de distribuição dos valores de uma variável sobre a representação reticulada de um zoneamento, segundo classes definidas pelo usuário e com a opção de desenho de uma moldura retangular externa ao zoneamento e de esolha de 120 símbolos para o sombreado de cada célula.

SOMBIM: (ASUR/SIM) tem a mesma função que a anterior, com a diferença que o mapa é constituído em listagem de impressora, por caracteres de impressora (até 8 caracteres) com sobre-impressão de linhas.

INTRPL: (ASUR/CRT) interpola valores de uma variável associados a um conjunto de pontos dados por suas coordenadas, sobre as células de um reticulado, agregando portanto valores da variável a cada célula do reticulado.

PERSPE: (ASUR/CTR) calcula os elementos de uma matriz de transformação de coordenadas no espaço de 3 dimensões para o plano, com produção do efeito de perspectiva.

SUPERF: (ASUR/PTR) desenha a projeção sobre um plano de uma superfície tri-dimensional definida por meio de valores, de uma variável agregados à células de um reticulado, com o efeito de perspectiva.

CENTPO: (ASUR/CPL) calcula o centróide de um polígono por 4 métodos diferentes, escolhendo como resposta o ponto que tiver o maior índice de centralidade (medida de quanto um ponto é interno a um polígono) em relação a ele.

ARMRED: (ASUR/CSG) permite o armazenamento da representação de uma rede constituída de pontos (nós) ligados por ramos da rede, aos quais podem ser associados valores de uma variável, como distância entre nós. Os ramos da rede são definidos pelo par número de nó de origem, número de nó destino.

MAPRE2: (ASUR/PSG) desenha uma rede entre um conjunto de nós. Para cada ramo ligando dois nós da rede são apresentados os valores de duas variáveis, em cada sentido, desde que se saiba que os valores de uma delas sejam maiores que aqueles da outra, em outra, em toda a rede, como exemplo fluxo observado e capacidade da ligação. Opcionalmente pode-se desenhar a moldura retangular exterior a rede.

CMINIM: (ASUR/CSG) a partir de uma rede definida por um conjunto de nós, de ligação entre eles e de valores de uma variável associados às ligações, determina caminhos mínimos em relação à variável entre dois nós de rede.

CARIMB: (ASUR/PLG) plota uma moldura de tamanho variável e, no canto direito inferior desta, plota uma identificação para o desenho que será plotado em seu interior.

RETANG: (ASUR/CRT) a partir dos vértices de um polígono e de um reticulado, marca todas as células que pertencem ao polígono, obtendo assim a representação reticulada do polígono.

DIAMET: (ASUR/CRT) calcula o diâmetro de um polígono em sua representação reticulada.

PTOMED: (ASUR/CSG) calcula o ponto médio de uma poligonal.

LRPOL2: (ASUR/APG) lê atributos e coordenadas de um arquivo em acesso seqüencial.

GRPOL2: (ASUR/APG) grava atributos e coordenadas em um arquivo em acesso seqüencial.

