

## **Análise da dinâmica espaço-temporal da área cafeeira na região sul/sudoeste de Minas Gerais nos anos safras 2006 a 2008**

Mauricio Alves Moreira<sup>1</sup>  
Marcos Adami<sup>1</sup>  
Tiago Bernardes<sup>1</sup>  
Bernardo Frederich Theodor Rudorff<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{mauricio, adami, rudorff, bernati}@dsr.inpe.br

**Abstract** - The south/southwest region of Minas Gerais state responds currently to 46% of the state production and 31% of the Brazilian coffee production. In 2005 the National Institute for Space Research started a project to develop methodologies for coffee crop forecast in large production regions. In this context, the objective of the present work was to evaluate the spatial-temporal dynamic of this crop from 2006 to 2008 in the south/southwest region of Minas Gerais state to establish the shortest period of coffee crop mapping repetition. Images from Landsat-5/TM, geoprocessing techniques and ancillary data, mainly high spatial resolution images from the Google Earth website, were used. Regarding to the total area mapped with coffee the interannual variation was small. The largest variations in size were observed when comparing the thematic map of 2006 with maps of 2007 and 2008 with changes ranging from 5.9 to 6.3% of the whole area. The results lead to the following conclusions: (i) if the objective is monitor coffee crop area expansion the mapping can be done each three years; (ii) if the objective is to monitor plant eradication, pruning and new crops the monitoring must be done annually.

**Palavras-chave:** coffee crop, Remote Sensing, spatial-temporal dynamics of the coffee crop área, cultura do café, Sensoriamento Remoto, dinâmica espaço-temporal da área de café

### **1. Introdução**

O café é uma importante *commodity* agrícola brasileira e de acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, as exportações do café respondem por 5% de todas as exportações brasileiras. Além de gerar divisas para o país é, também, fonte geradora de emprego e fixadora do homem no campo. Estima-se que o cultivo do café ocorra em 1700 municípios brasileiros, num total de aproximadamente 300 mil propriedades rurais, (CONAB, 2005). No Brasil a atividade cafeeira tem sua história ligada ao Estado de Minas Gerais que, diferentemente das demais unidades federativas da região sudeste, foi e continua a destacar-se na produção de café, responsável por 53% da produção do café no País (IBGE 2010).

Apesar deste panorama favorável os métodos para monitorar as lavouras e estimar as safras do café carregam uma forte componente de subjetividade, principalmente, sobre área plantada. Assim, o que se busca é o desenvolvimento de um sistema robusto capaz de estimar a produção do café em tempo hábil, com mais objetividade e que, ao mesmo tempo, seja capaz de fornecer mecanismos que possibilitem monitorar o impacto da cultura no ambiente, dentro do contexto de agricultura sustentável.

Neste contexto Pino (2001) comenta a importância de aprimorar os atuais métodos de estimativa da produção mediante a inclusão de novas tecnologias, como as imagens de satélites e os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs). Para que ocorra esse aprimoramento da tecnologia é preciso entender a dinâmica do parque cafeeiro com precisão, por exemplo, Qual é a área plantada com café? quanto de café é erradicado anualmente? Quanto de café sofreu poda no ano? Qual é a área nova que começou a produzir? De quanto em quanto tempo deve-se fazer o mapeamento para ter o conhecimento da área cultivada? Tudo isto são indagações que existem respostas de forma subjetivas, mas que deve ser investigadas, através de uma metodologia mais objetiva. Uma alternativa que parece apropriada é o mapeamento das lavouras de café por meio de imagens de satélites. Além de oferecer uma informação da

área plantada também fornece uma visão espacial do parque cafeeiro, o que é uma informação muito útil para análise do impacto da cultura no meio ambiente.

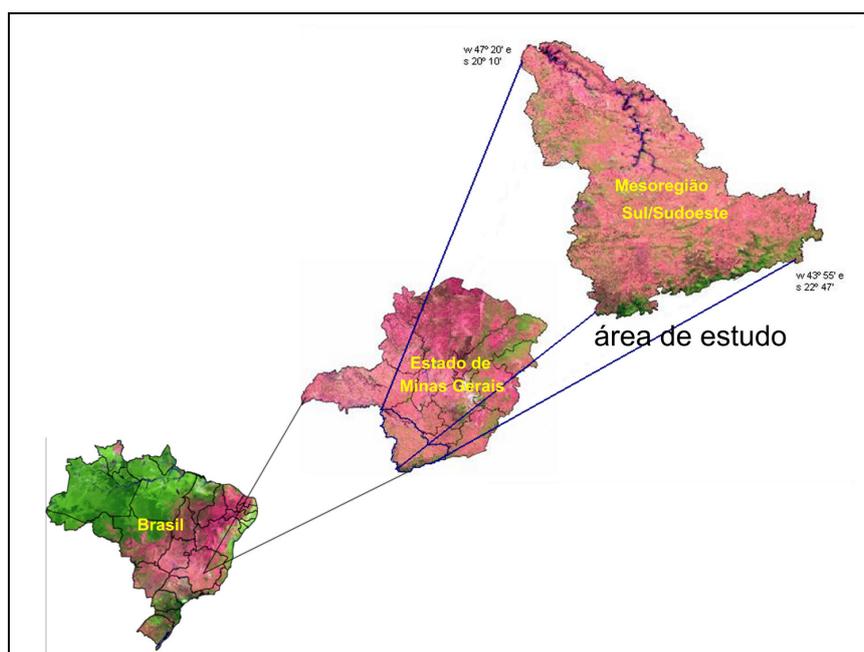
Além das vantagens mencionadas acima os dados de satélites apresentam características que são apropriadas para o uso na agricultura, ou seja, a repetitividade do satélite, o caráter multiespectral, a visão sinótica e o baixo custo. Desta forma, é possível estabelecer uma metodologia menos sujeita a erros de análise humana (Dallemand et al., 1988 ; Epiphanyo et al., 1994; Moreira et al., 2004).

A partir do ano de 2005 começou, no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, um projeto arrojado com a finalidade de diminuir a subjetividade das informações obtidas sobre a cafeicultura. Em outras palavras, desenvolver uma metodologia com uma componente muito forte de dados de Sensoriamento Remoto para auxiliar nos sistemas de previsão de safras do café em grandes áreas territoriais. Além de fornecer dados para alimentar os sistemas de previsão de safras os resultados obtidos podem ser utilizados como subsídios à análise do agroecossistema cafeeiro, através de mapas com a espacialização das lavouras de café. A metodologia é fundamentada na interpretação de imagens de satélites de média resolução espacial, como o TM/Landsat-5, técnicas de geoprocessamento e dados auxiliares, principalmente das imagens de alta resolução espacial, contidas no sítio do Google Earth (Moreira et al., 2007).

Uma das metas desse projeto é conhecer a variabilidade espacial da cultura em anos subsequentes, para estabelecer o período mínimo de mapeamento da área da cultura do café numa dada região, sem comprometer os objetivos do projeto. Assim, neste trabalho o objetivo foi avaliar a dinâmica espaço-temporal das lavouras de café na região sul/sudoeste do Estado de Minas Gerais por meio de interpretação de imagens do TM/Landsat-5, para os anos safras 2006 a 2008.

## 2. Material e Métodos

A área de estudo corresponde à mesorregião geográfica sul/sudeste do Estado de Minas Gerais, localizada entre os paralelos  $20^{\circ}10'$  e  $22^{\circ}47'$  S e os meridianos  $43^{\circ}55'$  e  $47^{\circ}20'$  W (Figura 1). A mesorregião é composta de 144 municípios que abrange uma área de aproximadamente 50 mil km<sup>2</sup>. Esta região é responsável por 46% de todo o café produzido no Estado e aproximadamente 31% da produção de café do País (IBGE, 2010).

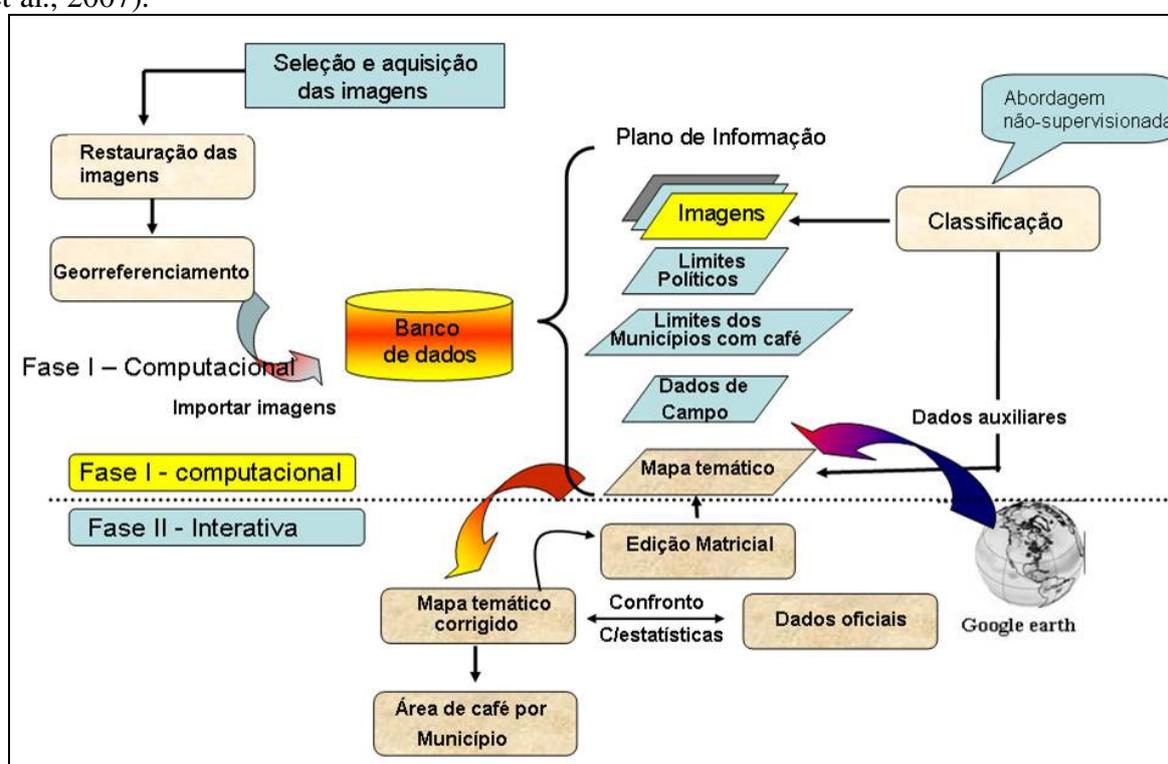


**Figura 1** – Localização da área de estudo

Os mapas temáticos, com a distribuição espacial das lavouras de café nos anos 2006 a 2008, foram obtidos através da interpretação de imagens do TM/Landsat-5, adquiridas entre junho a outubro de cada ano, que corresponde o período com menor precipitação pluviométrica. A interpretação foi realizada no âmbito de município, cujos limites foram obtidos de mapas político-administrativos (PRODEMGE, 1998). As imagens de alta resolução espacial, contidas no sítio do *Google Earth*, foram intensamente utilizadas para auxiliar a identificação e mapeamento das lavouras de café nas imagens do TM/Landsat-5 obtidas nos três anos safras.

O cultivo do café é bastante heterogêneo, com relação a tamanho das lavouras, estágio fenológico, vigor vegetativo e práticas de manejo, e diferem em cada propriedade rural. Por exemplo, em um município encontram-se diversidades nas lavouras quanto ao tamanho da área, variedade plantada, condições de relevo e sistema de manejo. Além disso, planta-se café em relevo plano, inclinado ou até mesmo no topo dos morros.

A metodologia utilizada para obter os mapas temáticos constou-se de uma fase computacional e uma fase interativa, conforme mostrada no fluxograma da Figura 2 (Moreira et al., 2007).



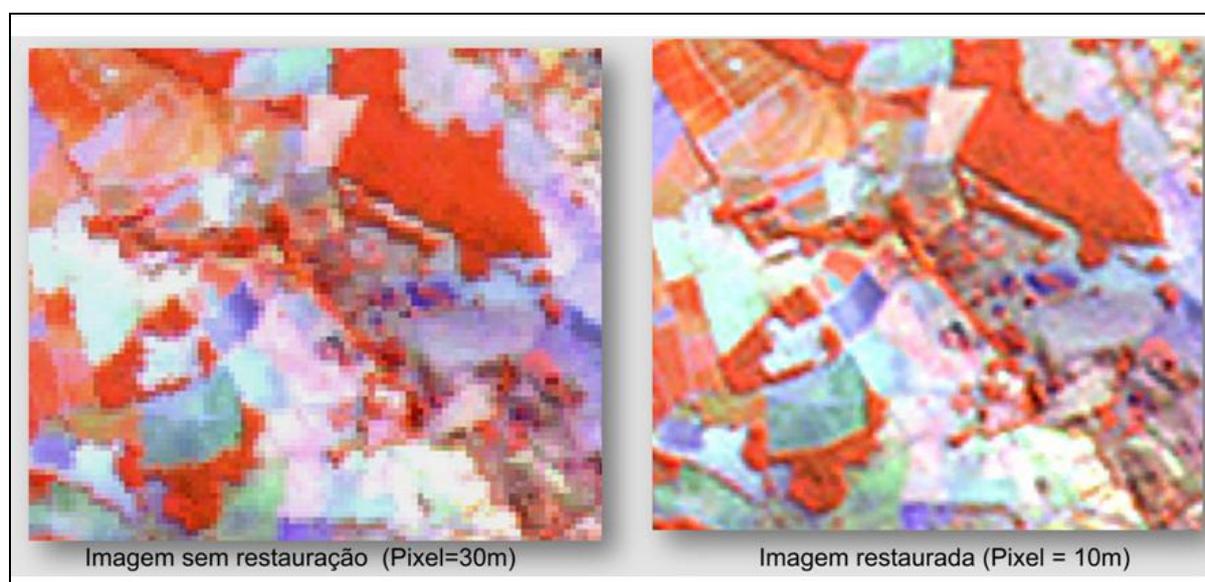
**Figura 2** - Fluxograma da metodologia para interpretação da cafeicultura por unidade política da federação.

As imagens do TM/Landsat-5, bem como os vetoriais com limites dos municípios e dados cadastrais com informações sobre área plantada com café no município (não-espacial) foram inseridas num SIG, o Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas-Spring; (Câmara et al, 1996), por ser um sistema robusto, capaz de manipular grande volume de dados, além de ser um aplicativo de domínio público, de fácil manuseio e bastante interativo com o usuário. Nas versões mais atualizadas do Spring foi introduzida uma sub-rotina, denominada de *Edição Matricial*, para que o interprete possa corrigir no mapa temático erros inerentes da classificação.

Apesar de a área de estudo ser a maior produtora de café do Estado, sabe-se que existem muitas lavouras de café com pequenas áreas (menor de 10 ha), às vezes predominante em muitos municípios produtores de café. Para mapear estas lavouras nas imagens do TM/Landsat (resolução espacial 30m x 30m) é muito difícil, o que acarretaria em erros,

principalmente na definição de bordas. Além disto, nessa resolução espacial, ampliar uma imagem para uma escala maior de 1:40.000 faz com que ocorra um realce dos limites dos pixels que causa uma descontinuidade das feições espaciais dos alvos contidos na cena. Isto dificulta visualizar os limites da lavoura pequenas. Para contornar esta situação pode-se utilizar um filtro de restauração e, como produto de saída, obter imagens com resolução espacial maior do que a original. Em outras palavras obter uma imagem de saída com pixel de maior resolução espacial. No entanto, este procedimento deve ser realizado antes de georreferenciar as imagens. No Spring esta função esta implementada e, tem como objetivo reduzir as distorções introduzidas nas imagens ocasionadas pela degradação natural dos sensores.

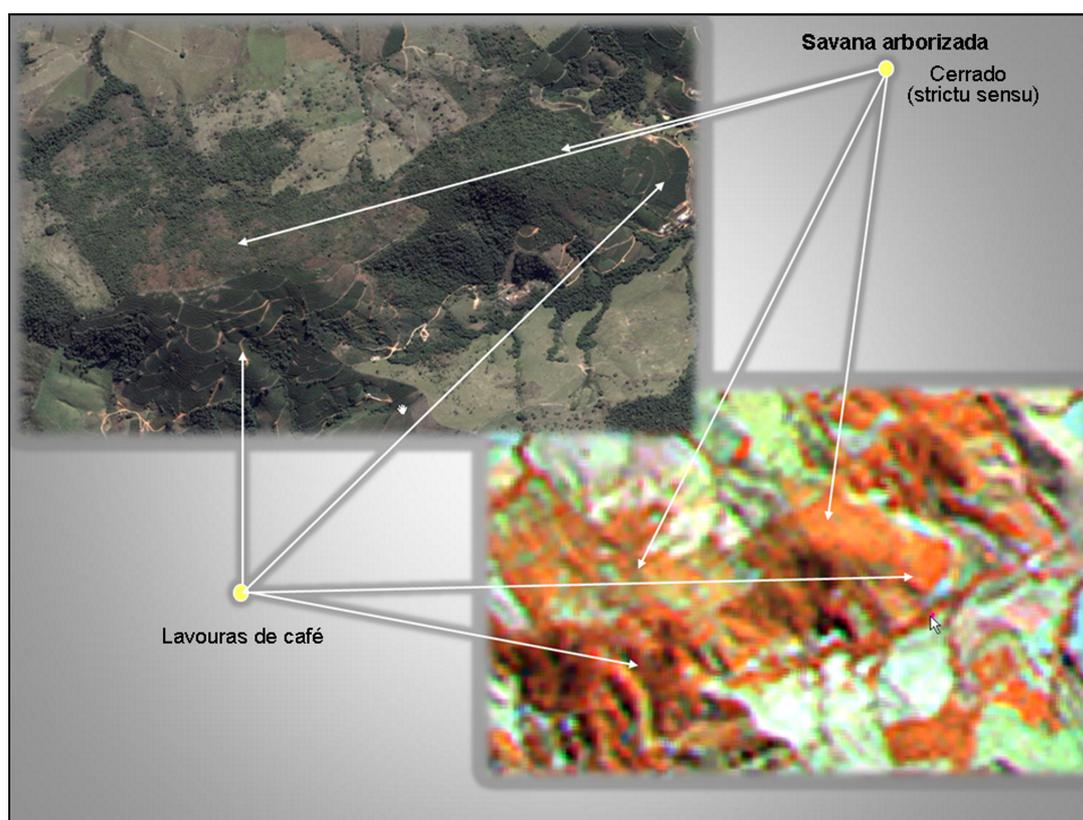
A restauração, segundo Fonseca (1988), é um filtro linear cujos pesos são obtidos a partir das características do sensor por banda espectral. As imagens do TM/Landsat-5 restauradas podem conter as resoluções espaciais de 30, 20, 15, 10 e 5 m. Para esta proposta a sugestão foi restaurar as imagens das bandas TM3, TM4 e TM5 e obter uma imagem restaurada com pixel de tamanho de 10m x 10m. Isso, possibilitou uma ampliação da imagem, sem realce dos limites do pixel até uma escala de 1:15.000. O resultado da restauração é mostrado na Figura 3.



**Figura 3** - Imagem colorida do TM/Landsat (4R5G3B) sem restauração e com pixel de 30m e restaurada com pixel de 10m.

Após a restauração das imagens estas foram georreferenciadas e importadas para um banco de dados geográfico criado no Spring. A classificação foi realizada por meio de uma abordagem não-supervisionada. O classificador utilizado foi o **Isoseg**, que exige, numa fase inicial, que as imagens sejam segmentadas. O algoritmo de segmentação utilizado foi o de crescimento por região, também, implementado no Spring. Após a segmentação das imagens foi feita a extração de regiões, que consiste em obter para cada um dos polígonos gerados na segmentação, a posição espacial dele, a média de nível de cinza dentro do polígono e matriz de covariância. Após extração de regiões fez-se a classificação da imagem através do **Isoseg**.

Mesmo restaurando as imagens, os erros de classificação são eminentes, por causa de semelhanças espectrais de alvos diferentes (Figura 4). Para corrigir estes erros utilizou-se a Edição Matricial, fase interativa, conforme mostrado no fluxograma da Figura 2.



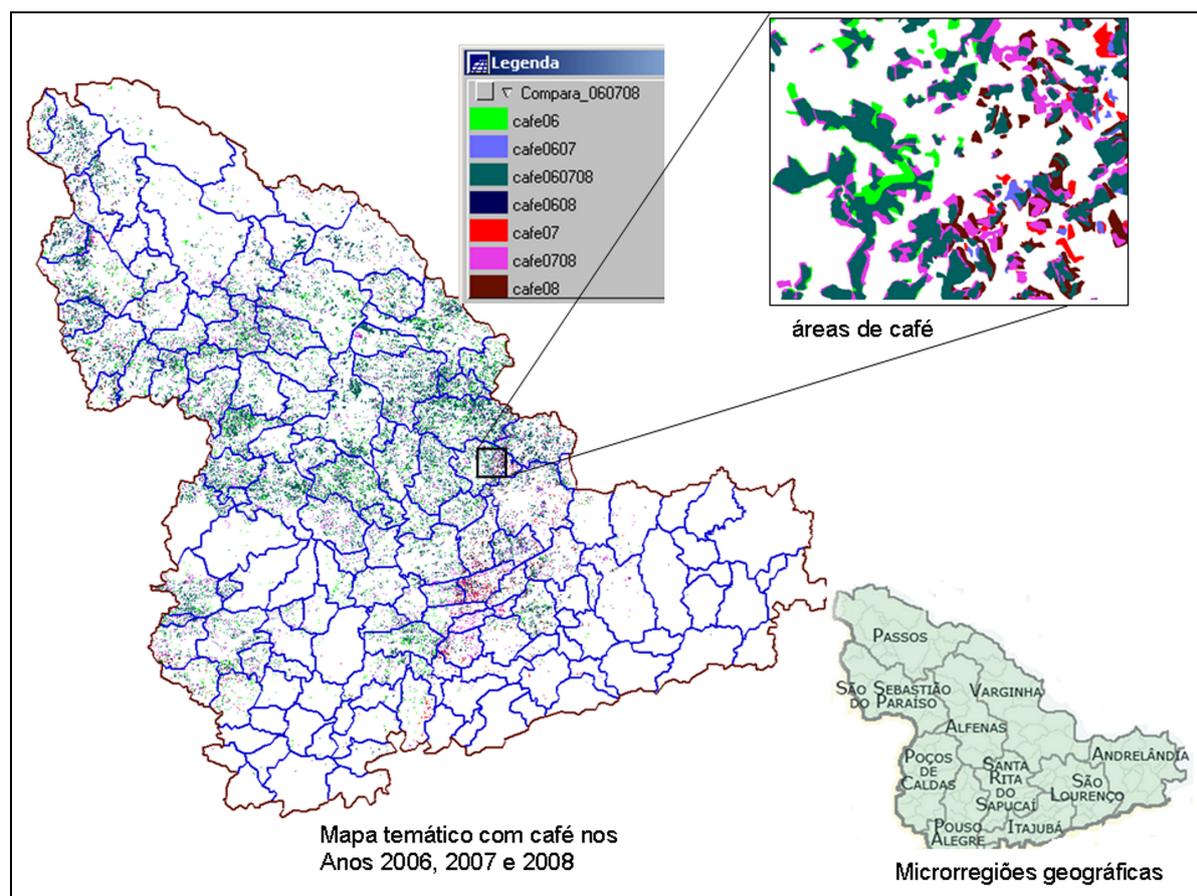
**Figura 4** – recorte de uma cena do Google Earth e do TM/Landsat para mostrar semelhança de comportamento espectral de lavouras de café com savana arbustiva (cerrado *strictu sensu*).

O procedimento de edição matricial é feito através de um link dinâmico entre o analista e o computador, que permite visualizar vários Planos de Informação (PIs) ou tipos de informações que foram introduzidas no computador de forma simultânea e interativa. A magnitude desse procedimento depende do resultado da classificação automática. Se o resultado da classificação for satisfatório, então a edição será pouco trabalhosa. No caso do presente trabalho a edição matricial foi bastante intensiva devido à semelhança espectral de alguns tipos de cerrado com o café.

Ao final do processo de edição matricial foram obtidos mapas temáticos com a distribuição espacial das lavouras cafeeiras para os anos de 2006, 2007 e 2008. Através de um programa em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (Legal) foi realizada a intersecção dos mapas obtidos nos três anos safras, para obter as informações: (i) área cultivada com café em cada ano estudado; (ii) área cultivada com café que permaneceu inalterada nos três anos safras; (iii) áreas cultivada com café mapeada somente no ano safra; (iv) área cultivada com café mapeada em 2006/07, 2006/08 e 2007/08. Para obter os valores para cada item empregou-se a função do Spring “*Medida de Classes*”.

### 3. Resultados e discussão

A Figura 5 apresenta o mapa temático da área de estudo, com o resultado da intersecção entre os mapas que contêm a distribuição espacial das lavouras de café para nos anos de 2006, 2007 e 2008.



**Figura 5**– Distribuição espacial das lavouras de café nos anos de 2006, 2007 e 2008 e para a combinação deles.

No detalhe os polígonos em verde escuro correspondem os cafezais que permaneceram inalterados nos 3 anos de mapeamento (classe *cafe060708*). Os polígonos em verde claro representam as lavouras de café que foram mapeadas somente no ano de 2006 (*cafe06*). Em outras palavras, podem ter sido erradicada ou submetidas a um poda drástica. Por causa disto, elas não foram mapeadas nos anos de 2007 e 2008. Os polígonos em azul claro (*cafe0607*) representam os cafezais que foram erradicados ou podados após o mapeamento de 2007, pois não foram espectralmente identificados nas imagens do ano de 2008. Em Azul escuro (*cafe0608*) são as lavouras que foram podadas após o mapeamento de 2006, por isso não foram mapeadas como café em 2007. Em 2008 essas lavouras voltaram a ter um padrão espectral de lavouras de café e, conseqüentemente, mapeadas. Os polígonos em vermelho representam lavouras de café mapeadas em 2007 (classe *cafe07*), em marrom as lavouras de café que foram mapeadas somente em 2008 (classe *cafe08*) e em rosa as lavouras que foram mapeadas em 2007 e 2008 (classe *cafe0708*).

Ao observar o mapa temático e o mapa de microrregiões geográficas, nota-se a ausência de lavouras de café na microrregião de Andrelândia e Pouso Alegre e, parcialmente, nas microrregiões de São Lourenço, Poços de Caldas e Passos. As causas da pouca expressividade de café podem ser atribuídas à altitude, ao tipo de solo e a ocorrência de reservas ambientais. A maior concentração de café são nas microrregiões de Santa Rita do Sapucaí, Alfenas, Varginha, São Sebastião do Paraíso e na parte Sul de Poços de Caldas.

É importante ressaltar que as imagens de satélites de alta resolução espacial, disponíveis na Internet no sítio do *Google Earth*, auxiliaram grandemente na identificação das lavouras cafeeiras na área de estudo. Graças a maior resolução espacial das imagens disponíveis no sítio do *Google Earth*, foi possível dirimir dúvidas sobre a classe de mapeamento.

A Tabela 1 apresenta as áreas totais de cada classe apresentada na Figura 6.

Tabela 1 – Valores da área cultivada com café para os três anos safras, bem como para a combinação deles (2006/07, 2006/08 e 2007/08).

	Área cultivada com café (ha)					
	2006	2007	2008	Café0607	Cafe0608	Café0708
Área inalterada	302.199,0	302.199,0	302.199,0	-	-	-
Área de cada ano	80.753,0	8.644,77	21.286,8	-	-	-
Combinação	-	-	-	12.281,2	1.804,7	97.489,8

#### Área total

Café2006 = Área Comum + Somente no ano + Cafe0607 + café0608 = **397.628,0 ha**

Café2007 = Área Comum + Somente no ano + Café0607 + Café0708 = **421.205,0 ha**

Café2008 = Área Comum + Somente no ano + Café0608 + Café0708 = **422.781,0 ha**

Área média dos três anos = **413.871, 3 ha**

Em termos percentuais, a área total cultivada com café aumentou em 5,9% (23.577 ha) e 6,3% (25.153 ha), de 2006 para 2007 e de 2006 para 2008 respectivamente. Para o ano de 2007 em relação a 2008 essa diferença de área foi de apenas 0,3% (1.576 ha). A área que permaneceu inalterada nos três anos (302.199,0 ha) representou aproximadamente 73% da área média obtida através da interpretação das imagens do TM/Landsat-5. Por outro lado, 12.281,2 ha de área café que foram mapeadas em 2006 e 2007 desapareceram no ano de 2008. Tal fato pode ter sido ocasionado por erradicação, por poda ou erradicação e poda. No entanto, 1.804,7 ha de café que havia sido mapeada em 2006 não foram mapeados em 2007 e voltou a ser mapeada em 2008. Neste caso pode-se afirmar que essa área foi podada após a colheita do ano de 2006. No ano de 2007 estas áreas apresentaram comportamento de solo exposto e voltou a apresentar um padrão espectral de lavoura de café em 2008.

Para a variável “Café0708” a área de café foi de 97.489,8 ha. Em outras palavras, esse café foi perceptível nas imagens de 2007 e 2008, porém não pode ser identificado em 2006. Desta forma, pode-se dizer que esta área é resultante de café que foi plantado em 2005, que em 2006 apresentou um padrão espectral de solo e só foi percebido nos anos de 2007 e 2008.

Mesmo não tendo sido feito uma avaliação dos resultados com as estatísticas oficiais é possível perceber que os resultados são bastante coerentes, principalmente, para os resultados de 2007 e 2008. Esse fato é atribuído a melhoria das informações contidas no sitio do Google Earth, que possibilitou discriminar melhor as lavouras de café de outros alvos de ocupação do solo, que no caso o cerrado, conforme mostrado na Figura 5.

#### 4. Conclusões

Com base no período analisado e de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisas observou que houve variações na área cultivada com café de um ano para outro, consequência de erradicação, poda ou áreas novas que foram plantadas em 2005 que só foram espectralmente identificadas nos anos de 2007 e 2008. No tocante a área total mapeada com café a variação de um ano para outro foi muito pequena. As maiores variações de área foram observadas quando comparou o mapa temático de 2006 com os mapas de 2007 e 2008. Mesmo assim a variação percentual ficou entre 5,9 a 6,3%. Assim, é possível concluir que se o objetivo da pesquisa é monitorar a expansão da área cafeeira o estudo mostrou que o período mínimo entre um mapeamento e outro pode ser de três anos safras. No entanto, se o objetivo da pesquisa for para monitorar lavouras erradicadas, podadas ou plantios novos o mapeamento deve ser anual.

## Referências Bibliográficas

- Câmara G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J; II, F.M. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Computers & Graphics) 395-403, May-Jun 1996
- Dallemand, J.F.; Tardin, A.T.; Batista, G.T. Sensoriamento remoto e agricultura. **Ciência Hoje**, v.8, p.44-51, 1988.
- Epiphânio, J.C.N.; Leonardi, L.; Formaggio, A.R. Relações entre parâmetros culturais e resposta espectral de cafezais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.439-447, 1994.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE **Produção agrícola** <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/industria/pimpfregional/default.shtm> acesso maio de 2010.
- Moreira, M. A.; Adami, M.; Rudorff, B. .F.T. Análise espectral e temporal da cultura do café em imagens Landsat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 223-231, 2004.
- Moreira, M.A.; Barros, M.A.; Rosa, V. G.C.; Adami, M. Tecnologia de informação: imagens de satélite para o mapeamento de áreas de café de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 241, p. 27-37, 2007.
- Pino, F. A. Estimativa subjetiva de safras agrícolas. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 6, 2001.