

POSSIBILIDADE DE USO DAS IMAGENS LANDSAT NA
ESTIMATIVA E INVENTÁRIO DE ÁREAS FLORESTAIS

Celestino Aspiazú
José Carlos Ribeiro

Departamento de Engenharia Florestal
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa - MG

RESUMO

Uma transparência positiva, correspondente a banda 7 de uma cena imageada pelo sistema Landsat, foi parcialmente digitizada para a estimativa de áreas florestais em uma região central do Estado de Iowa nos Estados Unidos.

Um manto relativamente espesso de neve cobria totalmente as terras agrícolas na data da passagem do satélite, fornecendo grande contraste com as áreas florestais. A delimitação das áreas foi feita com um programa de computação não supervisionado que agrupou objetivamente os dados numéricos e permitiu a confecção de um mapa. No mapa foram estimadas as áreas florestais e os resultados comparados com os obtidos na mesma área com fotografias aéreas e material fotográfico LANDSAT adquirido em data anterior. Sobre um total de mais de 10.000 hectares ocupados por florestas, as estimativas obtidas da imagem digitizada foram de 4 a 6% maiores do que as estimativas conseguidas com os diferentes meios de interpretação fotográfica.

A rapidez e simplicidade com as quais as estimativas foram realizadas tornam recomendável o uso do sistema LANDSAT nesses trabalhos. Ainda que não seja frequente dispor de imagens com o contraste

naturalmente aumentado, o contraste necessário pode ser obtido pelo pesquisador com a manipulação dos dados. Acredita-se que inventários florestais feitos com o uso consorciado de imagens e dados numéricos orbitais, fotografias aéreas em diferentes escalas e medições feitas diretamente na região em estudo (amostragem em multiestágio) podem ser concretizados mais rapidamente, com menos pessoal e dinheiro envolvidos e com a facilidade de uma atualização constante possível de ser realizada muito facilmente após a preparação do inventário.

INTRODUÇÃO

As florestas constituem uma importante parte dos recursos naturais renováveis da terra. Estimativas da FAO consideram que os diversos tipos de florestas cobrem aproximadamente a terceira parte das terras de nosso planeta [1]. Elas se encontram distribuídas geograficamente em forma muito pouco uniforme. A sua utilidade vai desde o fornecimento de matérias primas a indústrias cada vez mais diversificadas, até o atendimento das necessidades de combustíveis dessas ou de outras indústrias e ainda de lenha para uso doméstico.

Em consequência do aumento constante da população mundial e do esgotamento de outras fontes de energia, a exploração dos recursos florestais vai continuar aumentando. Com a maior demanda, as bases de utilização dos recursos terão de ser racionalizadas para se ter o máximo aproveitamento, assim como para assegurar a adequada renovação dos mesmos e procurar alterar o menos possível o delicado equilíbrio ecológico local e regional, respeitando, ao mesmo tempo, a parte que as florestas têm a cumprir nos regimes hídricos, na proteção da fauna e flora silvestres e a satisfação das necessidades humanas de recreação. A racionalização só é possível se existir boa informação quantitativa e qualitativa a cerca dos recursos, o que só é possível por meio de um levantamento bem realizado.

INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS PARA A REALIZAÇÃO DOS INVENTÁRIOS

A maior parte da informação necessária para a realização dos inventários florestais é obtida, desde há muitos anos, a partir de fotografias aéreas. Informação adicional, frequentemente é obtida com apoio nas imagens fotográficas, mediante visitas realizadas pelos pesquisadores ao local de estudo. Sob igualdade de resultados, o melhor procedimento é aquele que faz o máximo uso possível de fotografias e minimiza o trabalho a ser feito diretamente no campo. As fotografias aéreas diminuem a quantidade de recursos e o número de pessoas especializadas, assim como o tempo necessário para a preparação do inventário, permitindo a cobertura de grandes áreas mesmo aquelas pouco acessíveis por via terrestre.

Os dados fornecidos pelos sensores remotos atualmente em atividade podem reduzir ainda mais os recursos financeiros, de pessoal e de tempo necessários para a realização dos levantamentos. Cada uma dessas imagens dá uma visão muito abrangente da região estudada. Acontece, todavia, que essas informações não parecem ter produzido, nos pesquisadores dedicados às florestas, o mesmo entusiasmo que naqueles orientados para outras atividades vinculadas ao uso da terra. Para se ter essa impressão é suficiente só olhar o capítulo a respeito de inventário e avaliação de terras florestais do Manual editado pela American Society of Photogrammetry [2], no qual os modernos sistemas de sensoriamento remoto foram pouco menos que ignorados, negado assim os resultados obtidos por alguns autores na identificação e mapeamento de florestas com precisão indo de 83 a 96% [3]. Certamente nem sempre é possível obter tais resultados. Tomando como fonte de informações os dados fornecidos pelos satélites Landsat, o êxito nas pesquisas depende, basicamente, da escolha e utilização de imagens adequadas aos fins perseguidos, mas também tem que ser considerado o procedimento seguido pelo pesquisador no seu trabalho. O sistema Landsat oferece aos seus usuários informação visual (imagens) e numérica (gravada em fitas magnéticas compatíveis ao computador). O uso exclusivo de téc

nicas visuais de fotointerpretação, sem importar o grau de sofisticação delas, limita muito as possibilidades de êxito nas pesquisas. O uso dos dados numéricos é altamente recomendável. Os computadores e letrônicos podem extrair informações nem sempre evidentes nas imagens, especialmente quando se dispõe de métodos automáticos de classificação. Aliás, os dados podem ser manipulados matematicamente para salientar os detalhes de interesse maior para a pesquisa. Não é difícil prever que ainda a interpretação visual das fotografias tradicionais vai tender, no futuro, a ser complementada com a interpretação numérica automática. Isto é possível mediante a digitização prévia de transparências, com armazenamento dos dados em fitas magnéticas compatíveis ao computador.

As maiores dificuldades no uso das imagens LANDSAT têm sido encontradas na procura de identificar e classificar espécies florestais, o que nem sempre é possível. Deve-se considerar, aqui, o caráter experimental do sistema LANDSAT. Com a incorporação do Mapeador Temático ("Thematic Mapper") no LANDSAT D, cujo lançamento ao espaço tem sido previsto para o terceiro trimestre de 1981, as informações coletadas vão melhorar consideravelmente [4].

As maiores possibilidades de êxito com os atuais dados LANDSAT estão ligadas à delimitação e estimativa de áreas ocupadas por florestas. Isto pode ser melhor apreciado com a consideração de um caso concreto a seguir.

ESTIMATIVA DE ÁREAS OCUPADAS POR FLORESTAS A PARTIR DE IMAGEM LANDSAT

Uma imagem obtida pelo LANDSAT-1 no dia 4 de janeiro de 1973 foi escolhida para o estudo das florestas naturais presentes ao longo do rio Des Moines no centro do Estado de Iowa, EE.UU. Tratava-se de uma imagem excepcionalmente apta para os fins do estudo, uma vez que nela a neve cobria quase totalmente as terras agrícolas, dando um grande contraste que salientava as restantes feições da cena. A banda 7 dessa imagem é apresentada na Figura 1, na qual as regiões bem

escuras correspondem às terras agrícolas e as regiões brancas são as respostas obtidas das árvores e cidades; algumas áreas brancas, pequenas e dentro da área agrícola, correspondem a culturas de milho que demoraram muito em acabar o ciclo vital e não foram colhidas até a data de passagem do satélite, devido a excessiva umidade do solo que impediu a safra.

A delimitação das florestas nessa imagem é bem evidente. A interpretação visual, visando a estimar as áreas por elas ocupadas, é possível, porém muito complicada pela sinuosidade das áreas. Muito mais fácil é fazer com que o computador classifique a informação numérica. As fitas magnéticas, com os correspondentes dados, estavam disponíveis para este trabalho, mas em lugar de serem utilizadas, preferiu-se investigar a possibilidade de produzir a interpretação quantitativa automática a partir mesmo da transparência. Para isso a transparência positiva foi digitizada no Remote Sensing Institute da South Dakota State University mediante o seu sistema SADE (Signal Analysis and Dissemination Equipment). Somente foi digitizada a parte da imagem que mostra a Figura 1. Os dados numéricos foram gerados em forma linear e gravados em uma fita magnética compatível ao computador (o sistema SADE oferece a opção da geração logarítmica de dados). A digitização foi feita a razão de 1024 elementos pictóricos por cada 57mm de distância na imagem. Os pontos digitizados forneceram duzentos e cinquenta e seis tons do cinza (valores numéricos indo de 0 a 255).

O processamento dos dados foi feito em forma automática, não supervisionada, com o programa de computação chamado ADD (Análise de Dados Digitais) rodado em um computador IBM 360 da Iowa State University. Uma vez feita a classificação, os dígitos foram trocados por símbolos originados em um traçador (Calcomp Plotter), obtendo-se o diagrama da Figura 2. Neste diagrama foram reconhecidas as seguintes categorias: terras agrícolas (cor branca), áreas florestais (cor preta) e cidades e áreas com árvores que pelas suas dimensões não podiam vir a ser consideradas propriamente como florestais (cor cinza).

A seguir, no diagrama, foram estabelecidos os limites do distrito municipal chamado Boone (Boone County) e se estimou a extensão das áreas ocupadas pelas florestas. Esta estimativa foi comparada com cinco outras obtidas por Carlson et al. [5] mediante técnicas visuais de fotointerpretação aplicadas aos seguintes materiais:

- Fotografias obtidas em 1965 na escala 1:20.000;
- Fotografias obtidas em 1965 na escala 1:20.000 e transformadas para a escala 1:63.360;
- Imagem LANDSAT-1, banda 5, de 17 de setembro de 1972 e ampliada para a escala 1:226.284;
- Transparência LANDSAT-1 de 70mm, banda 5 de 4 de janeiro de 1973.

A estimativa feita com a imagem digitizada foi de 4 a 6% maior do que as obtidas por Carlson et al. A banda 5 da imagem gerada a 4/4/73, usada por esses autores, fornece a mesma informação que a banda 7 processada pelo programa ADD. A comparação do diagrama da Figura 2 com a Figura 1, feita com um aparelho ZTS (Zoom Transfer Scope), confirmou a existência de uma estreita semelhança entre as figuras.

A digitização da imagem permitiu a rápida e relativamente barata estimativa de áreas florestais nos aproximadamente 150.000 ha correspondentes à superfície total de Boone County. Os resultados obtidos deverão alentar estudos mais detalhados e completos do que aquele que aqui é apresentado. O maior número de elementos pictóricos por quilômetro, medidos pelos sensores LANDSAT - aproximadamente 16 - talvez resulte em uma precisão relativamente maior da estimativa, uma vez que a imagem digitizada somente forneceu aproximadamente 4 elementos pictóricos por quilômetro.

Examinando visualmente a imagem digitizada, tem-se a impressão de que a classificação das espécies florestais existentes na

área não seja possível. Não obstante, isso poderia ter sido tentado comparando-se essa imagem com fotografias coloridas infravermelhas da área, segundo foi sugerido por Carlson et al. [5]. Considerando que os dados contidos nas fitas magnéticas, se propriamente analisados, fornecem maior informação do que as imagens fotográficas, existe a possibilidade de que os subgrupos que foram delimitados pelo programa ADD, não considerados aqui, estejam relacionados com as diferentes espécies florestais que fazem parte da imagem.

Em conclusão, a estimativa das áreas florestais a partir de dados LANDSAT é uma realidade. O fato de que a imagem digitizada tivesse características especiais devidos a presença de neve, em nada afeta a utilidade do sistema, porque com a manipulação matemática dos dígitos é possível salientar os detalhes ou feições de interesse de qualquer imagem.

LEVANTAMENTO FLORESTAL EM MÚLTIPLOS ESTÁGIOS

O levantamento florestal realizado pelo uso consorciado de imagens orbitais, fotografias aéreas e visitas ao local, permite dispor de informação coletada em vários níveis de detalhamento. O número de níveis é determinado pelas características da pesquisa. Este procedimento é chamado de amostragem em múltiplos estágios. Nele, paulatinamente, informação mais detalhada é obtida com a escolha de subamostras (áreas terrestres) de tamanhos cada vez menores.

Nível orbital

Este primeiro estágio permite a rápida classificação da superfície terrestre em áreas florestais e não florestais mediante as imagens LANDSAT. As áreas florestais, por sua vez, podem ser divididas em dois grupos segundo elas estejam ocupadas por espécies nativa ou exóticas. As superfícies correspondentes a ambas as divisões podem ser estimadas. A delimitação de áreas ocupadas por diferentes espécies fica como uma possibilidade que aumentará com a evolução dos sensores remotos que estarão operando daqui a poucos anos.

Dentro dos limites das áreas florestais identificadas pelas imagens orbitais, o pesquisador poderá selecionar umas poucas subáreas representativas (subamostras) as quais deverão ser analisadas com maior intensidade no nível seguinte, o qual chamaremos de nível intermediário.

Nível intermediário

Esse nível corresponde ao uso de fotografias aéreas. Nele, as subamostras selecionadas nas imagens orbitais são estudadas mais de perto, mediante um segundo estágio com base em fotografias aéreas de grande escala, de alta resolução para identificar as espécies florestais, assim como medir as alturas de árvores e dos diâmetros das copas e, com esta informação, estimar o volume de madeira correspondente a cada espécie presente na subamostra. Segundo a complexidade da pesquisa, podem ser selecionadas áreas dentro das subamostras para a realização de um terceiro estágio com fotografias aéreas de escala e resolução ainda maiores para determinar, por exemplo, a existência de árvores afetadas por doenças, pragas ou a falta de sais ou de umidade nos solos.

A digitização das fotografias aéreas oferece a possibilidade de deixar a cargo do computador a realização de trabalhos rotineiros lentos como seja a identificação das áreas ocupadas por cada espécie, enquanto que o pesquisador pode dedicar-se àqueles trabalhos mais difíceis que superam a capacidade de interpretação automática do computador, tais como a observação estereoscópica para determinar as alturas das árvores e a interpretação de áreas que apresentam muita mistura de árvores de diferentes espécies e idades, etc. Como isso a efetividade do pesquisador pode ser aumentada consideravelmente.

Nível próximo

Esta etapa final do inventário constitui o último nível do variável número de estágios. Ela consiste de visitas ao local para a obtenção de medições nas árvores em pequenas áreas escolhidas entre as subamostras, com a finalidade de confirmar a correção ou ajustar as medições feitas mediante as fotografias aéreas, e verificar a existência de árvores com problemas de sanidade, visando estabelecer, se possível, a natureza dos problemas atingindo as árvores.

Cumprido este estágio final, a informação coletada poderá ser extrapolada às regiões delimitadas nas imagens orbitais que não foram estudadas em detalhe. Assim será completado o inventário da região toda e será possível acompanhar a evolução temporal das áreas, sendo que posteriores imagens LANDSAT irão permitir estabelecer as mudanças que possam ter acontecido na situação das florestas, permitindo constante atualização do inventário.

LITERATURA CITADA

- |1| Luney, P.R., and Dill, H.W. 1970. Uses, potentialities, and needs in agriculture and forestry. p. 1-32. In Remote sensing with special reference to agriculture and forestry. National Academy of Sciences, Washington, D.C., USA.
- |2| Reeves, R.G., ed. 1975. Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry, Falls Church, Va., USA.
- |3| Anderson, A.G., and Staff. 1976. Resource and environmental surveys from space with the Thematic Mapper in the 1980's. National Academy of Sciences, Washington, D.C., USA.
- |4| National Aeronautics and Space Administration (NASA). 1978. LANDSAT Newsletter No. 21, June 1st.

- |5| Carlson, R.E., Mahlstedt, J.P., Fenton, T.E., Thomson, G.W., and Epstein, A.H. 1974. Remote sensing in Iowa agriculture: identification and classification of Iowa's crops, soils and forestry resources using ERTS-1 and complementary underflight imagery. Type III Final Report submitted to the National Aeronautics and Space Administration under Contract NASS - 21839.

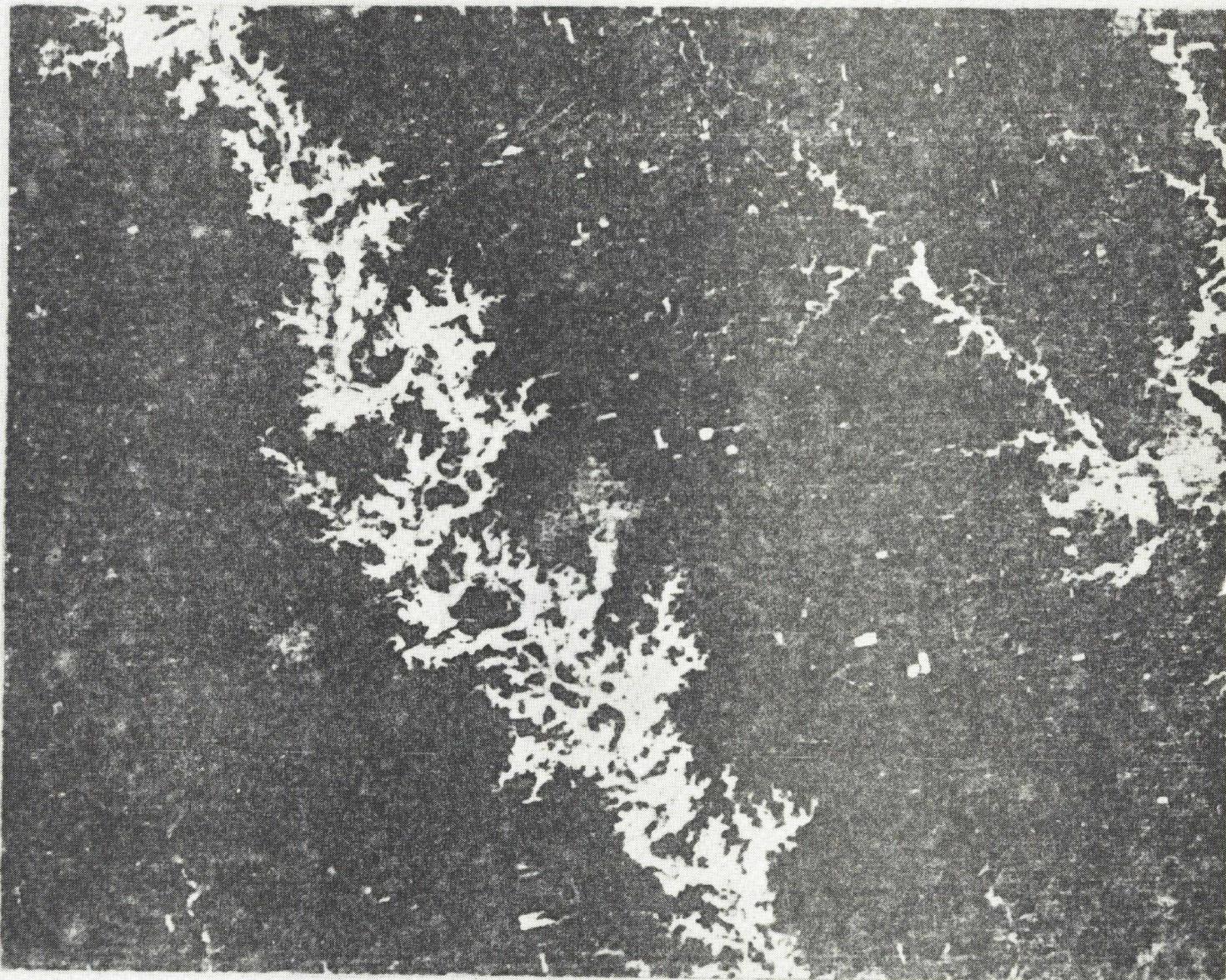


Fig. 1 - Ampliação, em preto e branco, da parte central do Estado de Iowa, imageada pelo LANDSAT-1 no dia 4 de janeiro de 1973.

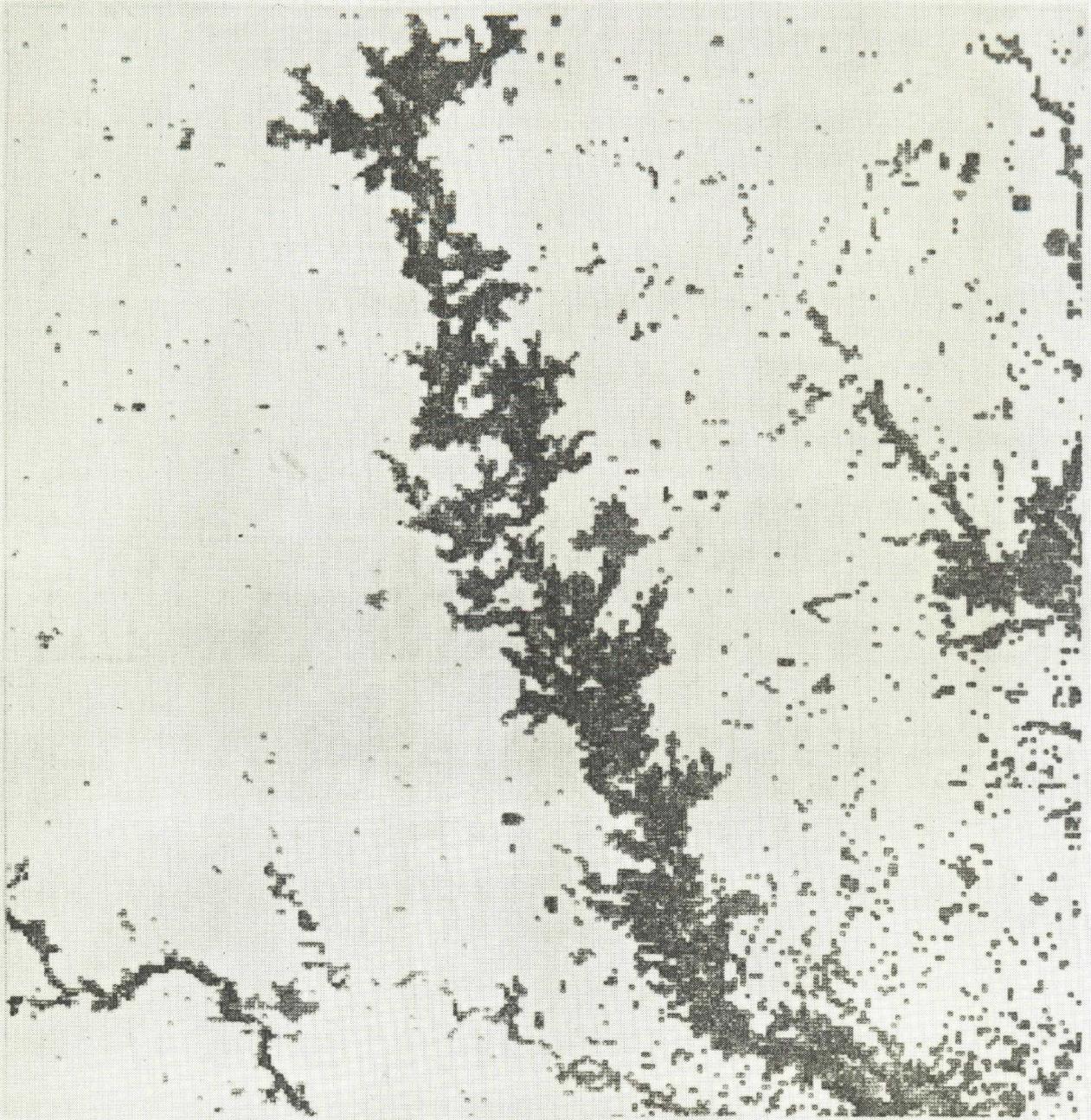


Fig. 2 - Imagem produzida por computador mostrando a distribuição das áreas florestais no distrito municipal de Boone, Iowa, EE.UU.