

## AVALIAÇÃO DE CLASSIFICADORES AUTOMÁTICOS NO MAPEAMENTO DE ÁREAS CAFEIIRAS DA REGIÃO DE GUAXUPÉ, MINAS GERAIS

Tatiana Grossi Chquiloff Vieira <sup>2</sup>; Helena Maria Ramos Alves <sup>3</sup>; Margarete Marin Lordelo Volpato <sup>4</sup>;  
Tiago Bernardes <sup>5</sup>; Éder Ribeiro dos Santos <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo Consórcio de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D/CAFÉ e com apoio da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé – Cooxupé e bolsas de pesquisas financiadas pela FAPEMIG

<sup>2</sup> Pesquisadora, M. Sc., EPAMIG, Bolsista FAPEMIG, Lavras-MG, [tatiana@epamig.ufla.br](mailto:tatiana@epamig.ufla.br)

<sup>3</sup> Pesquisadora, D. Sc., EMBRAPA CAFÉ, Lavras-MG, [helena@epamig.ufla.br](mailto:helena@epamig.ufla.br)

<sup>4</sup> Pesquisadora, D. Sc., EPAMIG, Bolsista FAPEMIG, Lavras-MG, [margarete@epamig.ufla.br](mailto:margarete@epamig.ufla.br)

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos-SP, [bernati@dsr.inpe.br](mailto:bernati@dsr.inpe.br)

<sup>6</sup> Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé – Cooxupé, Guaxupé – MG, [eder@cooxupe.com.br](mailto:eder@cooxupe.com.br)

**RESUMO:** O mapeamento da ocupação da terra constitui uma das mais importantes atividades de geração de dados para gerenciamento e monitoramento de ambientes agrícolas. Pretendeu-se neste trabalho avaliar a exatidão da interpretação visual de uma imagem SPOT 5 no mapeamento do café na região de Guaxupé, tendo como referência dados obtidos em campo, bem como comparar o desempenho de técnicas de mapeamento automático da mesma área em comparação com a interpretação visual, visando a avaliação da viabilidade de aplicação destas técnicas para agilizar o mapeamento do parque cafeeiro na região. Foram trabalhadas imagens SPOT 5 com resolução espacial de 10 metros e de 2,5 metros. A cena foi submetida ao processamento por diferentes métodos de classificação automática para a imagem com resolução de 10 metros e por interpretação visual para a imagem com resolução de 2,5 metros. Dados obtidos em campo foram tomados como referência para obtenção de índices de exatidão do mapeamento. Foram estratificadas as classes café, mata e outros usos, sendo esta última oriunda do agrupamento dos demais tipos de vegetação como culturas anuais, pastagens, solo exposto, áreas urbanas, etc. Os índices utilizados foram calculados de maneira a permitir a avaliação da exatidão global da classificação e também individualmente para a classe café.

**Palavras-chave:** cafeicultura, sensoriamento remoto, interpretação visual, classificação automática, acurácia, mapeamento do uso da terra, imagem SPOT.

## EVALUATION OF AUTOMATIC CLASSIFIERS FOR MAPPING COFFEE AREAS OF THE REGION OF GUAXUPÉ, MINAS GERAIS<sup>1</sup>

**ABSTRACT.** Remote sensing is nowadays one of the most important sources of information about the Earth surface, providing data required for territorial organization and mapping. In agriculture, it is used especially in agroecological zoning and agricultural and land use planning. This work evaluates the use of a SPOT 5 image in mapping coffee occupation in the region of Guaxupé. Visual image interpretation and automatic classification were compared and field data were used to evaluate the accuracy of the maps obtained. The different land use and land cover classes identified were grouped in the classes: Coffee, Forest and Other uses. The results showed that none of the automatic classification methods were efficient in mapping the coffee lands of Guaxupé. Therefore, the mapping of coffee areas still relies heavily on visual interpretation techniques, which include subjective criteria such as simultaneous observation of the recognition elements like tone, colour, texture, shape, size, pattern, shadow and association of evidence.

**Key Words:** coffee, remote sensing, visual interpretation, automatic classification, accuracy, land use mapping, SPOT images.

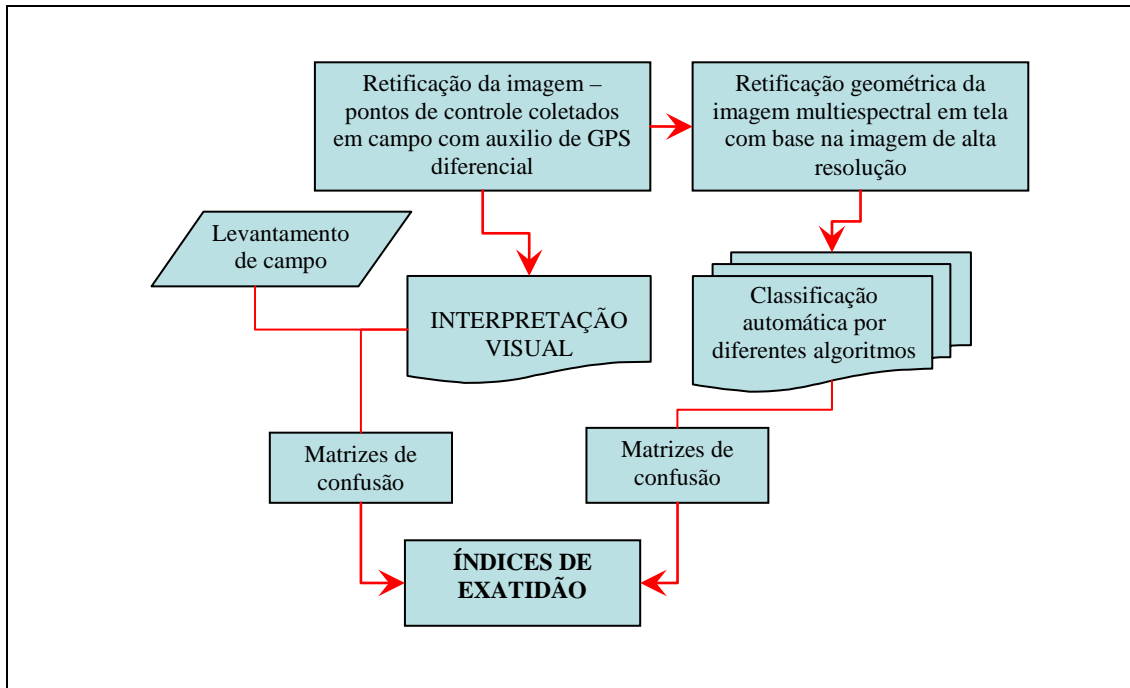
### INTRODUÇÃO

O mapeamento da ocupação da terra constitui uma das mais importantes atividades de geração de informações para gerenciamento e monitoramento de ambientes agrícolas. O crescimento da oferta de produtos de sensoriamento remoto aliado ao desenvolvimento de sistemas de hardware tem permitido o incremento do monitoramento de ambientes agrícolas.

A caracterização de ambientes agrícolas por meio de ferramentas atuais, como o sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica, constitui uma nova forma de geração de informações que auxiliam no planejamento e gestão destes sistemas. Imagens orbitais representam uma boa opção na coleta de dados sobre a superfície terrestre reduzindo custo e tempo necessários à sua realização. O processamento de imagens de satélite para fins de mapeamento



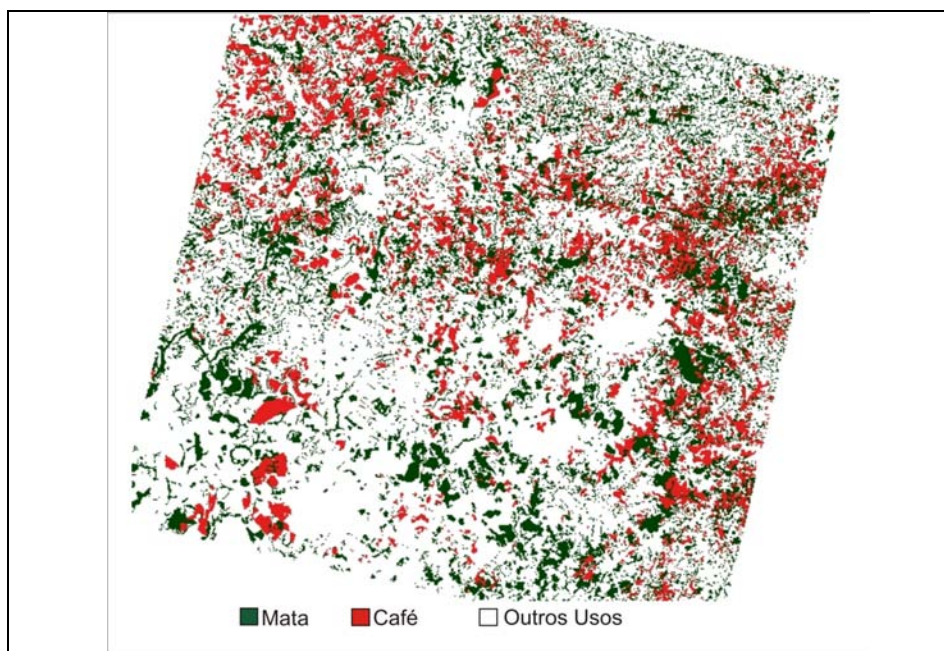
Dados obtidos no campo foram tomados como referência para a geração de matrizes de confusão e obtenção de índices de exatidão do mapeamento. Foram estratificadas as classes café, mata e outros usos, sendo esta última oriunda do agrupamento de culturas anuais, pastagens, solo exposto, áreas urbanas, etc. Os índices utilizados foram calculados de maneira a permitir a avaliação da exatidão global da classificação e também individualmente para a classe café. O fluxograma abaixo (Figura 2), mostra a metodologia utilizada para obtenção do índice de exatidão.



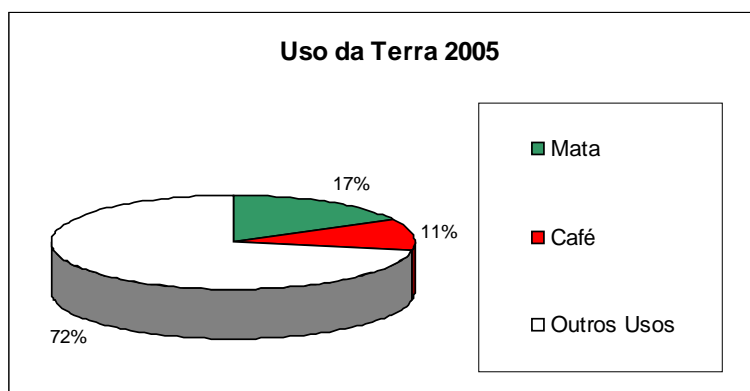
**Figura 2** - Fluxograma de atividades desenvolvidas para obtenção de índices de exatidão do mapeamento do parque cafeeiro na região de Guaxupé.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 e o gráfico da Figura 4 mostram, respectivamente, a imagem SPOT 2,5 m interpretada visualmente com suas respectivas classes de uso da terra, e a quantificação das áreas.



**Figura 3** - Classificação pela interpretação visual.



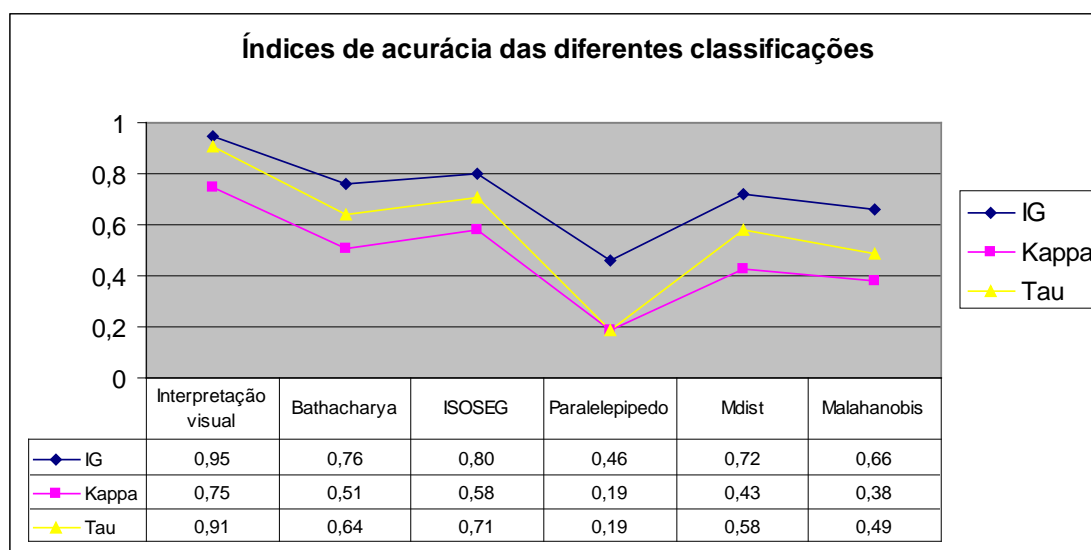
**Figura 4** - Quantificação do Uso da Terra da Região de Guaxupé.

Realizada a classificação da imagem, foi preciso utilizar procedimentos estatísticos para definir a acurácia dos mapeamentos. A acurácia avalia o posicionamento da distribuição espacial de uma classe temática em relação à realidade no campo (Bernardes, 2006).

O quadro apresentado na Figura 5 mostra o comportamento de diferentes índices adotados para avaliação da acurácia de simulações e estimativas de dados em relação a um conjunto de referência: Índice Global (IG), Kappa e Tau. Segundo Brites (1996), o índice global superestima a classificação e sempre resultará em valores mais altos do que os outros índices. O índice Kappa, ao calcular a concordância casual, inclui os elementos da diagonal principal, fazendo com que esta concordância seja superestimada, reduzindo o valor do índice. Segundo Ma e Redmond (1995) o índice Tau não superestima como IG e não subestima como o Kappa, sendo o índice mais adequado na avaliação do mapeamento.

Conforme observado na Figura 5, a interpretação visual apresentou maior acerto no mapeamento da cultura cafeeira do que qualquer um dos métodos de interpretação automática.

Considerando-se a alta resolução espacial da imagem SPOT 5, ou seja, um *pixel* capaz de identificar objetos de até 2,5 metros, era de se esperar que a interpretação visual desta imagem proporcionasse uma exatidão próxima de 100%, já que a identificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal pode ser feita de maneira bem mais precisa do que com produtos de sensoriamento remoto em uso atualmente. No entanto, o índice Tau encontrado indica uma exatidão de 91%. Isto é explicado pela complexidade do padrão espectral de áreas cafeeiras na imagem, corroborado por Epiphanyo e Formaggio(1994).



**Figura 5** - Índices de exatidão calculados para as classificações realizadas.

Na cafeicultura dessa região são praticados diversos tipos de manejo e têm-se plantios de culturas desde a escala da subsistência, passando pelas pequenas e médias organizações rurais, até as grandes empresas agroindustriais. Deste modo, produz-se um cenário de grande complexidade a ser mapeado, onde o elenco de alternativas eventualmente

possíveis, de ocupação e uso das terras é muito variado. Outro problema que dificulta o mapeamento de áreas cafeeiras, utilizando imagens de satélite é a ambigüidade espectral entre as classes temáticas de café e mata. Estes erros, devido ao ambiente em que a cultura está inserida, podem ser inferidos pela análise de índices de exatidão específicos para cada classe do mapeamento, neste caso os erros e omissão e comissão para a classe café.

Conforme observado na Tabela 1 os erros de omissão para a interpretação visual da classe café indicam que 14% das áreas reais de café foram mapeados como outros usos, enquanto 86% foram corretamente mapeados. Estes 14% correspondem realmente a confusões na interpretação decorrentes de similaridades entre as classes café e mata, sobretudo em áreas de relevo acidentado e onde as duas classes ocorrem intercaladas. As diferenças decorrentes da defasagem de tempo entre a imagem e a coleta de dados de campo podem ser observadas principalmente pelos erros de comissão, os quais indicam que 29% das áreas de café mapeadas, na verdade, correspondem a outros usos.

**Tabela 1** - Parâmetros indicativos da exatidão dos mapeamentos como um todo e para a classe café.

Classificação	IG	Kappa	Tau	A <sub>usuário</sub>	E <sub>comissão</sub>	A <sub>produtor</sub>	E <sub>omissão</sub>
Interpret. visual	0,95	0,75	0,91	0,71	0,29	0,86	0,14
Bathacharya	0,76	0,51	0,64	0,28	0,72	0,52	0,48
Isoseg	0,80	0,58	0,71	0,58	0,42	0,48	0,52
Paralelepipedo	0,46	0,19	0,19	0,22	0,78	0,77	0,23
Mdist	0,72	0,43	0,58	0,27	0,73	0,78	0,22
Malahanobis	0,66	0,38	0,49	0,23	0,77	0,83	0,17

Dentre as classificações automáticas o algoritmo Isoseg apresentou o melhor desempenho, com um coeficiente Tau de aproximadamente 71%. O Isoseg é um algoritmo de classificação não supervisionado que utiliza as estatísticas das regiões e calcula uma distância limite para agregá-las a uma classe (Bins *et al.*, 1993). Estes resultados corroboram com a literatura no sentido que os métodos de classificação automática baseada em regiões produzem resultados mais precisos (Vasconcelos e Novo, 2004). Esta evidência deve-se ao fato de que os classificadores por regiões não se baseiam apenas no valor de nível de cinza do *pixel*, como é o caso dos classificadores por *pixel*. Os classificadores por região, usados neste trabalho, utilizam o valor médio dos níveis de cinza de cada região e a matriz de covariância como critério de decisão para a classificação (Pereira, 2003).

Numa análise somente da classe café, o coeficiente Tau para o Isoseg é de 48%, o que corresponde à acurácia do produtor. Ainda assim, devido as dificuldades explicitadas anteriormente relativas ao comportamento da cultura cafeeira em imagens orbitais, esta constitui a melhor alternativa para mapeamento automático do café até o momento, concordando com diversos trabalhos realizados com este objetivo.

É importante ressaltar a necessidade de uma análise integrada de todos os índices para escolha da melhor classificação. Quando se deseja avaliar a exatidão de mapeamento para todas as classes de uso existentes, os índices de acurácia (IG, Kappa ou Tau) são indicados. Quando se tem interesse numa classe específica deve-se lançar mão dos erros de omissão e comissão, os quais apontam a acurácia do produtor e consumidor. A acurácia do produtor dá um bom indício da qualidade do mapeamento explicitando a porcentagem de área mapeada de uma classe que corresponde ao real. Então, se toda a área fosse mapeada como café haveria um acerto de 100% com relação ao real, porém uma grande porcentagem corresponderia a erros de comissão, ou seja, áreas que não são café, mas que foram mapeadas como tal.

Daí a explicação de classificadores como Mahalanobis, Mínima Distância e Paralelepípedo, com erros de omissão até inferiores àqueles obtidos pelo Isoseg, mas que superestimam as áreas de café. Assim, grande parte dessas áreas mapeadas como café corresponde a outros tipos de cobertura no campo (erros de comissão). Sob esta ótica, a melhor classificação automática realizada recai sobre o algoritmo Isoseg, que apresentou os menores erros de omissão e de comissão (o que equivale ao mesmo que dizer maior acurácia do produtor e usuário).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nenhum dos métodos de interpretação automática da imagem foi adequado para utilização isoladamente no mapeamento da cafeicultura na região de Guaxupé, embora para outras culturas, ou mesmo para a cafeicultura em regiões mais homogêneas, eles vêm sendo utilizados com sucesso. Sendo assim, o mapeamento do café ainda depende fortemente do uso de técnicas de fotointerpretação, as quais incluem critérios subjetivos como a observação simultânea dos elementos de reconhecimento, como tonalidade e cor, textura, forma, tamanho, padrão, sombra e associação de evidências.

Uma alternativa seria a classificação automática da imagem pelo algoritmo Isoseg, e a execução de posteriores ajustes e correções visuais por edição manual, o que reduziria em muito o tempo de trabalho necessário para o mapeamento.

## AGRADECIMENTOS

Ao consórcio Brasileiro de Pesquisas e Desenvolvimento do Café (CBP&D) e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG pelo financiamento dos projetos de pesquisa e bolsas. À Cooperativa Agrícola de Guaxupé (Cooxupé) pela imagem SPOT 5 cedida mediante convênio EPAMIG/COOXUPÉ e apoio na verificação de pontos dúvidas em campo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDES, T. **Caracterização do ambiente agrícola do Complexo Serra Negra por meio de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica.** 2006. 119 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2006.
- BINS, L. S.; ERTHAL, G. J.; FONSECA, L. M. G. **Um método de classificação não supervisionada por regiões.** In: SIBGRAPI, 6, 1993, Recife. 1993, p. 65-68.
- BRITES, R. S. **Verificação da exatidão em classificação de imagens digitais orbitais: efeitos de diferentes estratégias de amostragens e avaliação de índices de exatidão.** 1996. 101 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1996.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling.** *Computers & Graphics*, v.20, n.3, May/June 1996, p.395-403, 1996.
- CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing.** New York: The Guilford Press. 2002. 621 p.
- EPIPHANIO, J. C. N. L., L.; FORMAGGIO, A. R. **Relações entre parâmetros culturais e resposta espectral de cafezais.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, n.3, p.439-447, 1994.
- MA, Z.; REDMOND, R. L. **Tau Coefficients for accuracy assessment of classification of remote sensing data.** *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.61, n.4, p.453-459, 1995.
- PEREIRA, J. L. G. S., M. F. F.; THALES, M. C.; VALENTE, A. M.; OLIVEIRA, R. . **Classificação da cobertura da terra na área do entorno do parque estadual de monte alegre - PA.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 11, 2003, Belo Horizonte/MG. *Anais.* São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 2861 - 2867.
- VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. M. **Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens - fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA.** *Acta Amazônica*, v.34, n.3, 2004, p.487-493, 2004.