

AVALIAÇÃO DO USO DA TERRA EM MICROBACIA UTILIZANDO UMA MATRIZ DE PARTIÇÃO FUZZY

Sérgio Campos¹; Edson Luís Piroli²; Célia Regina Lopes Zimback³; João Batista Tolentino Rodrigues³

¹*Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, seca@fca.unesp.br.*

²*Campus Experimental de Rosana, Universidade Estadual Paulista, Rosana, SP*

³*Departamento de Ciências do Solo, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP*

1 RESUMO

A evolução da informática oferece, hoje, a possibilidade de desenvolvimento de novas técnicas e metodologias para elaboração de trabalhos em todas as áreas do conhecimento humano. Aliado a isto, a capacidade de manuseio de grande volume de dados dos computadores pessoais atuais, facilita a criação e aplicação de novas ferramentas para análise de informações. Neste trabalho objetivou-se a aplicação de uma matriz de partição fuzzy para análise os dados obtidos pelo sensor TM do satélite Landsat 5, visando elaborar a classificação supervisionada do uso da terra na microbacia hidrográfica do Arroio das Pombas, no Município de Botucatu, SP. A atribuição de pesos no momento da criação das assinaturas, possibilitou que uma simples área de treinamento oferecesse entrada em mais de uma classe de cobertura. Constatou-se, também, uma modificação no resultado da classificação quando comparada com a classificação por máxima verossimilhança, principalmente com relação à maior homogeneidade e melhor definição das bordas das classes.

UNITERMOS: matrix de partição fuzzy, classificação supervisionada, imagem de satélite.

**CAMPOS, S., PIROLI, E.L., ZIMBACK, C.R.L., RODRIGUES, J.B.T.
ANALYSIS OF SOIL USE IN A MICROBASIN USING A FUZZY PARTITION
MATRIX**

2 ABSTRACT

Informatics evolution presently offers the possibility of new technique and methodology development for studies in all human knowledge areas. In addition, the present personal computer capacity of handling a large volume of data makes the creation and application of new analysis tools easy. This paper aimed the application of a fuzzy partition matrix to analyze data obtained from the Landsat 5 TMN sensor, in order to elaborate the supervised classification of land use in Arroio das Pombas microbasin, in Botucatu, SP, Brazil. It was possible that one single training area present input in more than one covering class due to weight attribution at the signature creation moment. A change in the classification result was also observed when compared to maximum likelihood classification, mainly when related to bigger uniformity and better class edges classification.

KEYWORDS: fuzzy partition matrix, supervised classification, satellite image.

3 INTRODUÇÃO

O conhecimento do uso da terra em uma microbacia é muito importante para o planejamento ambiental e do bem maior do produtor rural que é sua terra. Para Rocha & Young (1999), o aumento da atividade humana tem provocado significativas alterações e conseqüentes impactos, no ambiente.

O planejamento ambiental tem ganhado destaque em décadas recentes, dado ao interesse em redirecioná-lo para considerar não somente os ambientes criados e modificados pelos seres humanos mas, também o ambiente natural ao seu redor. Os mesmos autores, citando Slocombe (1993), afirmam que as atividades de desenvolvimento humano se estendem e afetam todo o planeta. Ambiente e desenvolvimento não podem mais ser abordados separadamente, como implicam os conceitos de desenvolvimento e sustentabilidade preconizados desde o início da década de 70. Uma sociedade sustentável é aquela na qual os recursos e o ambiente são usados e gerenciados de maneira não apenas a satisfazer as suas necessidades atuais mas, também, as futuras.

Conforme Rocha (1991), uma das maneiras mais simples e eficazes de planejar o desenvolvimento e assegurar a sustentabilidade do ambiente é o trabalho com as microbacias hidrográficas. Este autor diz que as primeiras tentativas de se trabalhar integradamente em uma unidade física foram feitas no final da década de 1970. A partir daí, em alguns Estados se sentem maior interesse de aplicação das técnicas de manejo de bacias hidrográficas, tendo-se alcançado a visão plena no final da década de 1980, quando começaram a ser criados, oficialmente, os programas Nacional e Estadual de Microbacias Hidrográficas.

Rocha (1991), afirma que o planejamento ambiental, econômico e social, sistematizando o espaço rural em bacias hidrográficas, experimenta uma fase de expansão na região centro-sul do País, está em consonância com os programas das Nações Unidas que há cerca de meio século, já vem desenvolvendo e difundindo programas de manejo integrado de bacias hidrográficas, visando à recuperação ambiental e ao aumento da produção de alimentos. No Brasil, os trabalhos se desenvolvem atualmente, dentro das limitações regionais, alicerçados em números reduzidos de informações e, via de regra, sem levantamentos e planejamentos aprofundados e detalhados.

Existe, hoje, um consenso de que, tecnicamente, é aconselhável começar a recuperação do meio ambiente pelas bacias hidrográficas, as quais podem ser subdividas em sub-bacias e microbacias. Esta metodologia tem mostrado grande eficiência em trabalhos de campo e sendo recomendadas pelo Programa Nacional de Microbacias. Para que se possa manejar e desenvolver sustentadamente uma região, é necessário, antes de mais nada, conhecer a finalidade a que está sendo destinado hoje seu solo; é para conhecer o uso atual da terra, tem-se diferentes metodologias de trabalho, que vão desde o levantamento "in loco", até a análise automática de imagens de satélite, utilizando potentes e modernos softwares de geoprocessamento.

O planejador pode, ainda, lançar mão de tecnologias cada vez mais sofisticadas e complexas, buscando o aprimoramento dos resultados finais de suas análises. Neste contexto, insere-se o uso de algumas técnicas alternativas, entre elas a lógica Fuzzy. De acordo com Gonçalves (2000), esta lógica foi primeiramente proposta por Lotfi A. Zadeh, da Universidade da Califórnia em Berkeley em um artigo de 1965. Ele elaborou suas idéias em um artigo de 1973 no qual introduziu o conceito de "variáveis lingüísticas", comparando

variável definida com um conjunto fuzzy. Outras pesquisas seguiram, com a primeira aplicação industrial em uma fábrica de cimento na Dinamarca, surgindo em 1975. Apesar disto, os sistemas fuzzy foram amplamente ignorados nos Estados Unidos porque eram associados à inteligência artificial, um campo, que periodicamente, se obscurecia, resultando numa falta de credibilidade por parte da indústria. Desta forma, esses sistemas passaram a ser muito mais pesquisados e melhorados no Japão, sendo hoje presentes no controle de uma infinidade de produtos. Tal lógica permite interfacear processos analógicos que se deslocam através de uma faixa contínua para um computador digital que pode detectar objetos com valores numéricos bem definidos (valores discretos). Pode-se chegar a este objetivo criando-se os estados fuzzy, que significam a mudança gradual de um estado para outro, utilizando-se posições intermediárias na análise; isto pode ser usado para a análise do uso da terra, pois quando se faz este tipo de levantamento através do uso de classificadores rígidos, está-se dando ao software apenas uma possibilidade de classificação para a classe em estudo.

Eastman (1997), diz que uma das principais suposições da abordagem bayesiana para classificação de imagens é que as áreas de treinamento representam amostras puras das classes que representam; entretanto, isto raramente ocorre. O autor cita, como exemplo, que é provável que mesmo um talhão muito uniforme de pinus tenha alguns elementos de fundo afetando os dados. A presença dessas impurezas conduz a variâncias elevadas e à não normalidade na distribuição multivariada de reflectâncias, as quais, por sua vez, degradam o poder de discriminação das assinaturas, ao passo que, ao se utilizar uma matriz de partição fuzzy, pode-se dar pesos para as categorias de uso que apresentem maior probabilidade de ocorrer em determinado local, podendo-se determinar, com maior precisão, os diferentes usos da terra em uma região; buscando-se então alcançar a resposta principal das diferentes espécies que podem estar ocorrendo num mesmo local é que se usa a lógica fuzzy. Este trabalho tem por meta determinar o uso da terra da microbacia do Arroio das Pombas, no município de Botucatu, SP, através das bandas 3, 4 e 5 de uma imagem do satélite Landsat 5, Thematic Mapper, analisada por uma matriz de partição fuzzy, gerada no Sistema de Informações Geográficas Idrisi for Windows.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia hidrográfica do Arroio das Pombas está localizada no extremo oeste do município de Botucatu, na região centro-sul do Estado de São Paulo e abrange uma área de 4.056,6ha ocupados atualmente com algumas culturas agrícolas e reflorestamento. As águas que nela precipitam escorrem para o Rio Pardo, um importante afluente do Rio Paranapanema, que banha as terras do sudoeste do Estado de São Paulo. A microbacia está localizada entre as coordenadas 729000 e 738000 E, e 7460000 e 7470000 N, na faixa F do fuso 22S do sistema UTM (Universal Transverso de Mercator), e se caracteriza por abranger altitudes que vão de 700m até mais de 800m.

Os tipos de solo ocorrentes na área, segundo Oliveira et al. (1999) são: Gleissolos Hápicos (GX), Latossolos Vermelhos (LV) e Podzólicos Vermelhos (PV).

Aqui, utilizando-se os seguintes materiais: imagem de satélite do Landsat 5 – TM, órbita-ponto 220/076, quadrante A, passagem de 8/06/1997, bandas 3, 4 e 5; as cartas planialtimétricas de Pratânia (SF-22-Z-B-V-4) e do Rio Palmital (SF-22-Z-B-V-3), em escala 1:50000, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em 1973; mapa pedológico do Estado de São Paulo (Oliveira et al., 1999); fotografias aéreas verticais pancromáticas, ou seja, em preto e branco, provenientes das coberturas aerofotogramétricas

do Estado de São Paulo, em escala nominal 1:45000 (1977), para caracterização do uso da terra; o GPS (Global Positioning System) de navegação GARMIN XL 45 GPS II, para coleta e confirmação das coordenadas dos pontos de controle a campo e do uso da terra. No processamento dos dados obtidos pelo processo digital (SIG - IDRISI), utilizou-se de um microcomputador Pentium, 500 MHz, HD 10 Gb, 128 Mb de memória RAM, com saída para impressora a jato de tinta HP Deskjet 692 C e o Software Idrisi for Windows, versões 2.1 e 3.2.

A análise do uso da terra na microbacia do Arroio das Pombas foi efetuada sobre a imagem de satélite, definindo-se as principais categorias de ocupação. Em um primeiro momento, analisaram-se as fotografias aéreas e as cartas topográficas da área e, em seguida, visitou-se o local, munido de GPS para a verificação das principais formas de uso e sua localização; já nesta visita, pôde-se observar que alguns elementos se destacavam na paisagem da microbacia, tais como: cana-de-açúcar, florestas nativas (cerradões), campos de pastagem, plantações de laranjeira ainda em fase inicial e reflorestamentos com *Eucalyptus spp.* Após esta primeira avaliação visual no campo, efetuou-se a demarcação das áreas de treinamento contendo as classes de cobertura da terra na área de estudo sobre a imagem georreferenciada; em seguida, o arquivo vetorial com as áreas de treinamento foi rasterizado, transformando-se este arquivo em uma imagem raster. O próximo passo foi a criação da matriz de partição fuzzy, que indica o grau de associação de cada sítio de treinamento em cada classe. Nesta matriz é que se informou o percentual com que cada classe contribuía dentro de uma área de treinamento, criando-se um banco de dados com um campo para o identificador de cada classe e uma coluna para cada classe de uso. Desta forma, tem-se que, para 8 classes e 8 sítios de treinamento, foi formada uma matriz 8 x 8, na qual se criou um conjunto de representações espaciais dos graus de associação fuzzy, e nela, foi definido que na classe ocupada por plantios de laranja, esta participava com 80% da resposta espectral, dos quais os 20% restantes gerados por uma mistura de capins ocorrentes nas entrelinhas, visto que na época de obtenção da imagem, as laranjeiras apresentavam copas pequenas, que não chegavam a fechar o dossel superior. Nas áreas ocupadas com eucaliptos, este alcançava 90% da resposta total, e os restantes 10% a contribuição de espécies nativas ocorrentes nas entrelinhas e margens dos talhões. Para as florestas nativas esta situação se inverteu, considerou-se que 10% da resposta eram causados por árvores isoladas ou pequenos grupos de eucaliptos presentes no interior e nas margens das florestas. Para os plantios de cana-de-açúcar, considerou-se que 90% da resposta espectral eram de responsabilidade desta cultura, e os 10% restantes causados por plantios de capins para pastagem próximos. No caso da pastagem, definiu-se que 80% da resposta espectral, seriam das áreas cobertas com pastagens, sendo que dos 20% restantes, 15% eram devidos à resposta dos capins ocorrentes nas áreas ocupadas com plantio de laranja e 5% de responsabilidade das áreas com cana-de-açúcar. A classe de solo exposto e a de água, não foram consideradas como tendo respostas compartilhadas. O resultado desta análise foi comparado com o resultado obtido na classificação supervisionada pelo método de máxima verossimilhança.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do uso da terra a partir da matriz de partição fuzzy permitiu definir-se 8 classes de uso da terra na microbacia hidrográfica do Arroio das Pombas (Figura 1 e Tabela 1). O resultado mostrou que 874,3ha estão ocupados, atualmente, com plantações de laranjeira, ou seja, 21,55% da área total. Esta é uma cultura que vem aumentando

consideravelmente na área de plantio no município, cujo fato se deve à proximidade de fábricas de suco, boa localização do município dentro do Estado de São Paulo, boa malha rodoviária ligando Botucatu a praticamente todos os municípios de São Paulo, à Capital e ao Porto de Santos e, ainda, ao clima e solos adequados para esta cultura. Áreas com reflorestamentos de eucalipto cobrem 294,3ha (7,25%). Saliente-se que esses reflorestamentos estão ligados ou são de propriedade das empresas Eucatex e Duratex, ambas fabricantes de chapas de fibra, aglomerados, compensados etc.

As florestas nativas, normalmente cerradões, estão presentes em 735,6ha, correspondendo a 18,13%. A cana-de-açúcar, uma das principais culturas agrícolas do Estado de São Paulo, cobre 584,5ha, ou seja, 14,41%. Áreas preparadas ou com solo exposto na época de obtenção da imagem do satélite perfaziam 21,17%, abrangendo 858,7ha. Estas áreas, pelo que se pôde verificar em visitas posteriores ao local, foram ocupadas, em sua grande maioria pela cultura da cana-de-açúcar e, em menores áreas, por outras culturas agrícolas, como o milho. As pastagens para a criação de gado, outra significativa atividade do setor rural do município, cobriam 685,2ha com 16,89% da área da microbacia e a água armazenada em alguns açudes e lagoas ocupava 24 ha cobrindo 0,59% da área de estudo. A Tabela 2 mostra a matriz de partição criada para a execução do trabalho.

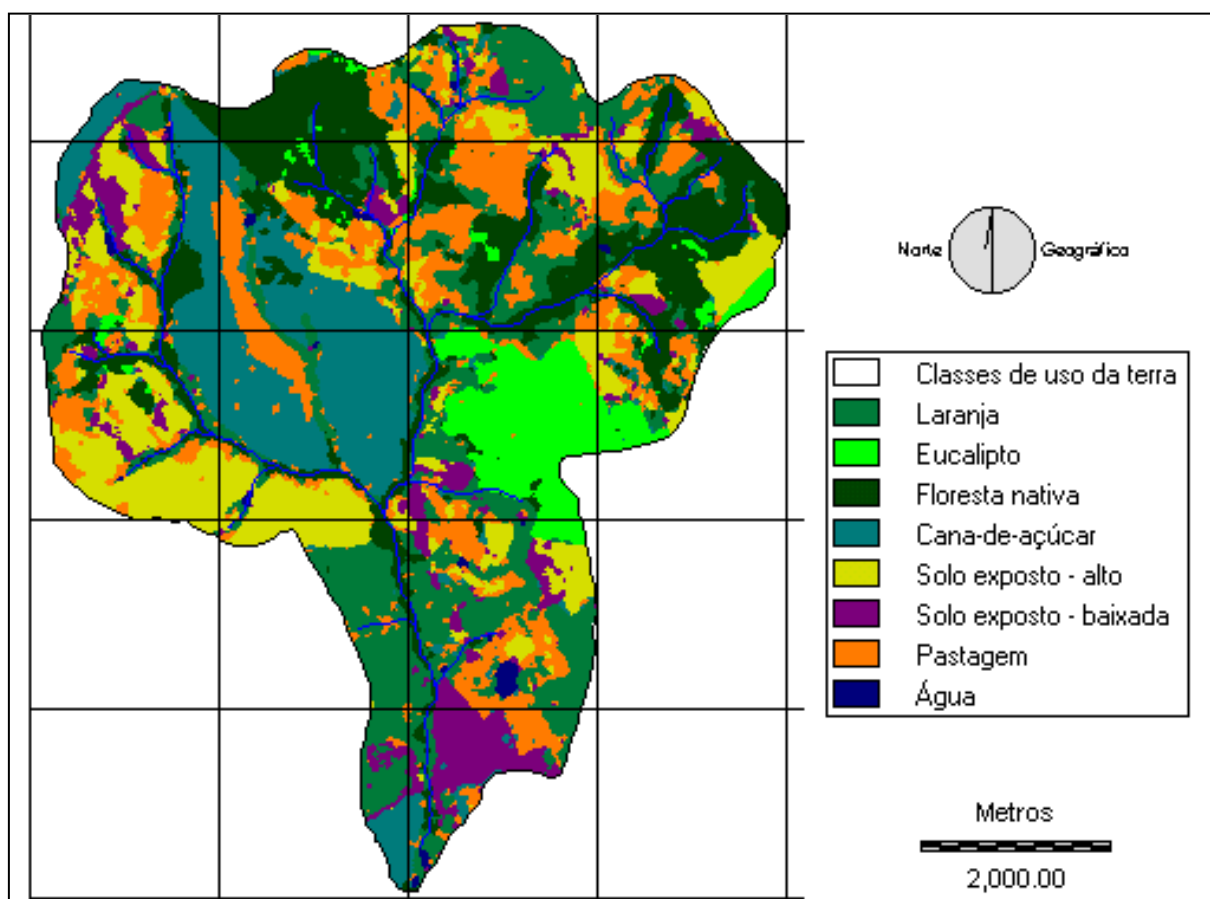


Figura 1. Distribuição espacial das classes de uso da terra na microbacia do Arroio das Pombas, Botucatu, SP, obtida a partir da matriz de partição fuzzy.

Tabela 1. Classes de uso da terra (ha e %) na microbacia do Arroio das Pombas, Botucatu, SP, obtidos com a matriz de partição Fuzzy.

| Classes de uso da terra | Área em relação à microbacia | |
|-------------------------|------------------------------|-------|
| | ha | % |
| Laranjeiras | 874,3 | 21,55 |
| Eucaliptos | 294,3 | 7,26 |
| Florestas nativas | 735,6 | 18,13 |
| Cana-de-açúcar | 584,5 | 14,41 |
| Solo exposto | 858,7 | 21,17 |
| Pastagens | 685,2 | 16,89 |
| Água | 24,0 | 0,59 |
| Total | 4056,6 | 100 |

Tabela 2. Matriz de partição fuzzy criada para a elaboração deste trabalho

| Identificação | Laranjeiras | Eucaliptos | Floresta nativa | Cana-de-açúcar | Solo exposto alto | Solo exposto alto | Pastagem | Água |
|---------------|-------------|------------|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|----------|------|
| 1 | 0,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,2 | 0 | |
| 2 | 0 | 0,9 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | 0 | 0,1 | 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0,8 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | 0,1 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0 | |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,9 | 0,1 | 0 | |
| 7 | 0,15 | 0 | 0 | 0,05 | 0 | 0,7 | 0 | |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |

Como parâmetro para comparação do resultado da classificação utilizando-se a matriz de partição fuzzy, o uso da terra foi obtido pela classificação supervisionada através do método de máxima verossimilhança (Maxver), conforme Figura 2 e Tabela 3. Nesta nova classificação, encontram-se 756,6 ha ocupados com laranjeira, indicando uma diferença entre a área encontrada por Maxver e a matriz de partição fuzzy, de 117,7 ha (2,90%) para menos.

A área coberta por eucalipto foi de 284,8 há e a diferença de 9,5 ha (0,24%) para menos. As florestas nativas ocuparam, nesta nova classificação, 748,4 ha, apresentando uma área maior que a classificação anterior, em 12,8 ha (0,32%). A área ocupada com cana-de-açúcar foi de 779,3 ha, ou seja, 194,8 ha (4,8%) a mais que na classificação por fuzzy. As áreas com solo exposto alcançaram 914,2 ha, isto é, 55,5 ha (1,33%) a mais que na classificação fuzzy. As áreas de pastagem que na classificação anterior somavam 685,2 ha, por Maxver somaram 541,7 ha, com uma diferença percentual de 3,54. As áreas ocupadas por água, nesta nova classificação chegaram a 31,6 ha (Figura 2 e Tabela 3).

As diferenças entre os dois métodos de classificação, ocorrem devido à possibilidade de entrada de outras classes na análise oferecida por fuzzy, ou seja, na classificação pelo método de Maxver, a participação ou não do pixel em determinada classe, se dá pela probabilidade do mesmo pertencer ou não àquela classe, e esta definição, é feita exclusivamente pelo valor médio da reflectância nele presente; quando porém se utilizou uma matriz de partição fuzzy, considera-se que a reflectância deste pixel se deve a um conjunto de

elementos nele presentes. A partição procura, acima de tudo valorizar as intensidades de reflectância desses diferentes elementos, buscando, desta forma uma identificação melhor dos mesmos; com isto, verificou-se que as áreas ocupadas com laranjeira foram superiores em 117,7 ha na classificação, utilizando-se a matriz de partição fuzzy, cuja diferença se deve justamente ao exposto acima, pois as áreas que detinham laranjeiras jovens e apresentavam solo exposto juntamente com muitos capins nas entrelinhas, acabavam sendo classificadas como um desses outros usos, pelo método de Maxver.

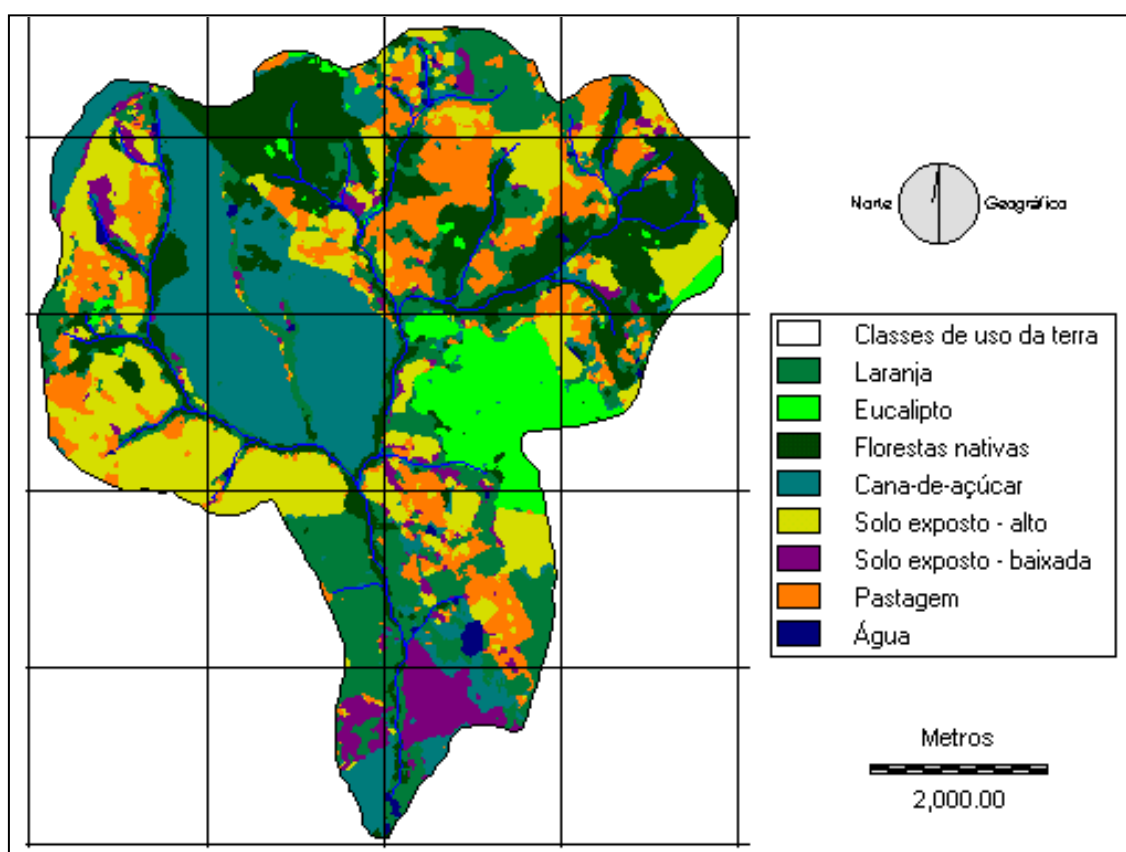


Figura 2. Distribuição espacial das classes de uso da terra na microbacia do Arroio das Pombas, Botucatu, SP, obtida pelo método de Máxima Verossimilhança.

Tabela 3. Classes de uso da terra (ha e %) na microbacia do Arroio das Pombas, Botucatu, SP, obtidas pelo método de Máxima Verossimilhança.

| Classes de uso da terra | Área em relação à microbacia | |
|-------------------------|------------------------------|------------|
| | ha | % |
| Laranjeiras | 756,6 | 18,65 |
| Eucaliptos | 284,8 | 7,02 |
| Florestas nativas | 748,4 | 18,45 |
| Cana-de-açúcar | 779,3 | 19,21 |
| Solo exposto | 914,2 | 22,54 |
| Pastagens | 541,7 | 13,35 |
| Água | 31,6 | 0,78 |
| Total | 4056,6 | 100 |

As áreas ocupadas com eucalipto e florestas nativas, apresentaram pouca diferença de área nos dois métodos, tendo os eucaliptos apresentado uma área de 9,5 ha (0,24%) a mais na classificação por fuzzy, enquanto as florestas nativas tiveram sua área diminuída em 12,8 ha (0,32%) neste método; o fato se deve à grande diferença de reflectância entre as duas culturas na região e também à homogeneidade do plantio de eucalipto; já as áreas com cana-de-açúcar mostraram uma diferença de 4,8%, ou seja, 194,8 ha entre os dois métodos de classificação. Conforme se observou, na matriz de partição fuzzy as áreas classificadas com esta cultura diminuíram, demonstrando que algumas áreas com pastagens estavam sendo classificadas como cana; além disso, houve confusão na classificação em locais onde a cana-de-açúcar era menor e tinha capins nas entrelinhas. Os solos expostos também apresentaram área menor na classificação por partição fuzzy, 55,5 ha (1,33%), devido, provavelmente, ao fato de que algumas áreas com culturas pequenas e até pastagens em locais de baixo vigor, foram jogadas nesta classe pelo método de Maxver, o que não ocorreu, ou ocorreu menos, com a classificação fuzzy. As áreas cobertas por pastagem tiveram área maior na partição fuzzy, em virtude, sem dúvida, da entrada de algumas áreas que estavam sendo classificadas como cana-de-açúcar no método de Maxver; já a categoria água sofreu uma redução de 7,6 ha na classificação por fuzzy, devido à melhor discriminação oferecida por esta metodologia, o que fez com que solos expostos úmidos em regiões de baixada fossem classificados como cobertos por água, pelo método de Maxver.

6 CONCLUSÕES

A metodologia permitiu concluir que a atribuição de pesos no momento da classificação do uso da terra, possibilita que uma simples área de treinamento ofereça entrada em mais de uma classe de cobertura e, ainda, que há uma modificação no resultado da classificação quando comparada com a classificação por máxima verossimilhança, principalmente com relação à maior homogeneidade e melhor definição das bordas das classes.

O uso de uma matriz de partição fuzzy pode auxiliar na análise do uso da terra em microbacia, porém é necessário que se lancem mais trabalhos nesta linha e que a mesma área seja analisada em diferentes períodos do ano para que se possa obter conclusões mais definitivas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Eastman, J.R. Idrisi for windows versão 2.1 – manual do usuário. Worcester-MA, Graduate School of Geography, Clark University, 1997. 109p.

Eastman, J.R. Idrisi for windows versão 3.2 - introdução e exercícios tutoriais. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Recursos Idrisi, Porto Alegre, 1998.

Gonçalves, E.N. Redes neurais e lógica fuzzy. <http://members.soom.com/ed-goncalves/index.htm>.2000. 121p.

Oliveira, J.B. de; Camargo, M.N.; Rossi, M.; Calderan Filho. Mapa pedológico do Estado de São Paulo. Campinas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 64p.

Rocha, J.S.M da. Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas. 2 .ed. Edições da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1991. 181p.

Rocha, J.V.; Young, A.F. Análise das condições ambientais de microbacias utilizando-se SIG – Sistemas de Informações Geográficas. In: Congresso e Feira para usuários de Geoprocessamento da América Latina – GIS Brasil, 5, Salvador, 1999. Anais... Salvador: FatorGIS, 1999. Publicado em CD ROM.