



CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS LANDSAT-5/TM E CBERS-2B/CCD PARA MAPEAMENTO DO PARQUE CAFEIEIRO, VILA VALÉRIO, ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Fabrizio Moulin Mota¹, Lucas Rosa Pereira¹, Giseli Sampaio Marcilio¹, João Batista Esteves Pelúzio², Jéferson Luiz Ferrari²

¹ Tecnólogo em Cafeicultura pelo Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Alegre - ES - Brasil (fmoulinmota@hotmail.com)

² Professor do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Alegre - ES - Brasil

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

O mapeamento agrícola assume especial importância para o planejamento estratégico de uma região. Este trabalho teve como objetivo dimensionar a área ocupada com a cultura do café no município de Vila Valério, ES, Brasil, utilizando técnicas de fotointerpretação aerofotogramétrica e classificação supervisionada de imagens digitais orbitais. A fotointerpretação foi realizada em tela, na escala cartográfica 1:2.000, utilizando aerofotos da região (resolução espacial 1x1m), e a classificação por máxima verossimilhança em imagens dos satélites Landsat-5/TM e Cbers-2B/CCD. Os resultados das classificações foram comparados com o levantamento aerofotogramétrico e avaliados sua precisão e exatidão por meio dos índices exatidão global, Kappa e erros de inclusão e omissão. Os resultados da fotointerpretação revelam que o município possui 26,01% de seu território ocupado pela cafeicultura, o que representa 120,70 km² (12.070 ha), com lavouras amplamente distribuídas em todos os quadrantes do município. As classificações demonstraram que apesar de agilizarem o mapeamento do parque cafeeiro da região apresentam baixos valores de exatidão (exatidão global 0,683 e 0,500 e Kappa de 0,326 e de 0,219, respectivamente, para as imagens Landsat-5/TM e Cbers-2B/CCD). Com relação a precisão notou-se erros de inclusão para a classe café na ordem de 132,57 km² (13.257 ha) e de 175,87 km² (17.587 ha), respectivamente, nas imagens Landsat-5/TM e Cbers-2B/CCD.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, fotointerpretação, máxima verossimilhança, *Coffea sp*

CLASSIFICATION IN IMAGES LANDSAT-5/TM CBERS-2B/CCD OF COFFEE FOR PARK MAPPING OF THE VILA VALÉRIO, ESPÍRITO SANTO, BRAZIL

ABSTRACT

The agricultural mapping has particular importance to the strategic planning of a region. The aim was to scale the area occupied by the coffee culture in the municipality of Vila Valério, Espírito Santo, Brazil, using aerophotogrammetric interpretation techniques and supervised classification of orbital digital images. The

screen was performed in photointerpretation, cartographic scale 1:2,000, using aerial photographs of the region (spatial resolution 1x1m), and classification by maximum likelihood on satellite images of the Landsat-5/TM and Cbers-2B/CCD. The results of the classifications were compared with aerial photographs and assessed yours precision and accuracy by indices overall accuracy and Kappa, errors of inclusion and omission errors. The results reveal that Vila Valerio has 26.01% of its territory occupied by coffee, which is 120.70 km² (12.070 ha), crops with widely distributed in all quadrants of the city. The ratings show that despite the possibility of speeding up the mapping of coffee plantations in the region, have low values of accuracy (overall accuracy of 0.683 and 0.500, and Kappa of 0.219 and 0.326, respectively, for images and Landsat-5/TM Cbers-2B/CCD). In relation to the precision, there were errors of inclusion for the class coffee in order of 132.57 km² (13.257 ha) and 175.87 km² (17.587 ha), respectively, for the Landsat-5/TM and Cbers-2B/CCD.

KEYWORDS: Remote Sensing, photointerpretation, maximum likelihood, *Coffea sp*

INTRODUÇÃO

Favorecida por fatores climáticos e edáficos a cafeicultura é uma atividade bem sucedida no Brasil, sendo o País considerado o maior produtor e exportador do mundo, além de ser o segundo maior consumidor. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013), a safra estimada para o ano de 2013, numa área 2.375,79 mil ha, corresponde a 46,98 e 50,16 milhões de sacas beneficiadas para as espécies *Coffea arábica* (café arábica) e *Coffea canephora* (café conilon), respectivamente.

No estado do Espírito Santo, a cafeicultura se faz presente em quase todos os 78 municípios, ranqueando o estado como o maior produtor de café conilon do Brasil, com 77,30% de participação (CONAB, 2013). O município de Vila Valério figura como o maior produtor do Estado desta espécie.

Conhecer as áreas ocupadas com tal atividade agrícola é primordial tanto para os gestores deste agronegócio como para os profissionais ligados diretamente à atividade (produtores, pesquisadores, etc).

O uso de geotecnologias neste sentido é de relevante importância (LIU, 2007). Sem o caráter excludente, o sensoriamento remoto suborbital e orbital associado aos sistemas de informação geográfica constituem-se alternativas viáveis para a realização desses mapeamentos, onde as imagens dos sensores Landsat-5/TM e Cbers-2B/CCD destacam-se nos estudos voltados para a cobertura e observação dos recursos terrestres, seja por meio de técnicas de interpretação visual ou por classificação de imagens digitais (JENSEN, 2009 e MOREIRA, 2009).

Dentre as diversas técnicas de classificação, uma das mais utilizadas é a classificação supervisionada por máxima verossimilhança (LIU, 2007; JENSEN, 2009). O classificador por máxima verossimilhança realiza o processo por meio de reconhecimento dos padrões espectrais na imagem, se faz com base nas amostras de áreas de treinamento que são fornecidas ao sistema de classificação pelo analista. Este classificador baseia-se nos valores radiométricos dos *pixels* e nos parâmetros da distribuição Gaussiana de cada uma das classes de treinamento (LIU, 2007; JENSEN, 2009).

Entretanto, para o seu uso ser recomendado é necessário que se conheça a grau de exatidão e de precisão da classificação. De acordo Moreira (2009), a exatidão significa o nível elevado de reconhecimento dos *pixels* classificados; enquanto que a precisão refere-se aos resultados das áreas classificadas com as

áreas mapeadas.

Este trabalho teve como objetivo dimensionar a área ocupada com a cultura do café no município de Vila Valério, ES, Brasil, utilizando técnicas de fotointerpretação aerofotogramétrica e classificação supervisionada por máxima verossimilhança de imagens digitais orbitais dos satélites Landsat-5/TM e Cbers-2B/CCD.

MATERIAL E METODOS

Caracterização da área de estudo

O município de Vila Valério está localizado ao Norte do estado do Espírito Santo, compreendido nas coordenadas geográficas centrais Lat. 19°03'01S e Long. 40°21'02"W (Figura 1).

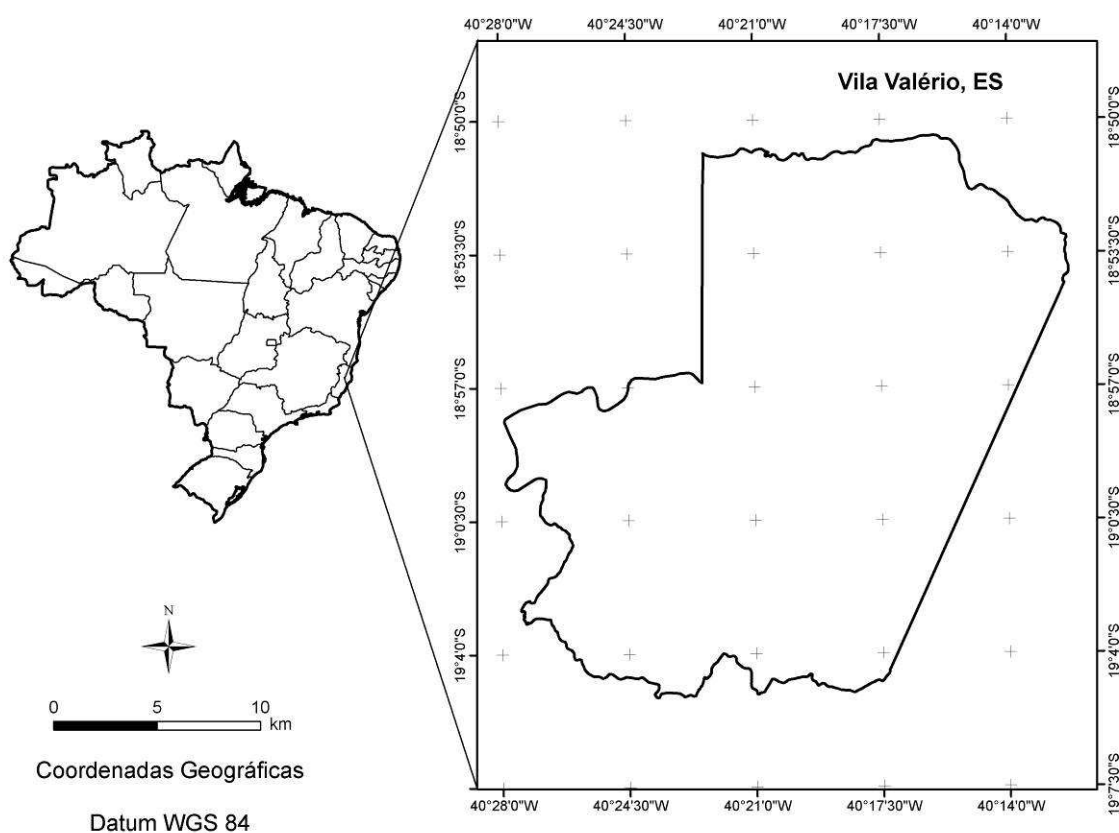


FIGURA 1 – Localização do município de Vila Valério, Espírito Santo, em relação ao Brasil

De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), o município tem uma população de 13.830 habitantes, com uma área de 464,387 km² e distante da capital (Vitória) cerca de 240 km.

Vila Valério se destaca no cenário capixaba tanto na produção de café conilon como também nos cultivos de eucalipto, pimenta do reino e coco.

Procedimentos metodológicos para a fotointerpretação do parque cafeeiro

Foram utilizadas ortofotos provenientes do aerolevanteamento fotogramétrico do estado do Espírito Santo, referente a Julho de 2007, cedidas pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente (IEMA, 2007). As ortofotos apresentam resolução espacial de 1x1m e resolução espectral nos intervalos do visível (0,45 – 0,69

µm), na escala de 1:35.000.

Foi utilizado o programa computacional *ArcGIS® 10.0* para a realização da fotointerpretação na escala cartográfica de 1:2.000, conforme recomenda Santos et al. (2010).

Foi também realizada após o processo da fotointerpretação, a verificação de margem de erro, em que foram vistoriados 114 pontos com *buffer* de 300 m, distribuídos de forma aleatória.

Em seguida, os polígonos fotointerpretados foram dissolvidos em uma única classe a fim de obter a quantificação da área ocupada pela cultura do café.

O fluxograma contendo as operações envolvidas no processo de fotointerpretação e mapeamento do café encontra-se na Figura 2.

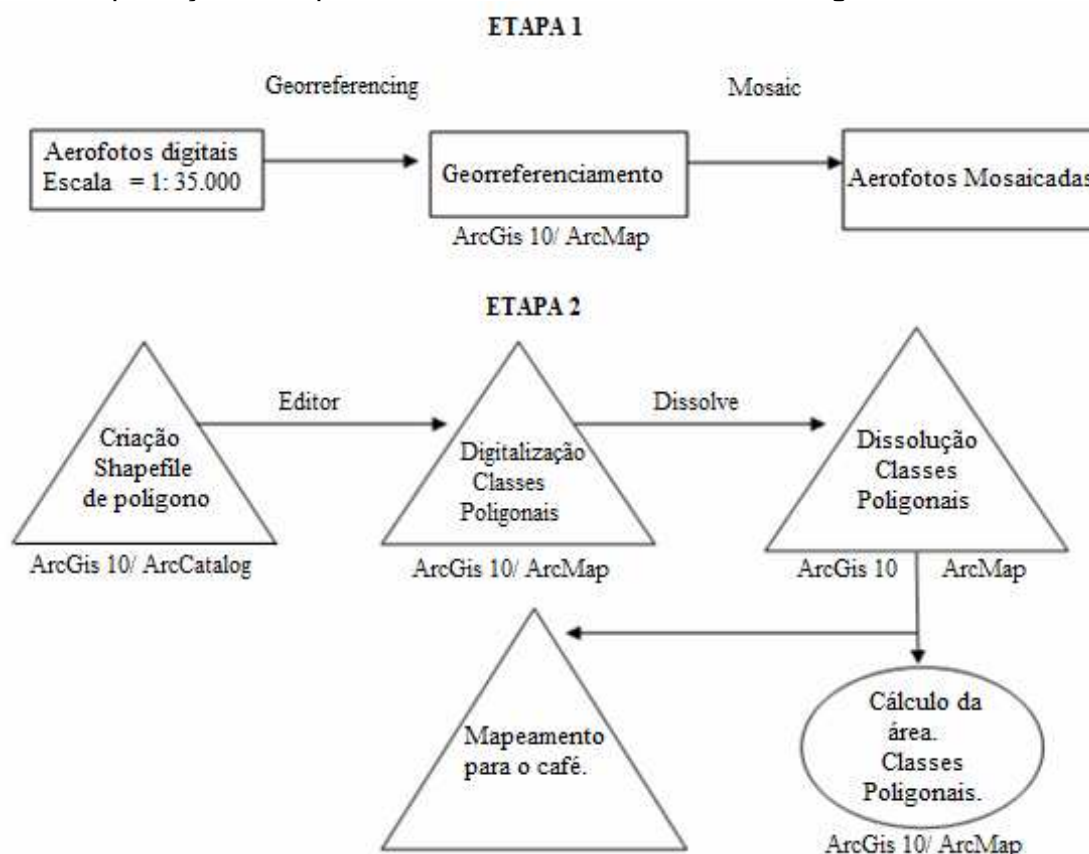


Figura 2 - Procedimentos realizados para mapeamento do parque cafeeiro de Vila Valério, ES, Brasil

Procedimentos metodológicos para a classificação das imagens

As imagens orbitais Landsat-5/TM e Cbers-2B/CCD foram adquiridas no website do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) por meio do endereço www.dgi.inpe.gov.br. Na Tabela 1 são apresentadas as informações das imagens.

TABELA 1 - Características das imagens digitais orbitais utilizadas

Imagens	Resolução			Órbita	Ponto	Data de passagem
	Espacial	Temporal	Radiométrica			
Landsat-5/TM	30 m	16 dias	8 bits	216	73	27.8.2007
Cbers-2B/CCD	20 m	5 dias	8 bits	149	121	25.7.2007

Fonte: Adaptado de Inpe (2012)

A escolha destas imagens foi norteada pela data de maior proximidade com a data do levantamento aerofotogramétrico do município de Vila Valério. O rigor na seleção das imagens, quanto à presença de nuvens, foi de 10%.

No programa computacional *ArcGIS®* 10.0 foram realizadas as seguintes operações:

1 - Correções geométricas das imagens Landsat-5/TM e Cbers-2B/CCD por meio do comando *Georeferencing, Add Control Point=Auto adjust*, tendo como referência pontos de coordenadas conhecidas do levantamento aerofotogramétrico (IEMA, 2007). Os erros médios quadráticos (EMQ) estimados foram sempre menores do que o das dimensões dos pixels (20 x 20 m nas imagens do Cbers-2B-CCD) e (30 x 30 m nas imagens do Landsat-5-TM 30 x 30 m). O erro máximo admitido foi sempre menor do que um pixel, tanto na direção horizontal quanto na vertical;

2 - Recorte dos planos de informação tendo como referência o limite do município de Vila Valério, arquivo vetorial obtido junto ao Instituto Jones Santos Neves (IJSN, 2011);

3 - Coleta de 120 amostras das classes café e não café (60 amostras para cada classe) visando o treinamento do algoritmo máxima verossimilhança;

4 - Classificação por máxima verossimilhança utilizando a ferramenta *Create Signatures* do módulo *Spatial Analyst Tools*; e

5 - Geração dos mapeamentos temáticos do parque cafeeiro nas duas imagens.

Para avaliar a exatidão das classificações obtidas pelo algoritmo de máxima verossimilhança nas imagens Landsat-5/TM e Cbers-2B/CCD foram geradas matrizes de confusão tomando como referência o uso e cobertura da terra retratada pelas ortofotos do aerolevanteamento fotogramétrico do município (resolução espacial de 1 m). Foram utilizadas as métricas de exatidão global e índice Kappa (CONGALTON & GREEN, 1998), conforme os níveis de aceitação mostrados na Tabela 2.

TABELA 2 – Intervalos de aceitação dos resultados dos índices Kappa

Índice Kappa (K)	Características
$K < 0,2$	Ruim
$0,2 < K < 0,4$	Razoável
$0,4 < K < 0,6$	Bom
$0,6 < K < 0,8$	Muito bom
$K > 0,8$	Excelente

Fonte: Landis & Koch (1977) citado por Congalton e Green (1998)

Para a avaliação da precisão das classificações foi utilizado os erros de inclusão (EI) e erros de omissão (EO), conforme descreve Moreira (2009).

A diferença estatística entre os resultados de Kappa obtidos nas duas classificações foi mensurada pelo teste Z com valores de $p < 0,05$.

O fluxograma contendo as operações envolvidas no processo da classificação supervisionada encontra-se na Figura 3.

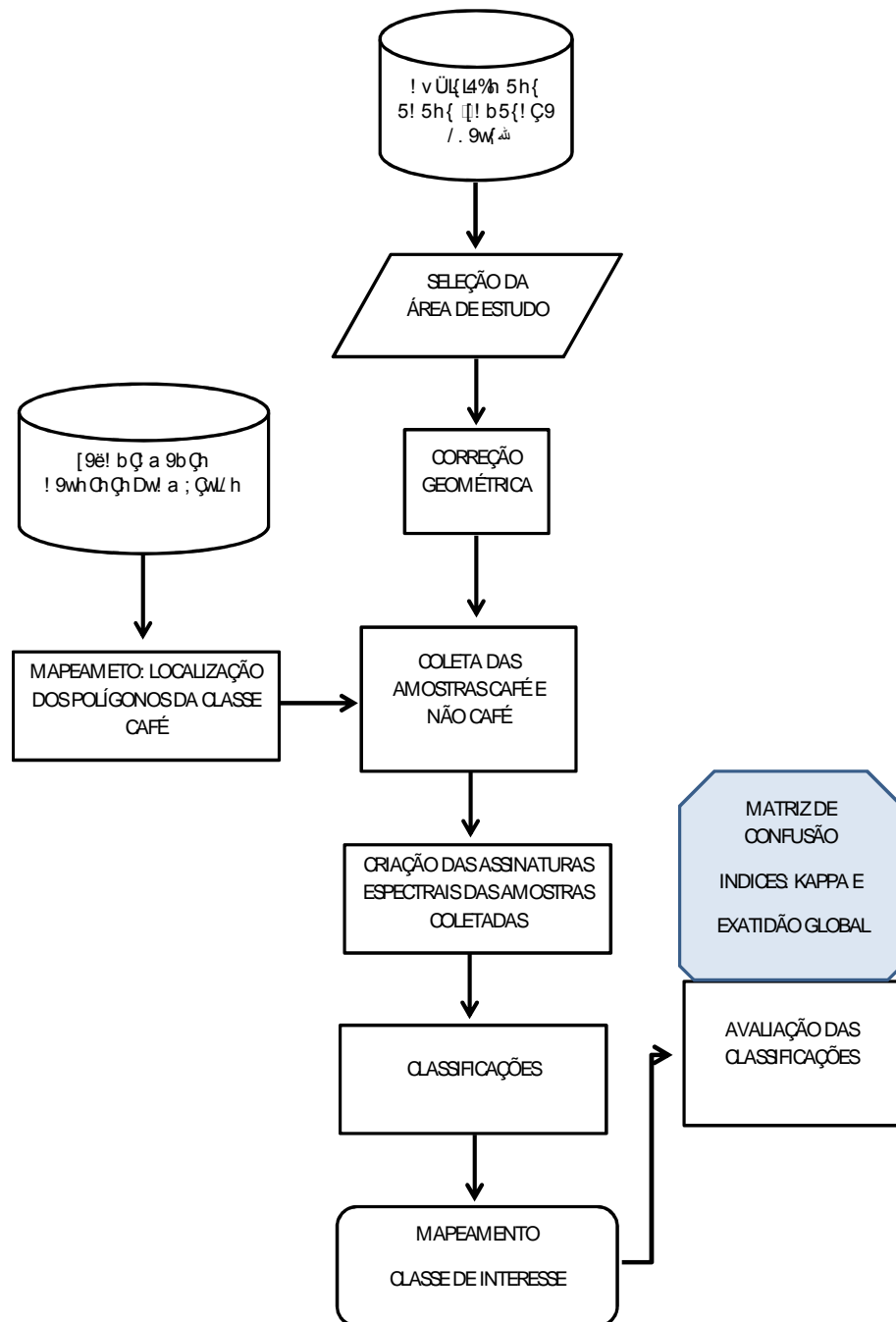


FIGURA 3 - Fluxograma das etapas de classificação

Neste trabalho não foi realizada a correção da interferência da atmosfera nos dados, embora seja importante. Segundo Song et al. (2001), a correção atmosférica não é necessária quando se realiza a classificação de imagens de uma única data como ocorrido neste trabalho, uma vez que não há o deslocamento dos eixos (bandas) no espaço bidimensional, não alterando desta forma a posição relativa entre as classes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mapeamento do parque cafeeiro

Na Figura 4 é apresentado o mapeamento da área total do parque cafeeiro obtido pela fotointerpretação. Nota-se que a área ocupada por café no município é

de 120,70 km² (12.070 ha) com um perímetro de 2.207,95 km.

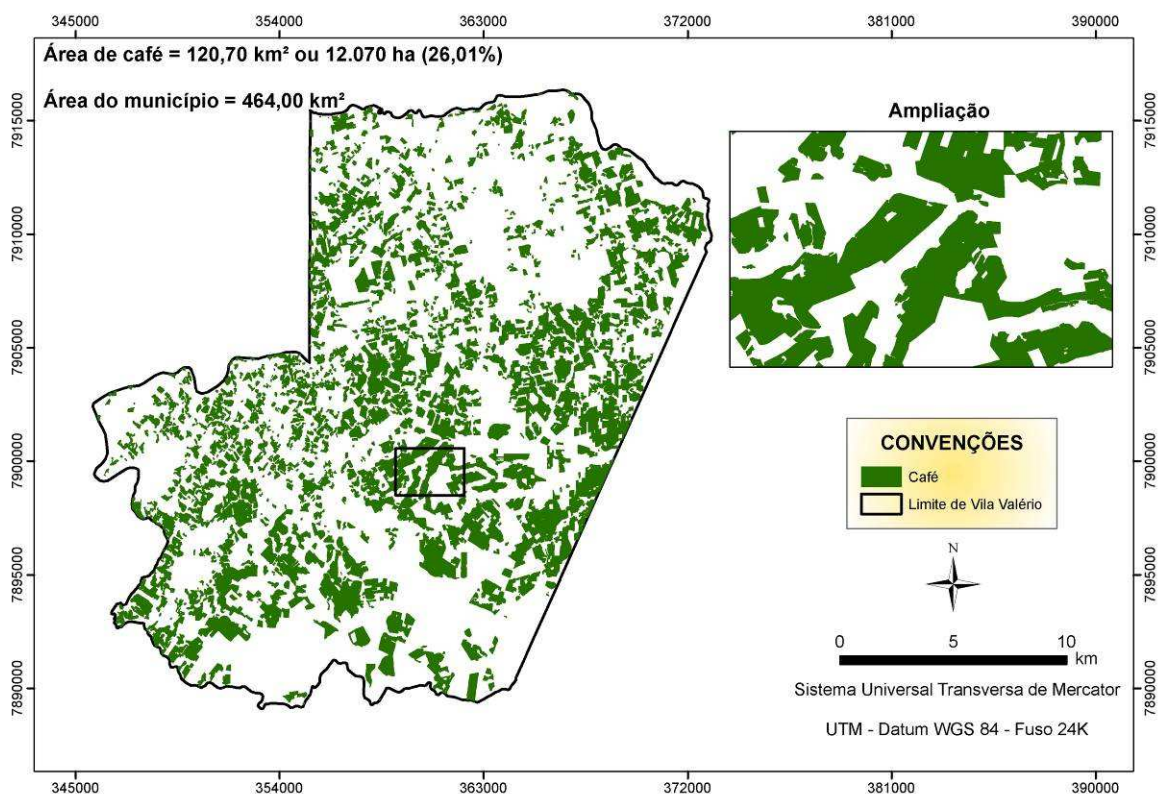


FIGURA 4 - Mapeamento do parque cafeeiro de Vila Valério, ES, Brasil

O trabalho de fotointerpretação resultou na composição de 1.970 fragmentos que foram dissolvidos de modo a obter o resultado supracitado.

Os resultados desta pesquisa revelam que as lavouras de café estão distribuídas de forma homogênea nos quatro quadrantes do território do município.

Na Tabela 3 encontram-se os resultados de erros em porcentagens relacionados à fotointerpretação. Observa-se que a fotointerpretação resultou num erro muito pequeno, de 2,63% (Tabela 3).

TABELA 3 - Porcentagens de erros cometidos na fotointerpretação do parque cafeeiro de Vila Valério, ES, Brasil

Descrição	Quantidade	Porcentagem
Pontos certos	111	97,37
Pontos errados	3	2,63
Total	114	100,00

Classificação das imagens

Na Figura 5 têm-se os resultados temáticos das classificações digitais realizadas nas duas imagens.

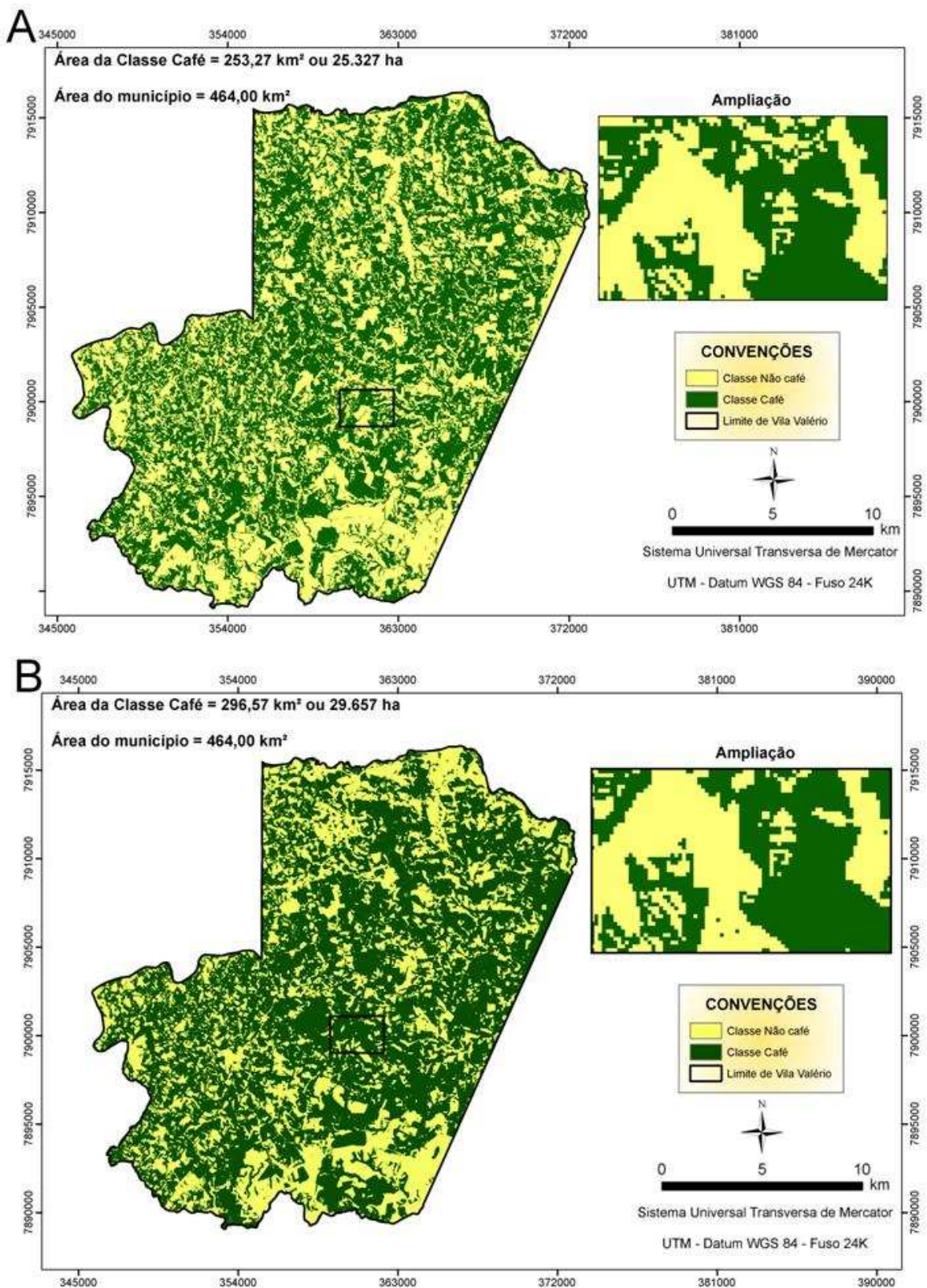


FIGURA 5 - Classificações temáticas nas imagens digitais: (A) Landsat-5/TM; (B) Cbers- 2B/CCD

Nota-se que na Figura 5A, a área da classe café correspondente à

classificação na imagem Landsat-5/TM apresenta valores de 253,27 km² (25.327 ha), enquanto que na classificação da imagem do satélite Cbers-2B/CCD (Figura 5B), a classe café aparece com uma área de 296,57 km² (29.657 ha) cerca de 1,2 vezes a mais que a primeira.

Comparando esses resultados como o mapeamento do parque cafeeiro do município obtido pela fotointerpretação (Figura 4), observa-se alta discrepância entre os valores de área cultivada com café. As classificações superestimaram as áreas de café, na ordem de 2,1 vezes a mais na imagem Landsat-5/TM e 2,4 vezes a mais na imagem Cbers-2B/CCD, devido a confusão com outros alvos terrestres presentes no território do município.

Na Tabela 4 são apresentadas as matrizes de confusão das classificações. A exatidão global na imagem Landsat-5/TM foi de 0,683 enquanto que na imagem Cbers-2B/CCD correspondeu a 0,500. Nas duas classificações as exatidões do usuário foram semelhantes, alcançando valores de 0,370 (Landsat-5/TM) e 0,314 (Cbers-2B/CCD).

TABELA 4 - Matrizes de confusão das classificações digitais das imagens Landsat-5/TM e Cbers-2B/CCD

Matriz 2 x 2		Landsat-5/TM		
		Dados da Fotointerpretação		
		Café	Não café	Total
Dados da Classificação	café	10	17	27
	não café	2	31	33
	total	12	48	60
Exatidão Global = $(10+31)/60 = 0,683$		Kappa = 0,326 (Var 0.011)		
Acurácia do Usuário		$\left\{ \begin{array}{l} \text{café} = (10/27) = 0,370 \\ \text{não café} = (31/33) = 0,939 \end{array} \right.$		

Matriz 2 x 2		Cbers-2B/CCD		
		Dados da Fotointerpretação		
		Café	Não café	Total
Dados da Classificação	café	11	24	35
	não café	2	25	27
	total	13	49	72
Exatidão Global = $(11+25)/72 = 0,500$		Kappa = 0,219 (Var 0,008)		
Acurácia do Usuário		$\left\{ \begin{array}{l} \text{café} = (11/35) = 0,314 \\ \text{não café} = (25/27) = 0,926 \end{array} \right.$		

*Teste Z = 0,76 (p<0,05)

Com relação aos valores Kappa nota-se que ambas classificações apresentaram resultados razoáveis de acordo com Landis & Koch (1977) citado por Congalton e Green (1998), ou seja, 0,326 para a Landsat-5/TM e 0,219 para Cbers-2B/CCD.

O melhor resultado de exatidão global obtido na classificação da imagem Landsat-5/TM deve-se, provavelmente, a sua melhor resolução espectral (FLORENZANO, 2007).

Na Tabela 5 são apresentados as confusões nas classificações das imagens Landsat-5/TM e Cbers-2B/CCD. Nota-se que as classes que

provocaram as maiores confusões na classificação da imagem Landsat-5/TM foram pasto (61%); solo (17 %); fragmento florestal (17%) e área agricultura (5%). Na classificação da imagem Cbers-2B/CCD, as classes de maior confusão foram pasto (28,5%); eucalipto (20,5%); fragmento florestal (17%); agricultura (13%); capoeira (13%) e solo (8%).

TABELA 5 - Confusões observadas nas classificações digitais das imagens Landsat-5/TM e Cbers-2B/CCD

		Landsat-5/TM					
Pasto	Solo	Fragmento florestal	Agricultura				
61%	17 %	17%	5%	-	-	-	-

		Cbers-2B/CCD					
Pasto	Eucalipto	Fragmento florestal	Agricultura	Capoeira	Solo		
28,5%	20,5%	17%	13%	13%	8%		

Ressalta-se que a distinção dos alvos terrestres via classificação digital, é baseada pelo comportamento espectral dos mesmos. Assim, as confusões observadas podem estar relacionadas a esse fato. Acrescenta-se que até mesmo a classe café pode apresentar respostas espectrais diferentes, uma vez que apesar do rigor de seleção de amostras, nas imagens usadas neste trabalho o café aparece em período fenológicos diferentes, ou seja, café recém-plantado, lavouras em produção e lavouras velhas. Atividades físico-ambientais podem também influenciar.

Constata-se que muito embora a classificação digital permita extrair rapidamente informação de padrões de ocupação da terra, a interpretação visual de imagens constitui procedimento vital para descrições quantitativas das áreas cultivadas com café de maior confiabilidade.

Baixos valores de exatidão de áreas cafeeiras foram encontradas também por Santos et al. (2009) e Ramirez & Zullo Junior (2011). Santos et al. (2009) ao trabalharem na região de Três Pontas, Sul de Minas Gerais, com metodologia semelhante, encontraram valores de exatidão global de 0,66 para a classe de café, ou seja, classificação regular. Moreira et al. (2010) explicam que o uso operacional de imagens de satélites de sensoriamento remoto, visando estimar área plantada com a cultura cafeeira, ainda carecem de estudos que definam uma metodologia apropriada, pois vários são os fatores que podem ter interferência relevante no comportamento espectral da cultura, tais como: época do ano, face do relevo, espaçamento, idade, cultivar, tratamentos culturais, etc.

CONCLUSÃO

Os resultados da fotointerpretação revelam que o município de Vila Valério possui 26,01% de seu território ocupado pela cafeicultura, o que representa 120,70 km² (12.070 ha), com lavouras amplamente distribuídas em todos os quadrantes do município.

As classificações superestimaram as áreas de café revelando baixos valores de exatidão e precisão.

REFERÊNCIAS

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim Informativo: Acompanhamento da Safra Brasileira Café Safra 2013 primeira estimativa**, CONAB, janeiro/2013, 2013. 19p.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1998. 137 p.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2ª edição, 2007, 101p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Vila Valério – ES. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=320517> > Acesso 09 de out. de 2012.

IEMA - INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Ortofotomosaico do Estado do Espírito Santo na escala de 1:35.000**, referente a julho de 2007.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Descrição: CBERS 2B- CCD, LANDSAT-5/TM. Disponível em: <<http://imagens.dgi.inpe.br/cdsr/jlferrari685777>> Acesso 15 de março de 2012.

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves. Dados vetoriais. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/> > Acesso 10 de agosto de 2011.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução de Epiphânio, J.C. N. (Coordenador)...[et al.]. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009. 598p.

LIU, W. T. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande, RJ, Ed UNIDERP, 2007. 865p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa, MG: UFV, 4ª edição, 2009, 320 p.

MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T.; BARROS, M. A.; FARIA, V. G. C.; ADAMI, M.; ADAMI, M. Geotecnologias para mapear lavouras de café nos estados de Minas Gerais e São Paulo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n.6, p. 1123-1135, 2010.

RAMIREZ, G. M.; ZULLO JUNIOR, J. Utilização de imagem do satélite Landsat-TM na determinação de parâmetros biofísicos de plantio de café. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 0247-0253, 2011. **Anais...** XV SBSR, Curitiba, PR, Brasil. 2011.

SANTOS, W. J. R.; ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. C.; VOLPATO, M. M. L. Influência do declive na exatidão do classificador Maxver para o mapeamento da cultura do café. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 4333-4338, 2009.

Anais... XIV SBSR, Natal, RN, Brasil. 2009.

SANTOS, A. R.; dos, LOUZADA, F. L. R.; de, O, EUGENIO, F. C. **ArcGIS 9.3 Total : Aplicações para dados espaciais Alegre**, Alegre, ES, CAUFES, 2010. 184 p.

SONG, C.; WOODCOK, C. E.; SETO, K. C.; LENNEY, M. P.; MACOMBER, S. C. Classification and change detection using Landsat TM data: When and how to correct atmospheric effects? **Remote Sensing of Environment**, Wisconsin, v.75, n.2, p. 230-244, 2001.