

Mapas temáticos por computador

Carlos Gilberto Cid Loureiro *

Superintendente do Centro de Recursos
Naturais da Fundação João Pinheiro

A necessidade crescente de mapas gerais e topográficos tem acentuado o desequilíbrio entre a produção e a demanda de documentos cartográficos. Nos países em desenvolvimento a incorporação de áreas economicamente marginais ao processo de produção e a implementação de programas cartográficos têm gerado aumento da demanda de mapas. Nos países desenvolvidos, que já têm seus territórios totalmente cartografados, com representações em escalas que atendem a todos os propósitos de planejamento, o problema se deslocou da produção para a atualização dos mapas, que se tornam rapidamente obsoletos pelas mudanças, cada vez mais amplas, que ocorrem nos diferentes usos da terra.

A Automação na Cartografia

Num e noutro caso, a confecção e a correção de mapas, requeridas em quantidades progressivamente maiores, em prazos cada vez mais curtos, têm induzido as instituições cartográficas à automação dos métodos de produção. Assim é que hoje se observam intensos esforços de substituição de tecnologias no processo da produção cartográfica, visando ao aumento de rendimentos operacionais, mantidos os padrões de qualidade.

Nessa evolução para a automação da produção de mapas tem sido particularmente significativa a substituição de operações manuais por mecânicas e a destas pela aplicação de equipamentos eletrônicos. Sem

transições bruscas, a racionalização dessa produção, que agora vem sendo procedida pela via da automação, vai se expandindo gradativamente, alterando métodos em todas as etapas do processo de confecção de mapas: nos trabalhos aerofotográficos, topográficos, de restituição aerofotogramétrica, de desenho, de montagem de originais e de reprodução.

Na cartografia, que, há tempos, empregava técnicas altamente sofisticadas e métodos que conduzem a resultados em níveis elevados de precisão, tendo o seu estágio atual decorrido de aperfeiçoamentos que lhe foram sendo agregados continuamente, pode-se dizer não haver mais lugar para descobertas espetaculares ou invenções revolucionárias. Os mapas

mais precisos já foram feitos. Os esforços se concentram agora em fazê-los no menor tempo possível. Daí, é lícito afirmar, todas as conquistas futuras, nesse campo, incidirão em aspectos operacionais.

A Automação de Mapas Temáticos

Nesse quadro de alterações de procedimentos para se obter, de forma moderna, um produto antigo e muito conhecido, o mapa, surgiu em tempo relativamente recente, cerca de doze anos, o mapeamento temático por computador. É sobre essa técnica ou, mais especificamente, um dos sistemas de representação gráfica de grandes massas de informações estatísticas para uso dos planejado-

res, o LINMAP, que se deterá este relato.

O primeiro mapa com informações estatísticas elaborado por computador, que se conhece, foi produzido por HORWOOD, da Universidade de Washington, D.C., E.U.A., em 1962. Posteriormente, FISHER, da Universidade de Harvard, Cambridge, Massachusetts, E.U.A., criou o SYMAP (SYnthetic MAPing System).

O LINMAP (LINE printer MAPing) foi idealizado por GANTS, da Diretoria de Planejamento Urbano do Ministério de Habitação e Administração Local da Inglaterra, que, em 1968, o projetou como um sistema, não adaptado dos anteriores, já que se baseara em princípios diferentes, tendo por objetivo usos múltiplos e diferentes das aplicações para as quais foram delineados os sistemas anteriores.

A Impressora Linear

Os computadores modernos, projetados para imprimir "saídas" em alta velocidade, têm seus componentes de impressão baseados em princípios semelhantes ao da vulgar máquina-de-escrever, apresentando, no entanto, a diferença básica de ter capacidade de imprimir o texto a uma linha inteira por vez, o que lhe conferiu a denominação de impressora linear. A impressora linear pode também, por exemplo, imprimir determinado caráter de uma série em uma posição predeterminada no conjunto dos caracteres de uma linha; tem condição de sobreimprimir vários caracteres numa mesma posição, o que, especialmente no caso de confecção de mapas, é utilizado para estabelecer densidades diferentes de impressão.

Na impressão de faixas contínuas, pela impressora linear, o papel é dobrado em páginas. Cada página da impressora linear empregada para a produção do LINMAP comporta 64 linhas de 136 caracteres. Com

essas 8.704 locações, com programação das posições e densidades dos caracteres, pode-se obter padrão impresso, como o mostrado na Figura 1, reproduzido em impressora linear a partir de fotografia.

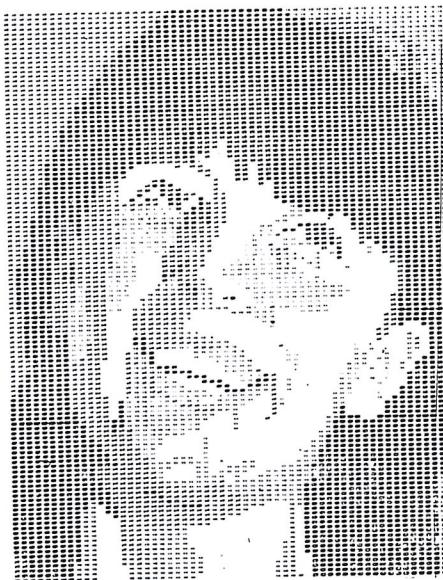


FIGURA 1. Fotografia reproduzida por impressora linear de computador.

Sistema de Referência por Coordenadas

O processamento eletrônico de dados exige que as informações a serem submetidas ao computador lhe sejam apresentadas de acordo com a ordenação e meticulosidade próprias dessa máquina. Esse requisito, normalmente indispensável, é necessidade fundamental no caso do processamento vir a resultar em mapa. Para o mapeamento de dados distribuídos espacialmente, é essencial identificar as locações geográficas das informações que deverão constar no mapa e inseri-las, em forma de código, no programa segundo o qual o computador operará. Esse código definirá para o computador a locação do dado inserido, em termos de posição dos caracteres nas linhas e páginas a serem impressas. Há sistemas de processamento que permitem prover esse código de locação diretamente, fornecendo a coordenada geográfica do dado na matriz de impressão.

Limitação do Sistema

Conquanto esse sistema seja simples e opere de modo direto, apresenta algumas limitações importantes:

1. não constitui base para o estabelecimento de qualquer sistema de referência nacional, obrigando, por consequência, cada usuário a dispor de um sistema de referência próprio, que, sendo isolado, não oferece condições de relacionamento com qualquer outra área geográfica, além da trabalhada por esse usuário;

2. a dimensão física do elemento que entra no computador, ou seja, o tamanho do mapa, em que estão definidas as locações dos dados, deve ser igual à do mapa produzido pelo computador, pois, variações de dimensões de "entrada" e "saída" representam alguma dificuldade, já que a obtenção de igualdade de tamanho do mapa que entra e do que sai não é atendida de maneira geral; e

3. a impossibilidade dessa codificação servir a qualquer outro propósito, como, por exemplo, compor um banco de dados geográficos, que interesse a um sistema de processamento de dados espaciais.

A Grade Nacional

A Diretoria de Planejamento Urbano do Ministério de Habitação e Administração Local da Inglaterra estudou e desenvolveu um sistema nacional de referência de locações, no sentido da adoção de uma Grade Nacional, que constituísse um código universal de locação de dados espaciais.

Algumas autoridades de planejamento acharam difícil a aplicação de uma grade nacional, como sistema de referência espacial, e consideravam que os sistemas de locação mais práticos ainda eram o endereço postal e códigos numéricos sequenciais propostos por várias entidades isoladas. Essas críticas deveram-se a várias razões:

1. ninguém havia feito estudos livres de preconceitos desse problema;

2. definir, manualmente, uma grade de referências para um número grande de locações foi sempre considerada tarefa de tal magnitude, que situava a solução do problema acima da possibilidade prática; e

3. o fato dos computadores ainda não terem sido aceitos plenamente como instrumento corrente para o planejamento e de, à época, não estar disponível a tecnologia do processamento de dados espaciais.

Como todos sabem, mudanças de atitudes costumam ocorrer lentamente.

A "redescoberta" da coordenada algébrica e a introdução de modelos matemáticos no planejamento, através de estudos do uso da terra para transportes, puseram em confronto planejadores e computadores, que podem manipular os levantamentos produzidos pelos técnicos com grande velocidade e precisão. O advento de um novo instrumento eletrônico, o digitalizador, transformou drasticamente o tratamento desse problema laborioso. O emprego dessa máquina tornou possível determinar a grade nacional de referências, fazendo viável a locação de qualquer ponto sobre um mapa em alta velocidade e precisão. A única coisa, então, que restou foi a formulação de um sistema de referência de locação racional.

Um documento apresentado no Encontro Anual da Associação de Estudos Regionais, na Inglaterra, em 1967, descreveu o critério do sistema de referência de locação de dados estatísticos como devendo ser:

1. capaz de identificar locações individuais;

2. capaz de identificar locações relativas; e

3. aproveitável para processamento eletrônico de dados.

Pontos Críticos de Sistema de Referência por Coordenadas

Nesse estágio sobreveio a necessidade de uma decisão crítica: dever-se-ia adaptar um dos sistemas de computação disponível, o SYMAP, para o propósito de mapeamento temático ou dever-se-ia procurar projetar um sistema completamente novo e decorrente dessas idéias. Acreditando que seria melhor servido por um programa montado para atender essas necessidades específicas, GATS decidiu projetar o seu próprio sistema: O LINMAP.

Esse sistema foi originado com base nos critérios indicados a seguir:

1. *Simplicidade de uso:* o fato dos planejadores não serem especialistas no manejo de computadores, tornou essencial fazer o uso do sistema o mais simples possível. O objetivo principal foi fazer o sistema utilizável por pessoas sem qualquer conhecimento de computadores, reduzindo a questão à necessidade de apenas solicitar o mapa temático do assunto desejado para obtê-lo.

2. *Sistema de dados padrão:* o LINMAP foi projetado para operar apoiado em um banco de dados, incorporando o progresso que vem ocorrendo na padronização de sistemas de dados, disponíveis em formas legíveis para os computadores. Essa característica do projeto eliminou a necessidade do usuário preparar dados para o mapeamento, tornando essa preparação parte integrante do próprio serviço produzido pelo sistema.

3. *Versatilidade do uso dos dados:* o sistema provê versatilidade do uso de dados e combinações entre eles para deles derivarem os mapas de interesse com base nos bancos de dados dos usuários.

Tais condições requereram a formação de um banco de dados geográficos e de um sistema de processamento de dados

simples, mas versátil, suplementado pelas rotinas gráficas.

A implantação de um serviço de mapeamento temático baseado no LINMAP exige, pois, a preparação do banco de dados correspondente. Daí o LINMAP não ser um instrumento individual para o pesquisador que trabalha isoladamente. É instrumento destinado a organizações e a ser operado por equipe, tendo o seu autor observado que o uso muito simples do sistema pode suscitar intenções de proveitos imediatistas pelo usuário, o que representa uma reação não muito desejável na área da educação por computador.

Relativamente às características do produto final, os LINMAPs não são muito diferentes dos SYMAPs, que constituem opções para estudos prospectivos.

Preparação dos Dados

Conforme qualificação do autor do LINMAP, a preparação de dados é a fase "amaldiçoada" do uso do computador. Um erro quase imperceptível pode causar "indigestão" em todo o sistema de processamento. Como esse sistema foi concebido em função da locação codificada de dados, em sistema de referências por coordenadas (CRS), utilizou-se, no estabelecimento do sistema de preparação de dados, a pequena experiência anterior existente.

O trabalho se desenvolve em três estágios: preparação de mapas-base, digitalização e processamento por computador.

Preparação de Mapas-Base

A preparação dos mapas-base necessários, no caso aqui exposto para estudos censitários, é obtida pela identificação das locações de aglomerados populacionais urbanos e rurais; marcação do centro visual da área construída de cada unida-

de administrativa (Fig. 2); anotação do código numérico de cada área, próximo ao local marcado; e, finalmente, marcação na Grade Nacional dos valores das coordenadas dos quatro cantos de cada folha de mapa.

Em escala reduzida confeciona-se o esquema de articula-

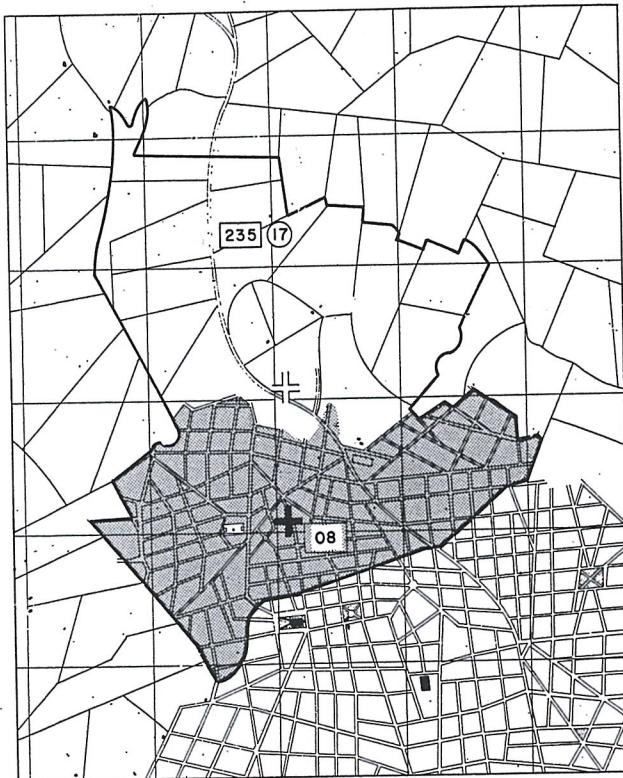
ção das folhas, contendo os limites regionais (Fig. 4).

1 m² de superfície de leitura e uma resolução de 0,1 mm.

Digitalização

A folha de mapa é então colocada na mesa de leitura do digitalizador, feita a ajustagem de paralelo com a borda da mesa, no limite da superfície de leitura, e fixada com fita adesiva. A mesa utilizada tem

A operação de digitalização consiste em usar o indicador de locação para determinar as coordenadas dos locais marcados e a máquina de escrever de "entrada" para registrar o código de área de cada aglomerado populacional. Esses registros de coordenadas



++ Centro geográfico da área total

+ Centro visual da área edificada

FIGURA 2 — Método de locação de dados.

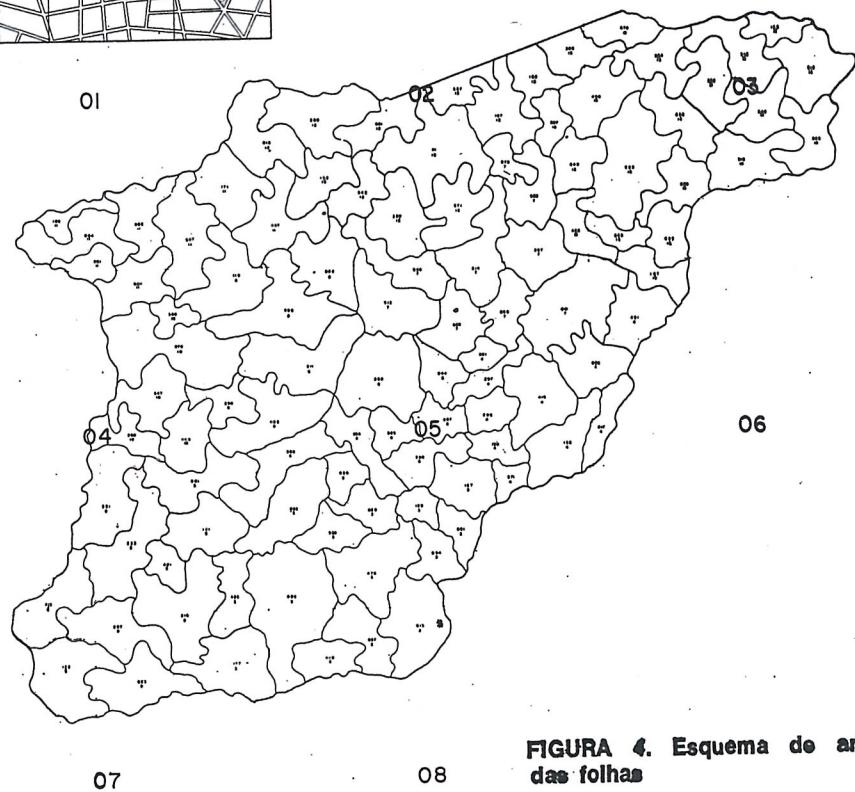


FIGURA 4. Esquema de articulação das folhas

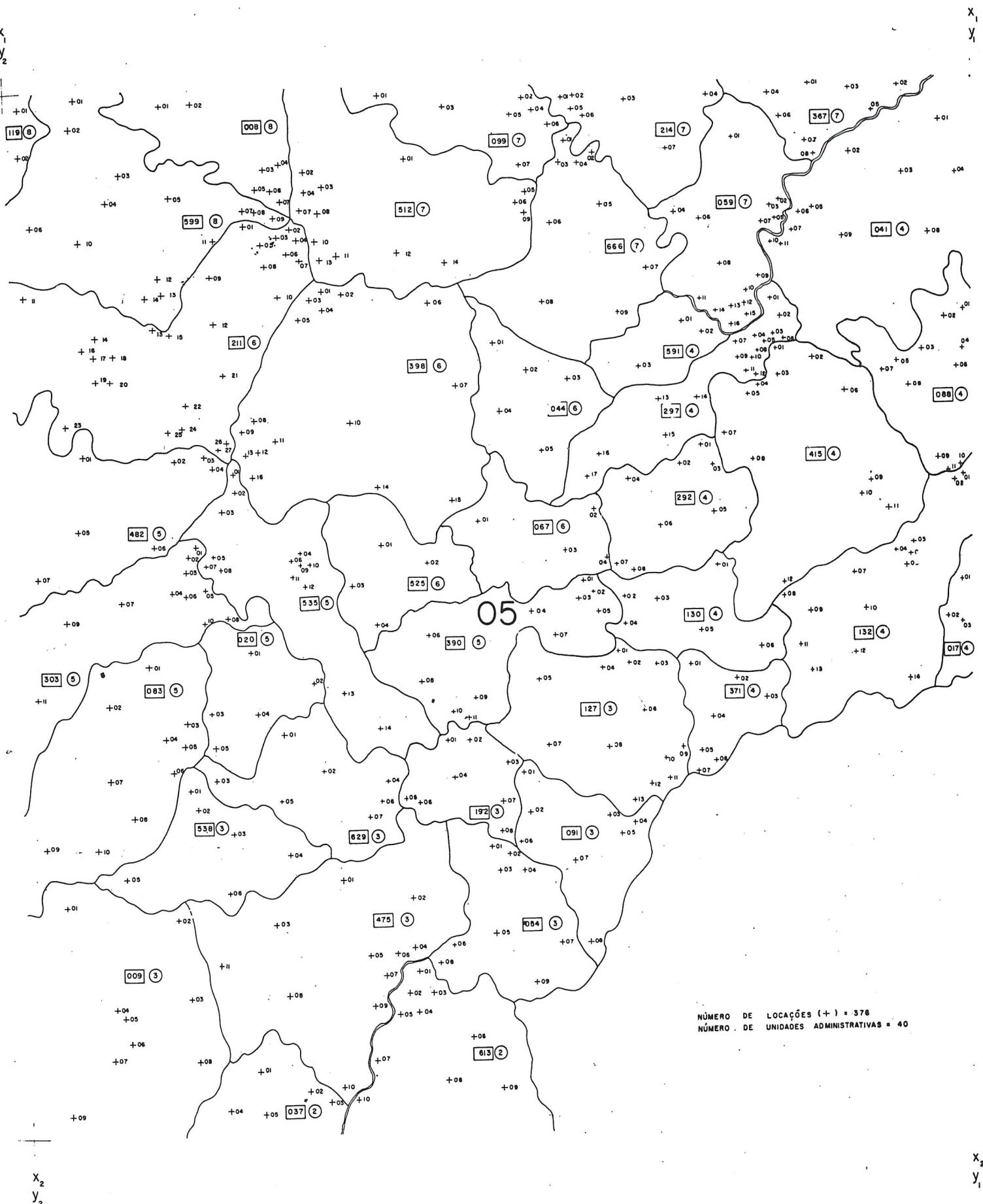


FIGURA 3. Locação por coordenadas de núcleos populacionais urbanos e rurais (simulada)

TELLUROMETER - USA

Divisão da PLESSEY INC.

Tellurometro CA 1000-M



INSTRUMENTO MASTER

- O moderno instrumento eletrônico de medição de distâncias entre 50 m e 30 km
- Dimensões reduzidas
- Pouco consumo de energia
- Manejo rápido e simples
- Muito leve — 2 kg
- Baixo custo
- Precisão de $\pm 1.5 \text{ cm} \pm 0.5 \text{ cm}$ por km



INSTRUMENTO REMOTE

Representante exclusivo para todo Brasil

PRO-GEO Representações Ltda.

Rua da Lapa, 180, sala 1103 — Tel.: 222-0520
Rio de Janeiro

e de código de área compõem “saída” em fita perfurada, em formato preliminar.

Completada a digitalização das coordenadas e dos códigos das áreas, digitalizam-se os limites de região em fita perfurada, independente da que contém aqueles registros. Em condições médias, ocupam-se quatro dias para digitalizar as referências dos núcleos populacionais de uma região cujos limites são digitalizados em 15 minutos.

Dados Censitários

Para a implementação desse projeto dispõe-se de uma cópia de fita magnética, contendo dados de núcleos populacionais de amostra do censo demográfico da Inglaterra, Escócia e Gales, situação em 1966.

A informação relativa a cada área é chamada “registro” e a totalidade das informações, “biblioteca de núcleos populacionais”.

Cada registro continha 381 itens de dados, dispostos em ordem idêntica à de uma lista, produzida por um leitor de registro, em que constavam os nomes das administrações locais, dos núcleos populacionais, seus códigos numéricos respectivos e outros identificadores. Os códigos de localização foram acrescentados a essas leituras. Nem todos os núcleos

polyflex
MATERIAIS CARTOGRÁFICOS

WILD
HEERBRUGG

apresenta

O SISTEMA DE CÂMARA AÉREA UNIVERSAL WILD RC 10



Cones de objetivas intercambiaveis
para qualquer escala de aerolevantamento
com distâncias focais entre 8,8 cm até 30 cm

É o que é importante:
Garantia do serviço WILD no país e consultoria técnica permanente

CASA WILD S.A. INSTRUMENTAL ÓTICO E TÉCNICO-CIENTÍFICO
Av. Beira Mar, 200 – 9.º andar • Tels. 242-6312 – 232-2601 e 232-2805
Caixa Postal 3086 – ZC-00 • Rio de Janeiro • RJ

populacionais tinham valores para todos os 381 itens enumerados, mas em termos de processamento de dados, o zero presta informação, isto é, indica ausência de dados. Na fita magnética, todos os 381 itens são, portanto, ocupados por valores, inclusive zero.

Com o emprego de computador é possível selecionar qualquer item de dados ou qualquer combinação de itens, retirando-os dos registros, sendo desejáveis esse alijamentos no processamento de dados. E isso é o que basicamente faz o LINMAP. Sob instrução do usuário, os itens de dados de interesse, juntos com seus códigos de locação, no programador de pesquisa (OS), são diferenciados em cada registro e, depois da operação aritmética específica, os valores resultantes são impressos pela impressora linear.

Sabendo-se que nenhum processo de computação pode gerar mais informação do que a que consta dos dados que lhe foram fornecidos, é impossível processar informações que não estejam totalmente cobertas. Isso ocorreu particularmente no caso do censo populacional tratado nesse projeto. Esse levantamento populacional não decorreu de um censo completo, mas de uma amostragem de cerca de 10 por cento da população. Os resultados obtidos de projeções estatísticas baseadas em amostra devem ser submetidos a exame crítico para verificação de tendências. Isso, é claro, continua válido quando se chega a esses resultados por processamento de dados.

Essas considerações são essenciais quando se interpretam mapas produzidos pelo LINMAP, a partir de uma base de dados desse tipo.

Processamento da Fonte de Dados

Para obtenção da fita magnética final, pronta para utilizá-la na confecção do mapeamento temático, foram desenvolvidos programas de computador sucessivos.

A primeira rotina MOH 1 lê a fita perfurada produzida pelo digitalizador, traduz o código nela inscrito para o Código Binário Decimal (BCD) e registra o resultado dessa leitura e dessa conversão em fita magnética. O passo seguinte é a impressão do conteúdo da fita magnética para uma checagem visual. Essa operação, que pode parecer supérflua para pessoas experientes em processamento eletrônico de dados, é considerada muito útil nesse tipo de trabalho. Ele torna apta uma checagem dupla do trabalho feito pelo digitalizador. Se forem detectados erros, eles

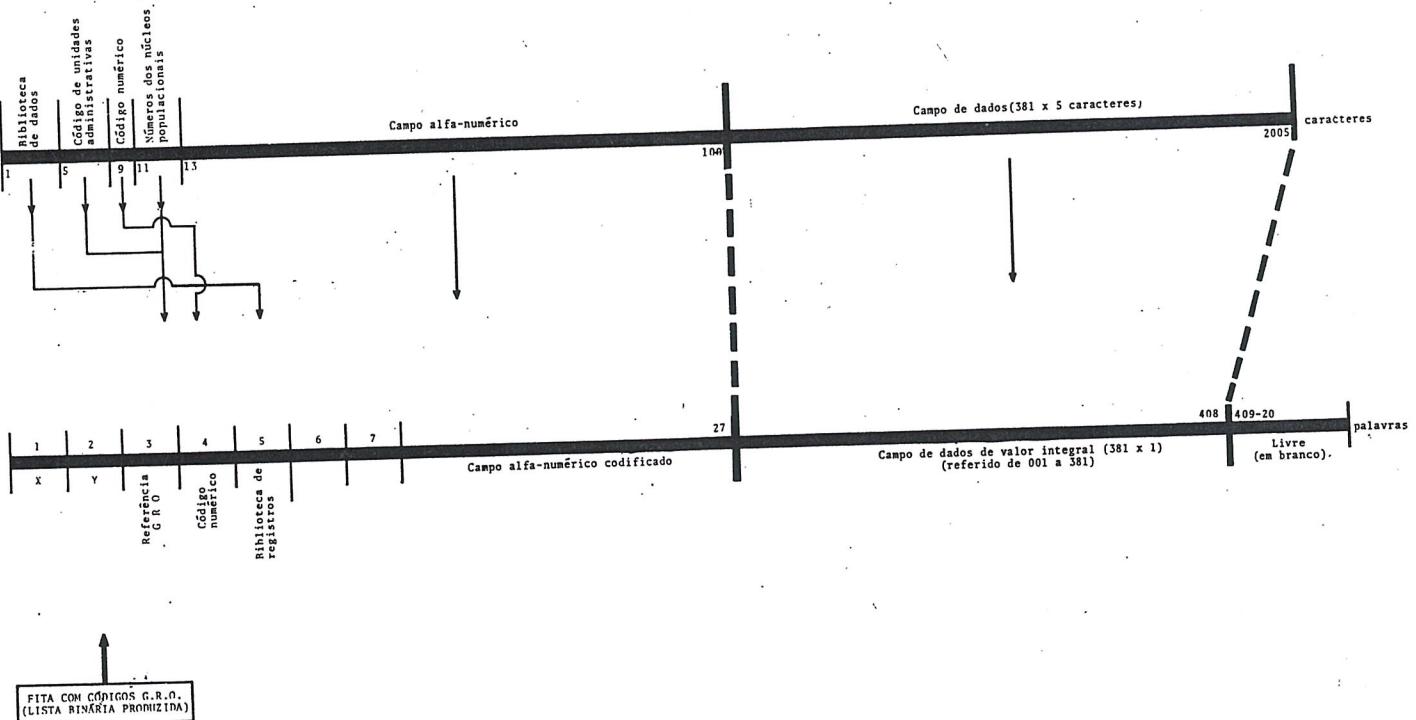


FIGURA 5. Formatos das listas de dados original e produzida, com referências de locação, para o LINMAP.

devem ser corrigidos na fita perfurada que serve de fonte de informações e reiniciado o processo.

O Programa TRANSREF admite a fita magnética gerada pelo programa MOH 1 e transforma o X e o Y da mesa de leitura de coordenadas de locação de pontos, com emprego de doze dígitos (para um metro) do programa-diretor de pesquisa (OS), tendo as coordenadas dos cantos geográficos do mapa-base como valores de controle. O programa, então, elabora o código de grupo de áreas (GRO — código de unidades administrativas) e o código individual de áreas (GRO — código de núcleos populacionais), produzindo um código reduzido a seis dígitos. Esses códigos são dispostos na mesma ordem da apresentada nas fitas que contêm os dados do censo e impressos junto com suas coordenadas de referência de locação.

O programa TRANSREF também checa os dados de "saída" e informa se algum erro foi encontrado neles. No caso de te-

rem sido observados erros, é aplicado o programa SHUFFLE para correção da fita magnética.

A partir desse estágio, a fita do Sistema de Referência por Coordenadas (CRSTAPE), contendo, conjugadamente, as coordenadas de referência e o código de zonas, estará isenta de erros.

O programa CENCOREF gera uma nova fita (GROTAPE), a partir da CRSTAPE e da GROFILE, cópia da fita original do censo com a codificação GRO. Esse programa checa a equalização das listas e traduz o código BCD em formato interno de termos binários. A disposição física final de um registro é mostrada na parte inferior da Fig. 5. Dessa forma, cada item de dado registrado na lista do censo é posto em termo de locação binário com 24 "bits", o que torna simples e rápido o pedido e seleção dos registros de qualquer item ou grupo de itens.

Não sendo encontrados erros no desenvolvimento do programa CENCOREF, os registros são empregados com seus valores de coordenadas X e Y, de modo que o primeiro registro esteja no extremo noroeste e o

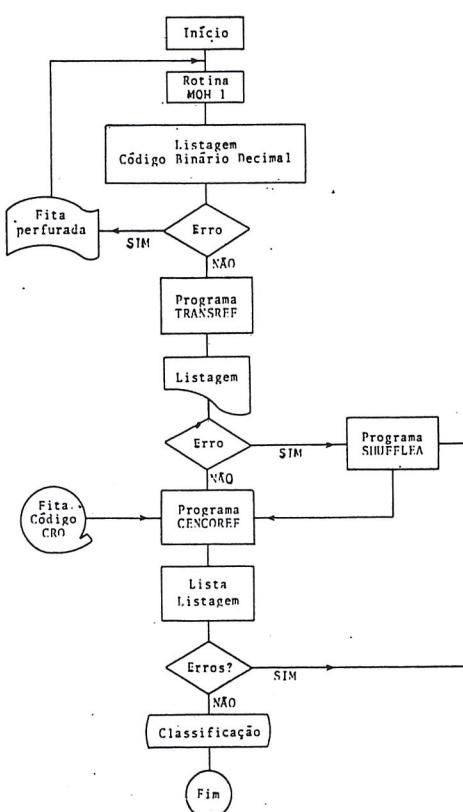


FIGURA 7. Procedimento para processamento de programas de dados com locações para o LINMAP.

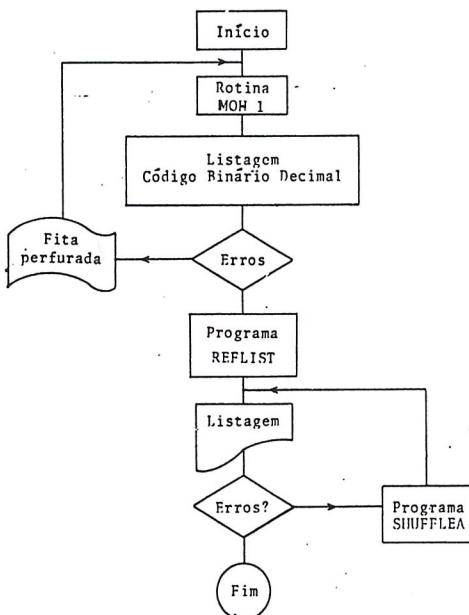


FIGURA 6. Procedimento para processamento de programas de "áreas fechadas" para o LINMAP.

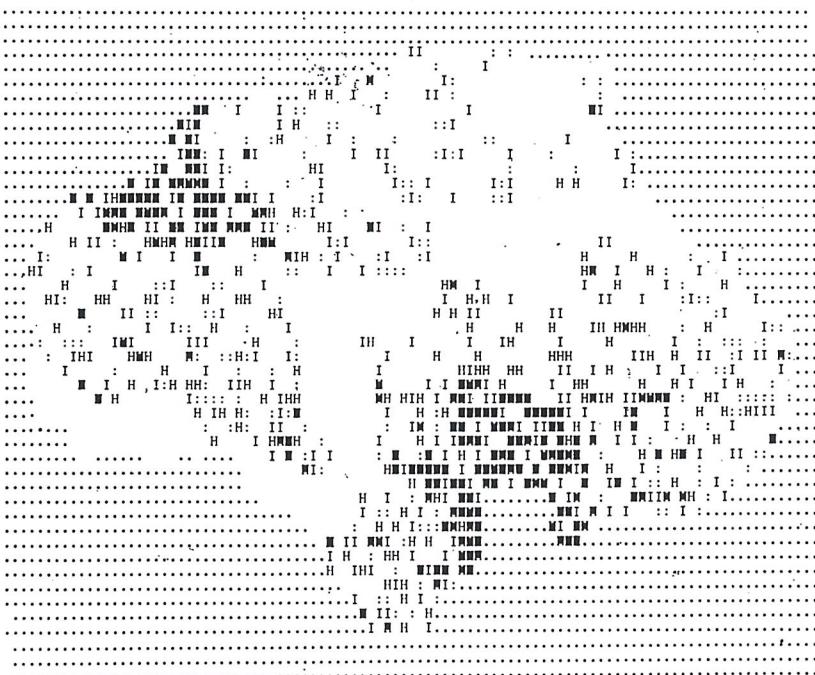


FIGURA 8. Mapa produzido por impressora linear, apresentando intervalos de classes, com pontos no exterior da área.

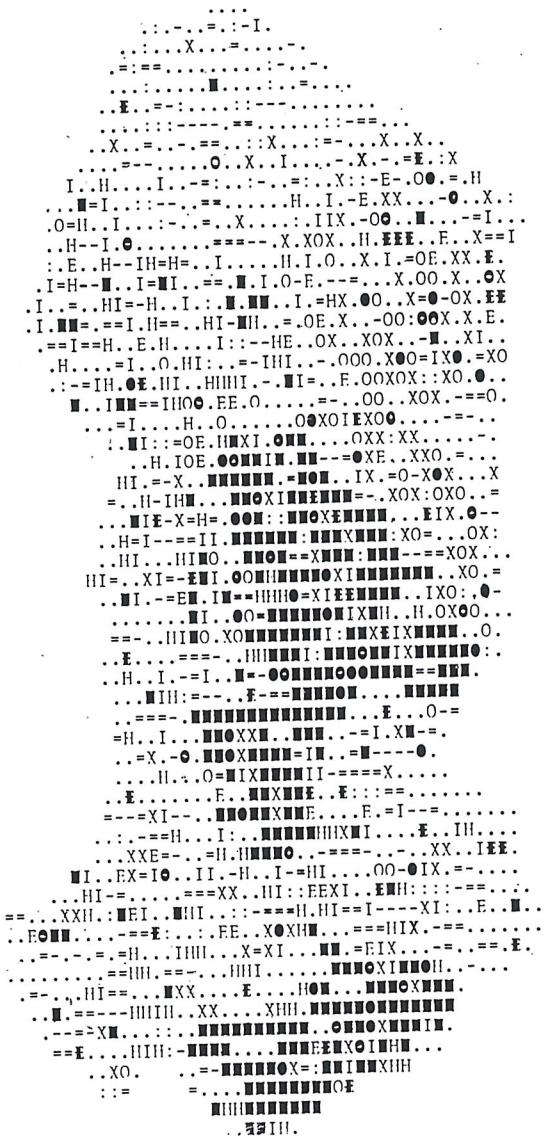


FIGURA 9: Mapa produzido por impressora linear, apresentando intervalos de classes, com pontos no interior da área.

último no extremo sudeste da área. Procêde-se dessa maneira para sistematizar a rotina de mapeamento, fazendo com que a primeira linha do mapa se situe no topo (norte) da página e que o seu primeiro caráter fique na margem esquerda.

Processamento dos Limites de Área

O LINMAP requer que os limites de área sejam mapeados através da definição de suas coordenadas, para que, assim, locações situadas no interior da área possam ser localizadas na

fita, que contém os registros dos dados dessas locações, e mapeadas.

Para distinguir essas áreas, convencionou-se chamá-las de "áreas fechadas". Os valores das coordenadas dos vértices das áreas fechadas são determinados pelo digitalizador, de maneira similar à da locação de pontos, seguindo-se na leitura dos limites o sentido horário. Para limites curvos são feitas aproximações retificadas com pequenos segmentos lineares, determinando-se as coordenadas de cada vértice, ou seja, o ponto em que a linha muda de direção. O LINMAP admite traçados de limites com mais de 3.000 vértices. Comparada com a grandeza das distorções, que podem ser produzidas pelo desenho de linhas de limites, a precisão do LINMAP nesse aspecto é considerada suficiente.

A definição dos limites é obtida pelo digitalizador, em fita perfurada. A figura 6 mostra o fluxo das rotinas de computa-



FIGURA 10: Mapa produzido por impressora linear, apresentando intervalos de classes, com números.

ção para a construção dos registros em fita magnética, a partir dos registros em fita perfurada. O procedimento é semelhante ao aplicado à lista de dados, embora mais simples. O Programa REFLIST é dotado para empreender tarefa similar à realizada pelo TRANSREF, com a diferença que nesse caso não há códigos de área a considerar. O programa SHUFFLEA é usado para corrigir e ajustar os dados de área fechada produzidos pelo REFLIST. Seu trabalho é análogo ao do programa SHUFFLE. Desse processamento resulta a EATAPE, que contém os limites plenamente checados, aptos a serem usados para o mapeamento.

É fácil a construção dos registros de limites de área fechada. Em 30 minutos digitalizam-se limites complexos e como a criação da listagem ocupa uns poucos minutos do computador, é possível produzir mapas de áreas especiais em cerca de 48 horas, a contar da recepção dos dados requeridos. Uma vez estabelecido em fita magnética o registro da área, este é incorporado à "biblioteca" de áreas do sistema LINMAP para a composição dos mapas que venham a ser demandados.

Produção e Rendimentos do Sistema

Com a execução do teste do sistema no censo populacional referido, foram marcadas cerca de 19.000 localidades em mapas-base, digitalizados, checados e, quando necessário, corrigidas as referências de locação e feitas as combinações respectivas com os registros GRO. O desenvolvimento e aplicação do sistema nesse teste, com a preparação da lista de dados para operação e a obtenção de 150 mapas temáticos diferentes durou cerca de um ano.

Mapas a Cores

Com o emprego do sistema LINMAP 2, desenvolvido a par-

tir do LINMAP, podem ser obtidos mapas temáticos coloridos (COLMAPs), com capacidade de diferenciação de até dez classes, dispostas nos quadrículos componentes da grade.

Aplicações

Para áreas que disponham de bases cartográficas adequadas, em escalas de 1:250.000 e maiores, dependendo da precisão de locação pretendida, a representação gráfica da distribuição espacial de dados de interesse dos planejadores pode ser obtida em prazos muito curtos pelo tratamento dessas informações, ordenadas em um banco de dados, com a aplicação do sistema descrito.

A versatilidade desse sistema, que opera em alta velocidade, permite visualização e comparações rápidas para o acompanhamento das evoluções de fenômenos sócio-econômicos, de produção agropecuária, transportes, abastecimento, saúde, educação etc., processadas em ritmos, que, por métodos convencionais de análise de tabelas manuais, estáticas, de confecção morosa, só podem ser acompanhadas com consideráveis descompassos.

O maior efeito do uso dessa tecnologia nas especialidades mais aptas a absorvê-la é o de reduzir a níveis aceitáveis o grande assincronismo que naturalmente ocorre em estudos de processos que, por suas dinâmicas, nunca possibilitam conclusões atuais sobre o fato presente, pois quando a avaliação é feita o elemento avaliado já se alterou sensivelmente.

Por instrução do usuário, esse sistema pode desempilhar todas as informações estatísticas, que estejam armazenadas em um banco de dados, referidas a uma grade geográfica, selecioná-las regional e setorialmente, interrelacioná-las, em combinações praticamente ilimitadas, e diagnosticar o fato,

antes que o fato seja história, mais digna de cronistas do que de planejadores.

Estando disponíveis comercialmente os programas e equipamentos de processamento e mapeamento desse sistema, acredita-se que uma conjugação de entidades cartográficas, estatísticas e de processamento eletrônico de dados, com dispensa do custo da institucionalização de uma organização própria, bastando estruturar um setor especial em um órgão de estatística, permitirá, a partir da instituição das bases prévias para o seu uso, assimiliar rapidamente essa tecnologia para a promoção da melhoria da qualidade e presteza do suprimento de informações, cada vez mais requeridas pelos que planejam o Brasil.

Este relato se baseou no artigo "Thematic Mapping by Computer", publicado no *Journal of The British Cartographic Society*, junho, 1969, que o transcreveu de *The Cartographic Journal*, em anotações feitas em entrevista com G.M. GAITS, criador do sistema LINMAP e autor do artigo mencionado, e na conferência "A Fotogrametria e a Cartografia Moderna", proferida por W. BECK, na 34.^a Semana Fotogramétrica, setembro, 1973, Stuttgart, Alemanha Ocidental.

Manifestamos os nossos agradecimentos à Embaixada Britânica no Brasil, que teve a gentileza de autorizar a reprodução e adaptação de ilustrações que compõem este relato e têm direitos reservados (Crow Copyright, 29-01-69 — Ministry of Housing and Local Government-Whitehall, London SW1, England).

polyflex
MATERIAIS CARTOGRÁFICOS