

CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE IMAGEM DO SATÉLITE RAPIDEYE PARA O MAPEAMENTO DE ÁREAS CAFEIRAS EM CARMO DE MINAS, MG¹

Katiane Ribeiro Souza²; Tatiana Grossi Chiquiloff Vieira³; Helena Maria Ramos Alves⁴; Margarete Lordelo Volpato⁵; Alves; Liliany Aparecida Pereira dos Anjos⁶; Carolina Gusmão Souza⁷; Livia Naiara Andrade⁸

¹Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D/Café

²Bolsista EMBRAPA CAFÉ – CBP&D/CAFÉ, Lavras-MG, katiane@epamig.ufla.br

³Pesquisadora, M. Sc., EPAMIG, Lavras, MG, Bolsista BIPDT-FAPEMIG, tatiana@epamig.ufla.br

⁴Pesquisadora, Ph. D., EMBRAPA CAFÉ, Brasília, DF, helena@embrapa.br

⁵Pesquisadora, D. Sc., EPAMIG, Lavras, MG, Bolsista BIPDT-FAPEMIG, margarete@epamig.ufla.br

⁶Bolsista BIC-FAPEMIG, Lavras-MG, liliap@comp.ufla.br

⁷Bolsista, M. Sc., EMBRAPA CAFÉ – CBP&D/CAFÉ, Lavras-MG, carolinagusmaosouza@gmail.com

⁸Bolsista, M. Sc., EMBRAPA CAFÉ – CBP&D/CAFÉ, Lavras-MG, livia.naiara.andrade@gmail.com

RESUMO: O mapeamento de áreas cafeeiras é o primeiro passo para estimar a produção e propor modelos de previsão das safras, monitoramento ambiental e planejamento sustentável do agronegócio café. Estudos atuais descrevem metodologias de mapeamentos utilizando imagens de satélite. Recentemente foi lançado o sistema RapidEye, uma constelação de cinco satélites que carregam sensores com resolução espacial de 5 m e possibilidade de revisita na mesma área em períodos de 24 horas a 5,5 dias. O objetivo do presente estudo foi testar metodologias de classificação automática em uma imagem RapidEye visando o mapeamento de áreas cafeeiras em região de relevo fortemente ondulado. A resposta espectral da cafeicultura na imagem RapidEye apresentou-se bastante complexa em função das variáveis culturais e do ambiente. A precisão do mapeamento pelo método MAXVER editado foi considerada boa, com índice Kappa de 73%. A classe temática café foi bem mapeada por esse método. Para melhorar a qualidade do mapeamento automático de áreas cafeeiras é imprescindível o auxílio da interpretação visual e campanhas de campo para conferência da resposta espectral presentes na imagem RapidEye.

Palavras-Chave: Sensoriamento remoto, Classificação, cafeicultura, SIG.

AUTOMATIC CLASSIFICATION OF RAPIDEYE SATELLITE IMAGES TO MAP COFFEE LANDS IN THE AREA OF CARMO DE MINAS – MG¹

ABSTRACT: The mapping of coffee lands is the first step to estimate production and propose crop production forecast models, environmental monitoring and sustainable planning of the coffee agribusiness. State-of-the-art studies describe mapping methodologies that use satellite images. Recently, the satellite system RapidEye - a constellation of five satellites with a unique combination of large area coverage, high spatial resolution (5 m) and the possibility of daily revisit to an area providing for superior management information solutions, have been launched. The aim of this work is to test automatic classification methodologies in a RapidEye image to map coffee lands in an area of undulating relief. Coffee's spectral in the RapidEye image is very complex due to the crop's and to environmental variables. Mapping accuracy of the edited MAXVER classification is considered good, with a Kappa index of 73%. Coffee lands were well mapped by the method. To improve the quality of automatic mapping of coffee lands, visual interpretation and field checks of spectral responses in the RapidEye image are indispensable.

Key words: Remote sensing, classification, coffee production, GIS.

INTRODUÇÃO

A cafeicultura mineira, apesar de sua importância sócio-econômica para o país, necessita ainda de informações básicas como sua extensão e distribuição espacial. O mapeamento de áreas cafeeiras consiste no primeiro passo para estimar a produção e propor modelos de previsão das safras, monitoramento ambiental e planejamento sustentável do agronegócio.

Mapeamentos de áreas agrícolas utilizando processamentos de imagens de satélite têm sido realizados com sucesso, para diferentes culturas. Esses processamentos baseiam-se na classificação visual ou automática de imagens de diferentes satélites com diferentes resoluções espaciais, espectrais e radiométricas.

Na classificação visual, um especialista identifica os objetos na imagem de acordo com seu conhecimento sobre a cultura e o ambiente. Aplicando-se essa metodologia, a cultura cafeeira vem sendo mapeada, com boa precisão, utilizando-se imagens de diferentes satélites das séries Landsat, SPOT e CBERS (Moreira et al., 2004 e 2007; Vieira et

al., 2007a; Vieira et al., 2007b). Entretanto para execução do mapeamento visual é necessário dispor de especialistas bem treinados e muitas horas de trabalho.

Na classificação automática essas mesmas imagens são rapidamente processadas, porém a precisão do mapeamento de áreas cafeeiras é muito pequena. Isso porque a resposta espectral da cafeicultura é bastante complexa, em função das variáveis culturais e do ambiente em que está inserida (Vieira et al., 2006). Ocorre, frequentemente, o confundimento das áreas ocupadas pela cafeicultura com áreas de vegetação nativa. Bernardes et al. (2007) mostraram que o melhor índice de precisão alcançado com classificação automática numa região de relevo ondulado foi de 38%.

Recentemente foi lançado o sistema RapidEye, uma constelação de cinco satélites que tem como principal diferencial uma combinação única de cobertura de grandes áreas, sensores com a alta resolução espacial de 5m e possibilidade de revisita na mesma área de 24 horas a 5,5 dias. O objetivo do presente estudo foi testar metodologias de classificação automática em uma imagem RapidEye para o mapeamento de áreas cafeeiras em uma região com predomínio de relevo fortemente ondulado do município de Carmo de Minas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar o mapeamento automático de áreas cafeeiras em região de relevo fortemente ondulado selecionou-se uma área de 55,94 km² ao norte do município de Carmo de Minas. Utilizou-se uma imagem RapidEye de 10 de agosto de 2009, com resolução espacial de 5 metros e as bandas espectrais verde (520 - 590 nm), vermelho (630 - 690 nm) e vermelho-próximo (690 - 730 nm) do sensor REIS (RapidEye Earth Imaging System). Essa imagem é comercializada com o pré-processamento de ortorretificação, que é um tipo de correção geométrica de alta precisão. Em um sistema de informações geográficas (SIG) a imagem foi recortada nas coordenadas 45° 12' 49'' W, 22° 5' 28'' S, 45° 5' 56'' W, 22° 2' 57'' S e classificada visualmente e automaticamente.

Para a classificação visual a imagem RapidEye foi processada na composição colorida falsa cor 2B4R3G e interpretada observando-se a tonalidade, cor, forma, textura, tamanho, densidade e padrão dos objetos contidos na imagem. Foram definidas as seguintes classes de uso da terra: Café; Corpos D'água; Mata (formações florestais densas e florestas de galeria às margens dos córregos); Outros usos (áreas com culturas anuais em diversos estágios de desenvolvimento, áreas com plantação de eucalipto, pastagens). As áreas interpretadas com dúvidas foram conferidas tendo como referência o mapeamento realizado por Zanella (2011) na mesma região de estudos, que foi validado no campo e apresentou acurácia elevada (93% de acerto).

Existem diversos classificadores automáticos implementados em SIG. Para o presente estudo foi utilizado o algoritmo *Maximum Likelihood* (classificação por máxima verossimilhança – MAXVER) e o *Minimum Distance* (classificação por mínima distância – MINDIS) do ENVI (*Environment for Visualizing Images*). As amostras para treinamento dos classificadores automáticos foram definidas com base em padrões característicos de cada classe de uso na própria imagem. A imagem classificada pelo método MAXVER foi conferida e reclassificada visualmente utilizando-se as ferramentas de edição.

Os mapas resultantes das classificações automáticas foram cruzados com o mapa da classificação visual visando avaliar o índice de acerto dos classificadores automáticos para a classe temática Café. Foram montadas matrizes de confusão, tendo como referência o mapeamento visual corrigido da imagem RapidEye. A exatidão foi medida pelo índice Kappa descrito em Moreira (2003), que baseia-se na construção de matrizes de erro. O uso deste índice pode ser considerado satisfatório na avaliação da acurácia de uma classificação temática, por levar em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo, inclusive os elementos de fora da diagonal principal, os quais representam as discordâncias na classificação (Bernardes, 2006). Para facilitar o entendimento da análise da acurácia foi preparado o mapa de intersecção entre áreas de café por classificação visual e por classificação automática editada.

A Figura 1 apresenta o fluxograma do processamento da imagem RapidEye nos SIG ENVI 4.7 (ENVI, 2009) e SPRING 5.1.5 (Câmara et al., 1996)

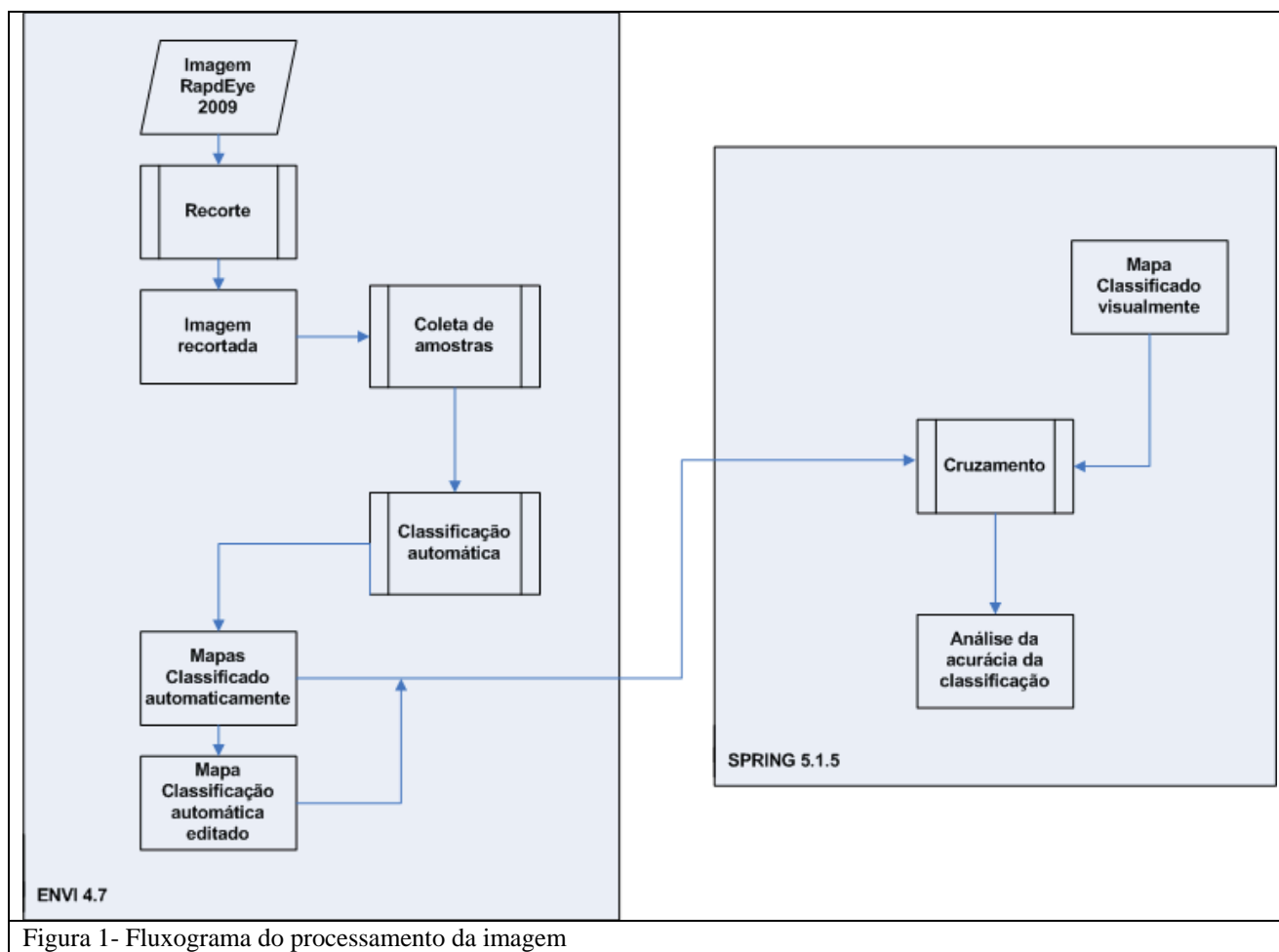


Figura 1- Fluxograma do processamento da imagem

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2, 3, 4 e 5 ilustram os mapas resultantes das classificações visual, automática MAXVER, MINDIS e MAXVER editado.

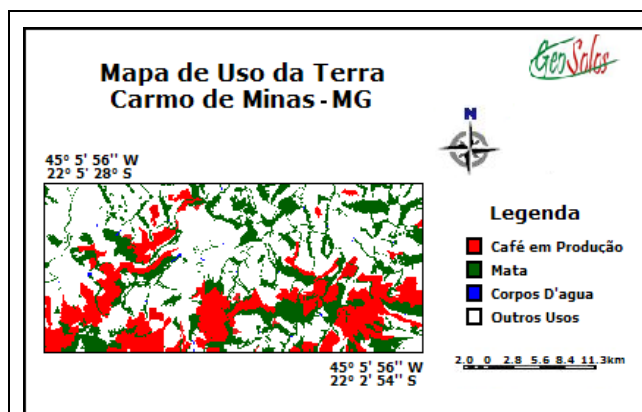


Figura 2: Classificação visual

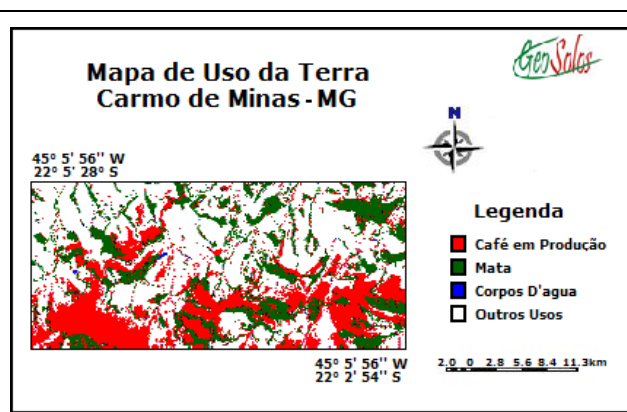


Figura 3: Classificação automática por MAXVER

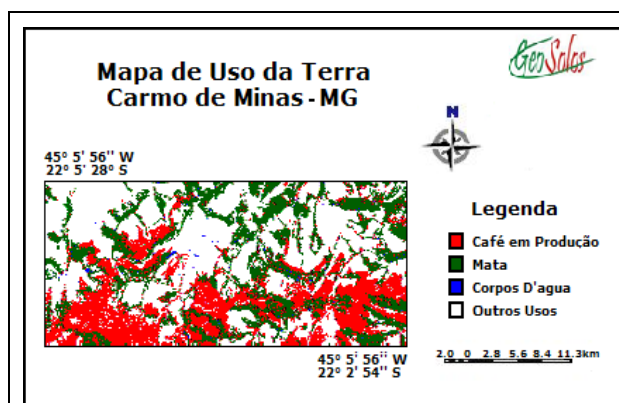


Figura 4: classificação automática por MINDIS

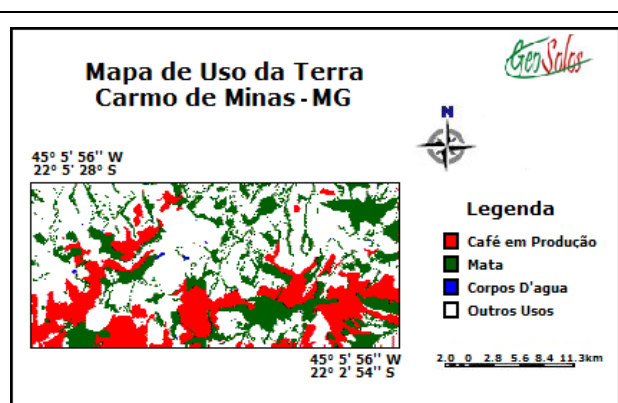


Figura 5: Classificação automática por MAXVER editado

A matriz de confusão, transformada em valores percentuais, mostra os erros cometidos pela classificação automática. Estas matrizes são apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3. Nas linhas estão os dados obtidos pelo mapa classificado visualmente e nas colunas os dados dos mapas classificados automaticamente. Na diagonal destas tabelas vê-se a precisão de cada classe temática. A Tabela 1 apresenta os resultados da classificação MAXVER. A classe temática de maior precisão foi a classe temática Outros Usos, com 85%, seguida pela classe Café com 75%, mata com 63% e Corpos D'água com 45%. A Tabela 2 apresenta a matriz de confusão da classificação automática pelo método MINDIS. A classe de maior precisão foi a classe Outros Usos com 88%, seguida pelas classes Mata e Café, ambas com 59%, e Corpos D'água com 30%. A Tabela 3 apresenta a matriz de confusão do mapa classificado automaticamente pelo método MAXVER editado. A classe de maior precisão também foi a classe Outros Usos com 88%, seguida pela classe Café com 85%, Mata com 75% e Corpos D'água com 54%. Os valores das Tabelas 1, 2 e 3 que estão fora da diagonal principal referem-se aos erros de omissão e de inclusão de cada classe. O erro de inclusão acontece quando uma feição é classificada como uma classe temática que não corresponde à realidade (Leão et al., 2007). Como mostra a Tabela 3 os melhores resultados do mapeamento das áreas de café foram obtidos por meio da classificação MAXVER editado, os erros de inclusão ficaram em 24,8% para a classe Mata, 15,3% para a classe Café, 46,3% para a classe Água e 11,5% para a classe Outros Usos.

A Tabela 4 apresenta o índice Kappa para cada classificador automático seguido da qualidade da classificação proposta por Landis & Kock (1977). Observa-se que para a classificação MAXVER o índice Kappa obteve um resultado de 62%, enquanto que a classificação MINDIS obteve um resultado inferior de 56%. Porém, o melhor índice foi encontrado para a classificação MAXVER editado com 73%. De acordo com Gasparsoro & Fernandes (2001) os índices encontrados são considerados como bons.

O estudo mostrou que as classificações automáticas obtidas ainda estão aquém do desejável. Os resultados estão de acordo com os obtidos por Bernardes et al. (2007) e Souza et al. (2009), que também concluíram que as classificações automáticas, em geral, apresentam coeficientes de exatidão baixos, sobretudo para regiões com relevo acidentado. Contudo, a metodologia de utilização do classificador MAXVER, com posterior edição visual, possibilitou o aumento do índice Kappa para 73%, que para determinados objetivos já é considerado bom.

Tabela 1. Parâmetros estatísticos derivados da matriz de confusão – porcentagem (Classificador MAXVER)

	Mata	Café	Água	Outros Usos
Mata	62.95%	22.80%	0.05%	14.20%
Café	9.30%	75.21%	0.00%	15.49%
Água	18.80%	2.13%	44.91%	34.17%
Outros Usos	6.26%	8.73%	0.03%	84.98%

Tabela 2. Parâmetros estatísticos derivados da matriz de confusão – porcentagem (Classificador MINDIS)

	Mata	Café	Água	Outros Usos
Mata	59.28%	8.88%	0.16%	31.69%
Café	23.61%	59.24%	0.01%	17.13%
Água	34.08%	3.35%	30.20%	32.38%
Outros Usos	5.90%	6.35%	0.06%	87.69%

Tabela 3. Parâmetros estatísticos derivados da matriz de confusão – porcentagem (Classificador MAXVER editado)

	Mata	Café	Água	Outros Usos
--	------	------	------	-------------

Mata	75.20%	10.04%	0.06%	14.70%
Café	5.22%	84.73%	0.00%	10.06%
Água	14.37%	0.00%	53.66%	31.97%
Outros Usos	9.00%	2.47%	0.05%	88.48%

Tabela 4: Índice Kappa para cada classificador automático seguido da qualidade da classificação.

CLASSIFICADORES			
	MAXVER	MINDIS	MAXVER editado
ÍNDICE KAPPA	0,62	0,56	0,73
QUALIDADE*	boa	boa	boa

* Segundo Gasparsoro & Fernandes (2001).

A Figura 6 mostra o mapa de intersecção entre áreas cafeeiras classificadas visualmente e classificadas automaticamente pelo método MAXVER editado. Observa-se que as áreas em verde escuro foram classificadas corretamente, as áreas em vermelho foram classificadas como café, porém pertenciam a outras classes. As áreas em verde claro são áreas cafeeiras não identificadas automaticamente. A Figura 7 mostra os resultados percentuais do mapa de intersecção. Observa-se que 71% foram classificadas corretamente pelo método MAXVER editado e 15% foram classificados incorretamente.

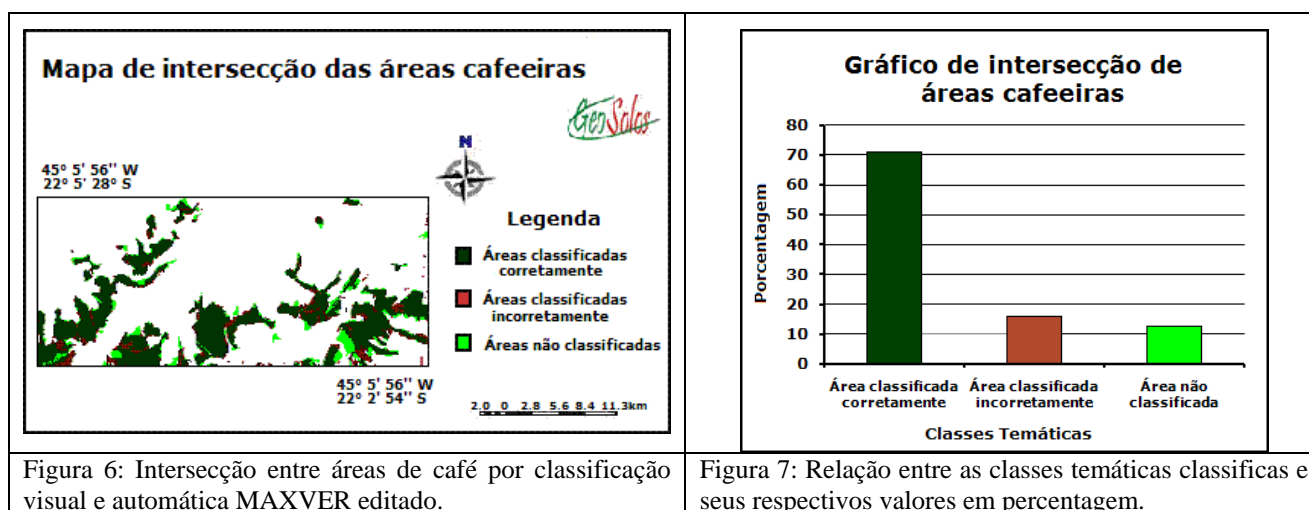


Figura 6: Intersecção entre áreas de café por classificação visual e automática MAXVER editado.

Figura 7: Relação entre as classes temáticas classificadas e seus respectivos valores em percentagem.

CONCLUSÕES

A resposta espectral da cafeicultura na imagem RapidEye apresentou-se bastante complexa na região de Carmo de Minas, MG, em função das variáveis culturais e do ambiente com relevo fortemente ondulado.

A precisão do mapeamento do uso da terra na região de estudo, utilizando-se a classificação automática supervisionada das imagens RapidEye, pelo método MAXVER editado foi considerada boa, com índice Kappa de 73%. A classe temática café foi bem mapeada por esse método.

Para melhorar a qualidade do mapeamento de áreas cafeeiras, utilizando imagens RapidEye é imprescindível a interpretação a visual e campanhas de campo para conferência da resposta espectral presentes na imagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio do Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D/Café, à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA CAFÉ, à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDES, T. **Caracterização do ambiente agrícola do complexo Serra Negra por meio de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográfica**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras. 119 p, 2006.
- BERNARDES, T., ALVES, H.M.R., VIEIRA, T.G.C. e ANDRADE, H. Avaliação da acurácia do mapeamento do uso da terra no complexo Serra Negra, Patrocínio, MG, por interpretação visual e classificação automática de imagens

- Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais**. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.10.39/doc/5587-5594.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2011.
- CAMARA, G., SOUZA, R.C.M., FREITAS, U.M., GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, London, v.20, n.3, p.395-403, May-Jun. 1996.
- ENVI - Environment for Visualizing Images – *ITT Vision information solution*, V. 4.7, 2009.
- LANDS, J.R. e KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington, v.33, p.159-154, 1977.
- GALPARSORO, L.U. e FERNÁNDEZ, S.P. Medidas de concordância: El índice Kappa. CAD Aten Primaria, p. 169-171, 21 out. 2008. Disponível em: <<http://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa.htm>>. Acesso em: 3 mar. 2011.
- LEÃO, C., KRUG, L.A., KAMPEL, M.; FONSECA, L.M.G. Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos. P.939-946.
- MOREIRA, M.A., ADAMI, M. e RUDORFF, B.F.T. Análise espectral e temporal da cultura do café em imagens Landsat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.223-231, 2004.
- SOUZA, V.C.O., VIEIRA, T.G.C., ALVES, H.M.R., VOLPATO, M.M.L. Análise e classificação textural de áreas de mata e café na região de Machado – MG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2009, Natal. **Anais**. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.12.../7925-7932.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2011.
- VIEIRA, T.G.C., ALVES, H.M.R., LACERDA, M.P.C., VEIGA, R.D. e EPIPHANIO, J.C.N. Crop parameters and spectral response of coffee (*Coffea Arabica L.*) areas within the state of Minas Gerais, Brazil. **Coffee Science**, v.1, p.111-118, 2006.
- VIEIRA, T.G.C., ALVES, H.M.R., BERTOLDO, M.A. e SOUZA, V.C.O. Geotechnologies in the assessment of land use changes in coffee regions of the state of Minas Gerais in Brazil. **Coffee Science**, v.2, p.142-149, 2007a.
- VIEIRA, T.G.C., ALVES, H.M.R., VOLPATO, M.M.L., SOUZA, V.C.O. e BERNARDES, T. Sistema de geoinformação para a cafeicultura do Sul de Minas. **Informe Agropecuário** v.28, n.241, Nov./dez., p.16-26, 2007b.
- ZANELLA, L. **Análise da interferência antrópica na fragmentação da mata atlântica e modelos de simulação da paisagem na microrregião da Serra da Mantiqueira do Estado de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada). Universidade Federal de Lavras, Lavras. 116 p, 2011.