

## **Análise espaço-temporal das mudanças no uso e cobertura do solo no município de São Thomé das Letras**

### **Spatio-temporal land use land and cover changes analysis in the São Thomé das Letras municipality**

*Nayara Lage Silva*

Engenheira Ambiental, especialista em Geoprocessamento – UFMG/IGC  
[nayara.ambiental@gmail.com](mailto:nayara.ambiental@gmail.com)

*Bráulio Magalhães Fonseca*

Doutorando em Geografia/Análise Ambiental – UFMG/IGC  
[brauliomagalhaes@ufmg.br](mailto:brauliomagalhaes@ufmg.br)

Artigo recebido para revisão em 07/05/2015 e aceito para publicação em 28/07/2015

#### **Resumo**

O mapeamento do uso e cobertura do solo por meio da utilização de dados de sensoriamento remoto e técnicas de processamento digital de imagens tem se difundindo globalmente por permitir uma análise espacial e dinâmica das tipologias de uso e cobertura. A mineração é uma das atividades transformadoras do meio que mais causa impactos aos ambientes naturais, mesmo que de maneira concentrada, devido ao fator de rigidez locacional da atividade. É uma atividade que demanda controle ambiental em todo processo para reduzir os impactos negativos e garantir o equilíbrio dos processos ambientais. Neste contexto o trabalho objetivou: 1 - realizar uma análise multitemporal da cobertura do solo no município de São Thomé das Letras, no estado de Minas Gerais; 2 - quantificar e espacializar as alterações no período determinado entre 1984 a 2011. Buscou-se visualizar o comportamento da atividade de mineração desde seu início até os dias atuais, e conseqüentemente, observar a dinamicidade das mudanças ocorridas na cobertura do solo das outras classes mapeadas. Para o mapeamento do uso e cobertura do solo foi utilizado o programa SPRING/INPE e para a análise temporal/espacial de mudanças utilizou-se o modelo *Land Change Modeler* acoplado ao programa IDRISI. A partir da análise dos resultados foi possível quantificar e espacializar o avanço da mineração sob o campo rupestre/afloramento rochoso; a perda substancial da vegetação densa no intervalo do período analisado; o crescimento exponencial da ocupação urbana; e o surgimento da atividade reflorestamento.

**Palavras-chave:** Análise multitemporal. Uso e Cobertura do Solo. Mineração. Sensoriamento Remoto.

#### **Abstract**

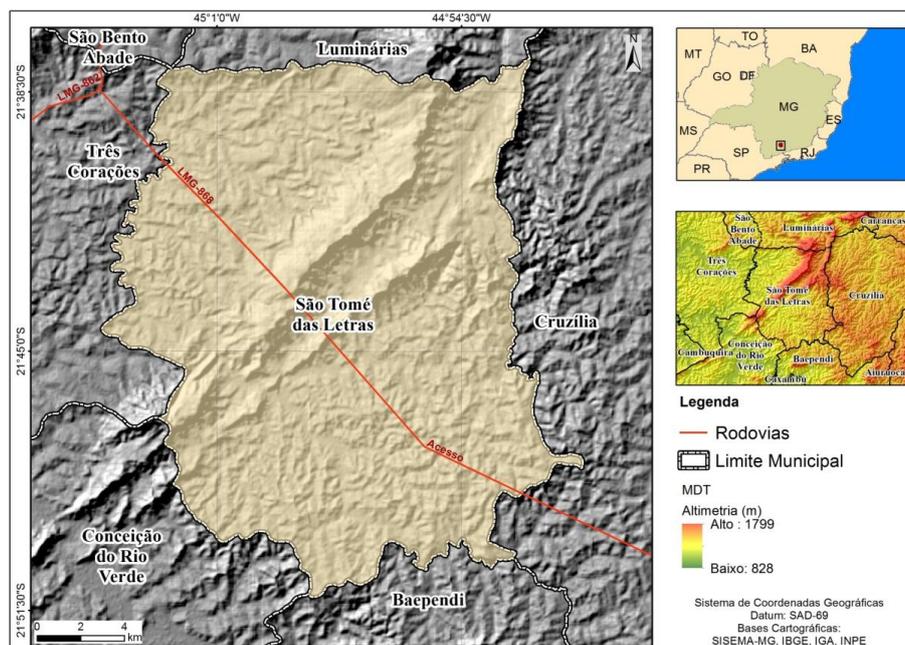
The land use and land cover mapping using remote sensing data and techniques of digital image processing has been widely used by enabling a dynamic spatial analysis of land use and land cover types. Mining is a human activity that transforms the landscape and is one of the most impactful for natural environments, even in a concentrated way, due to locational rigidity factor of activity. It is an activity that requires environmental control throughout the process to reduce the negative impacts and ensure a balance of environmental processes. In that context the study aimed to: 1 - conduct a multi-temporal analysis of land use and land cover in São Thomé das Letras municipality, in Minas Gerais State, Brazil; 2- quantify and map changes from 1984 to 2011 in the area studied. We attempted to visualize the behavior of mining activity from its inception to the present day, and therefore observe the dynamics of change in land use and land cover of other mapped classes. To map land use and land cover was used SPRING/INPE software and to analyze the changes used the Land

Change Modeler model, coupled to the IDRISI software. From the analysis of the results was possible to quantify and spatialize the advancement of mining under the outcrop and Rupestrian Fields; occurred substantial loss of dense vegetation in the analyzed time range; the exponential growth of urban occupation; and the emergence of reforestation activity.

**Keywords:** Multi-temporal analysis. Land Use and Land Cover. Mining. Remote sensing.

## 1. INTRODUÇÃO

São Thomé das Letras é um município localizado ao sul do estado de Minas Gerais, distante 336 km da capital Belo Horizonte (Figura 1). O histórico do município está intimamente ligado à atividade de mineração. Os monumentos tombados no município foram construídos a partir da extração de quartzitos, denominado de pedra São Thomé, predominantes na região. A exploração do minério na região teve início no século XIX e em 1940 houve um crescimento acelerado por meio da utilização de explosivos para a exploração mineral, se consolidando como a principal fonte de renda da população local (RESENDE et al., 2009).



**Figura 1** - Localização da área de estudo.

O relevo do município de São Thomé das Letras é caracterizado por dois grandes compartimentos, o compartimento dos morros e colinas convexas e policonvexas, descontínuo espacialmente ao norte e ao sul, e o compartimento das cristas monoclinais quartzíticas, de orientação SW-NE, na porção central do município (MARQUES-NETO; VIADANA, 2006). As altimetrias locais ultrapassam os 1500 metros nas cristas de quartzito, onde encontra-se vegetação rasteira com características rupestres. Nas cotas altimétricas abaixo de 1.000 metros o relevo foi esculpido sobre granitoides e gnaisses, nos compartimentos norte e sul. O clima na área de estudo é o tropical de

altitude, com pluviosidade média anual de 1.456 a 1.650 mm e temperatura anual média de 19°C, mínima média de 15°C e máxima média de 26°C (INMET, 2011; MARQUES-NETO; VIADANA, 2006).

O crescimento não planejado da atividade de extração mineral causou mudanças e impactos no município de São Thomé das Letras. Atualmente observa-se grandes passivos ambientais, mas por outro lado há um potencial de reestruturação e requalificação da paisagem devido seu valor histórico, cultural e turístico. O município tem grande potencial turístico, haja vista o histórico de sua ocupação, seus monumentos, e as características de seus componentes ambientais (geológico, geomorfológico e paisagístico). No entanto, a atividade de mineração ainda ativa é um dos vetores de conflitos de interesse em relação ao uso do solo.

As mudanças no uso e cobertura do solo fornecem indícios históricos e permitem uma avaliação de futuros possíveis para uma determinada área de estudo (HOUGHTON, 1994). O mapeamento da cobertura do solo é uma importante forma de conhecer os aspectos e impactos das atividades antrópicas sob o meio ambiente. Segundo Rosa (1990), este mapeamento é de fundamental importância para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Dessa forma, o mapeamento da cobertura do solo permite avaliar, planejar e controlar espacialmente o uso sustentável e ocupação ordenada do meio ambiente.

A análise das mudanças no uso, cobertura e ocupação do solo, no espaço e no tempo, constitui uma prática fundamental para o planejamento territorial e ambiental. Para tal, o mapeamento e análise da dinâmica do uso e cobertura do solo é uma prática importante para projetar cenários futuros, visando o planejamento de uma determinada área de estudo, produzindo informações que ajudam na compreensão do comportamento espacial dos processos ambientais associados (MAS et al., 2014; STEINITZ, 2012; VELDKAMP; FRESCO, 1996; VELDKAMP; LAMBIN, 2001).

O mapeamento do uso e cobertura do solo, visando o monitoramento de mudanças ocorridas, é uma atividade de grande valia para uma análise holística dos processos que explicam o funcionamento de uma determinada área de estudo e é um importante instrumento na avaliação de impactos ambientais. O monitoramento das mudanças ocorridas e observadas na dinâmica do uso e cobertura do solo pode ser realizado por modelos e algoritmos computacionais de detecção de mudança (*Land Use and Land Cover Change Models*, LUCC). Modelos LUCC consideram processos sociais, ambientais, institucionais e econômicos, compreendendo uma grande quantidade de variáveis em diferentes abordagens metodológicas, possibilitando o estabelecimento de medidas para o planejamento do uso do solo (EASTMAN, 2011; MAS et al., 2014; SOARES-FILHO; RODRIGUES; FOLLADOR, 2013; STOMPH; FRESCO; KEULEN, 1994).

O presente trabalho objetiva mapear, analisar e quantificar as tipologias de uso e cobertura do solo e as principais mudanças a elas associadas, entre os anos de 1984 e 2011, no município de São Thomé das Letras.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização da análise multitemporal da cobertura do solo do município de São Thomé das Letras foram selecionadas duas imagens do satélite Landsat 5 (TM) nos anos de 1984 e 2011. Os anos foram selecionados considerando-se o histórico de ocupação do município, e principalmente a viabilidade de tratamento das imagens para a realização do trabalho. Ambas as imagens selecionadas foram do mês julho, objetivando a menor influência dos fenômenos da atmosfera nos níveis de cinza das imagens. Para o tratamento e classificação das imagens foi utilizado o *software* SPRING 5.2.6.

Considerando as aplicações possíveis das bandas disponibilizadas pelo satélite Landsat 5 foram selecionadas as bandas 3 (faixa do vermelho), 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio) associadas às cores azul, verde e vermelha, respectivamente. Esta composição falsa-cor realça o comportamento espectral da vegetação e de outros usos do solo, objeto do trabalho (NOVO, 1992; JENSEN, 2009).

Após a obtenção das imagens selecionou-se as bandas de interesse: bandas 3, 4 e 5. Por meio de análise visual das imagens, definiu-se as chaves de interpretação, ou seja, as classes de cobertura do solo a serem mapeadas. Aplicou-se o realce de contraste, que consiste na distribuição dos níveis de cinza em todo intervalo possível do histograma, obtendo-se assim uma imagem mais nítida e viável para visualização humana.

Além dos procedimentos de preparação para a classificação, para a imagem do ano de 1984 foi necessária aplicar a correção geométrica. A correção geométrica, de acordo com Mather (1987), tem como objetivo recuperar a qualidade geométrica da cena, de tal modo que os dados possuam características de escala e projeção próprias de mapas. A correção foi realizada utilizando-se o comando *Auto Adjust* disponível na ferramenta *Georeferencing* do *software* ArcGis 10.2. Esta ferramenta realiza o georreferenciamento do raster da seguinte forma: por meio das assinaturas espectrais de um raster de referência, o sistema cria links de seu conjunto de dados raster não referenciado para o conjunto referenciado.

Posteriormente, foi realizada a coleta de amostras da imagem, visando associar determinados pixels a uma classe previamente definida. No processo de amostragem buscou-se contemplar todas as variações de pixels da classe determinada, de forma uniforme, visando maior acurácia. Coletada as amostras, realizou-se sua análise para verificação do atendimento ao valor mínimo de aceitação e

desempenho geral estipulado de 95%<sup>1</sup>. Este processo é parte integrante do método utilizado: Classificação Supervisionada por Pixel por meio da utilização da técnica denominada de Máxima Verossimilhança (MAXVER). Este algoritmo utiliza apenas a informação espectral de cada pixel para identificar as regiões homogêneas e considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes utilizando parâmetros estatísticos (HORNING et al., 2010; MILGRAM, 1975).

Após a classificação da imagem, foi realizado o procedimento de pós-classificação que consiste na eliminação de ruídos da classificação realizada, onde possíveis pixels que foram classificados erroneamente sejam corrigidos por meio da edição matricial disponível no software SPRING. Essa edição é caracterizada pela uniformização dos temas, por meio da eliminação de pixels isolados, que foram classificados diferentemente de sua vizinhança, sendo atribuída uma nova classificação em equivalência a de maior frequência na vizinhança.

A partir da conclusão dos procedimentos metodológicos de classificação, foi realizada a conversão do arquivo em formato matricial para vetor (*shapefile*) visando finalizar a elaboração do mapa no *software* ArcGis 9.3. Com o arquivo *shapefile* criado, realizou-se seu recorte a partir do limite municipal de São Thomé das Letras e o cálculo das áreas das classes de uso e cobertura do solo. Todo o procedimento descrito foi realizado para as duas cenas de imagens trabalhadas.

A partir do mapeamento das classes foi realizada análise quantitativa das mudanças observadas no uso e cobertura do solo com o auxílio do modelo *Land Change Modeler* - LCM, acoplado ao software IDRISI (EASTMAN, 2011). Para tal necessitou-se converter os arquivos *shapefile* para a extensão ASCII. Os arquivos representando o mapeamento para cada ano analisado foram inseridos no IDRISI para que pudessem ser tratados e posteriormente processados na ferramenta LCM. No LCM a análise de mudança é realizada através da álgebra matricial. As mudanças verificadas são quantificadas por tipologia de uso e cobertura do solo, sendo possível fazer análises quantitativas e qualitativas. Foram gerados mapas de perdas, ganhos e persistências para a avaliação visual das mudanças.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Processados os dados foi possível elaborar o mapa de cobertura do solo nos anos de 1984 e 2011 e quantificar cada classe mapeada. Para o ano de 1984 o desempenho geral de classificação a partir das amostras de aquisição foi de 96,58% e a confusão média foi de 3,42%. Para o ano de 2011 o desempenho geral de classificação a partir das amostras de aquisição foi de 95,75% e a confusão média foi de 4,25% (Figura 3). Ambas as matrizes de confusão são apresentadas no Apêndice A.

<sup>1</sup> O número de amostra variou muito, não tendo sido adotado um padrão mínimo. O critério era atingir o valor mínimo de aceitação e desempenho geral, que foi de 95%. Diante disso, o número de amostras torna-se irrelevante

As quantificações de cada classe de cobertura do solo em quilômetros quadrados bem como sua representatividade em porcentagem são exibidas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Áreas das classes de cobertura do solo para o ano de 1984 e 2011 do município de São Thomé das Letras

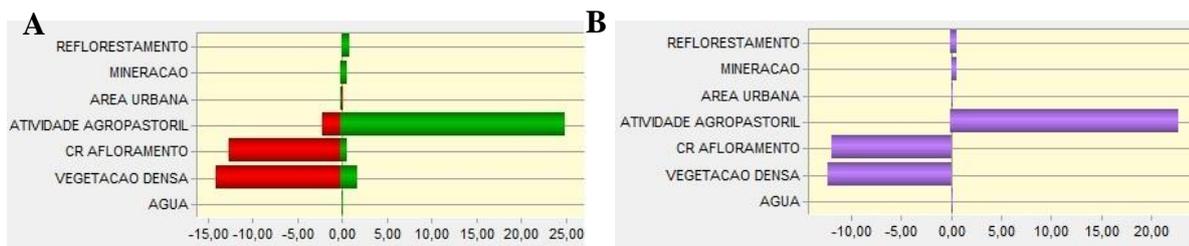
Classe de cobertura do solo	Área			
	1984		2011	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Água	0,301	0,082%	0,008	0,002%
Área Urbana	0,113	0,031%	0,488	0,133%
Campo rupestre/Afloramento rochoso	87,011	23,665%	21,520	5,853%
Mineração	0,608	0,165%	3,737	1,016%
Atividade agropastoril	150,113	40,827%	273,807	74,468%
Reflorestamento	0,000	0,000%	4,113	1,119%
Vegetação densa	129,538	35,231%	64,010	17,409%
Total Geral	367,6829	100%	367,6829	100%

Analisando os dados apresentados, observa-se que no ano de 1984 há um predomínio das tipologias de vegetação natural, representadas por fragmentos de vegetação densa juntamente com fragmentos de campo rupestre associado a afloramento rochoso (58,89%). As atividades agropastoris ocupavam 40,82% da área de estudo. A mineração não apresenta percentual de ocupação significativo em uma análise global, porém é possível observar sua ocorrência na Serra de São Tomé (Tabela 1 e Figura 2).

Observa-se a proximidade geográfica, desde 1984, entre a área do núcleo urbano e as áreas de mineração, evidenciando a histórica relação entre a mineração e o processo de urbanização, sobretudo no Estado de Minas Gerais (ÁVILA; MONTE-MÓR, 2007; BUENO, 2012; MONTE-MÓR et al., 1997).

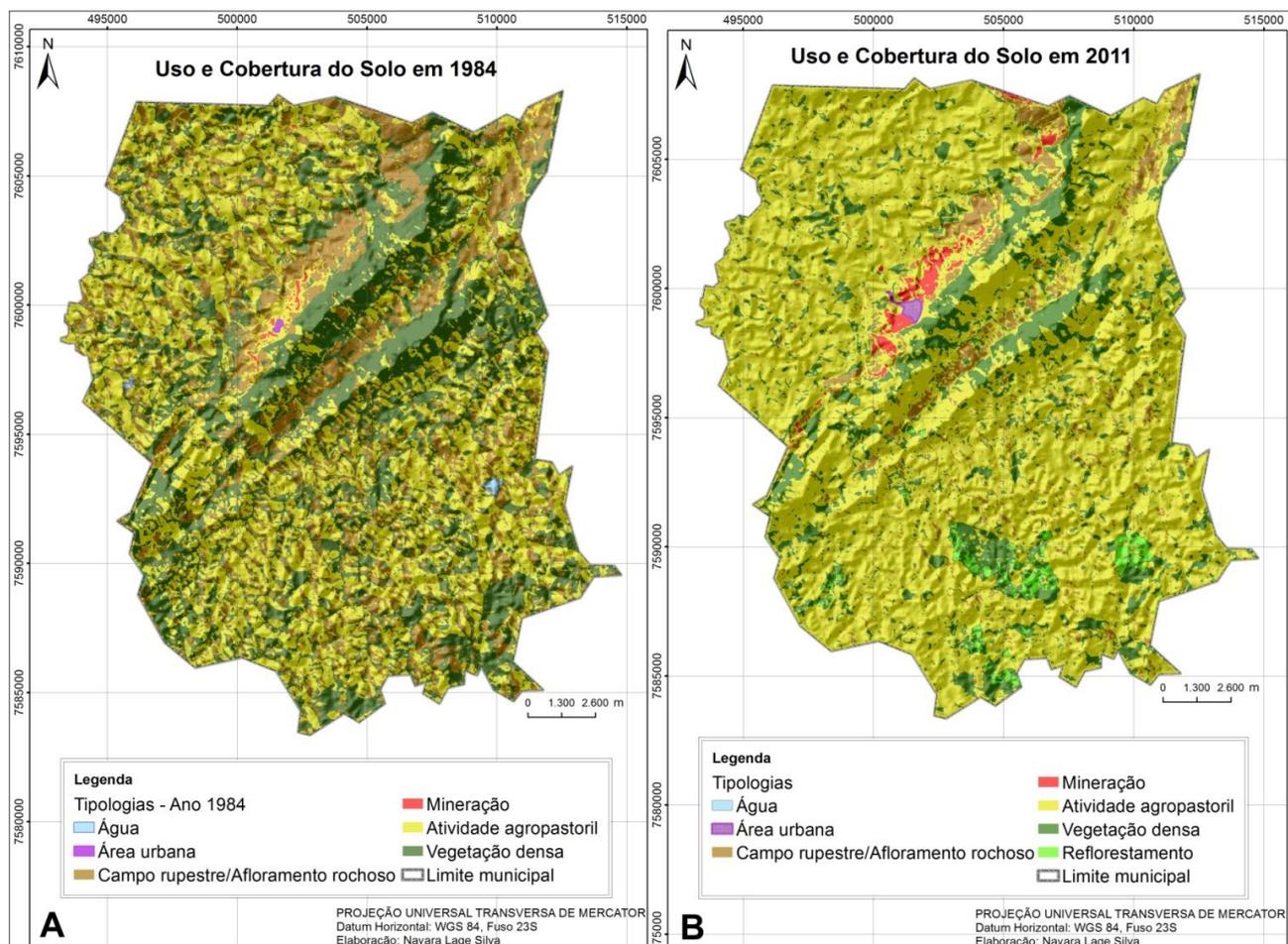
No ano de 2011 o solo passa a ser ocupado também por reflorestamento, sobretudo ao sul do município, nas adjacências de fragmentos de vegetação natural densa (Tabela 1 e Figura 2). Observa-se o crescimento exponencial da atividade de mineração e um predomínio das atividades agropastoris, que substituem principalmente as áreas de vegetação densa. A expansão da área urbana ocorreu de forma tal que passou a configurar uma relação conflituosa com a área de mineração.

Na Figura 2 o gráfico A mostra que a atividade agropastoril foi a tipologia de uso do solo que mais expandiu no município. Complementarmente, observa-se no gráfico B a variação das classes e, de forma geral, as classes de vegetação densa e campo rupestre/afloramento rochoso foram as que apresentaram maior perda de área. Já as atividades agropastoris, mineração e reflorestamento apresentaram um ganho na representatividade espacial de ocupação de área.



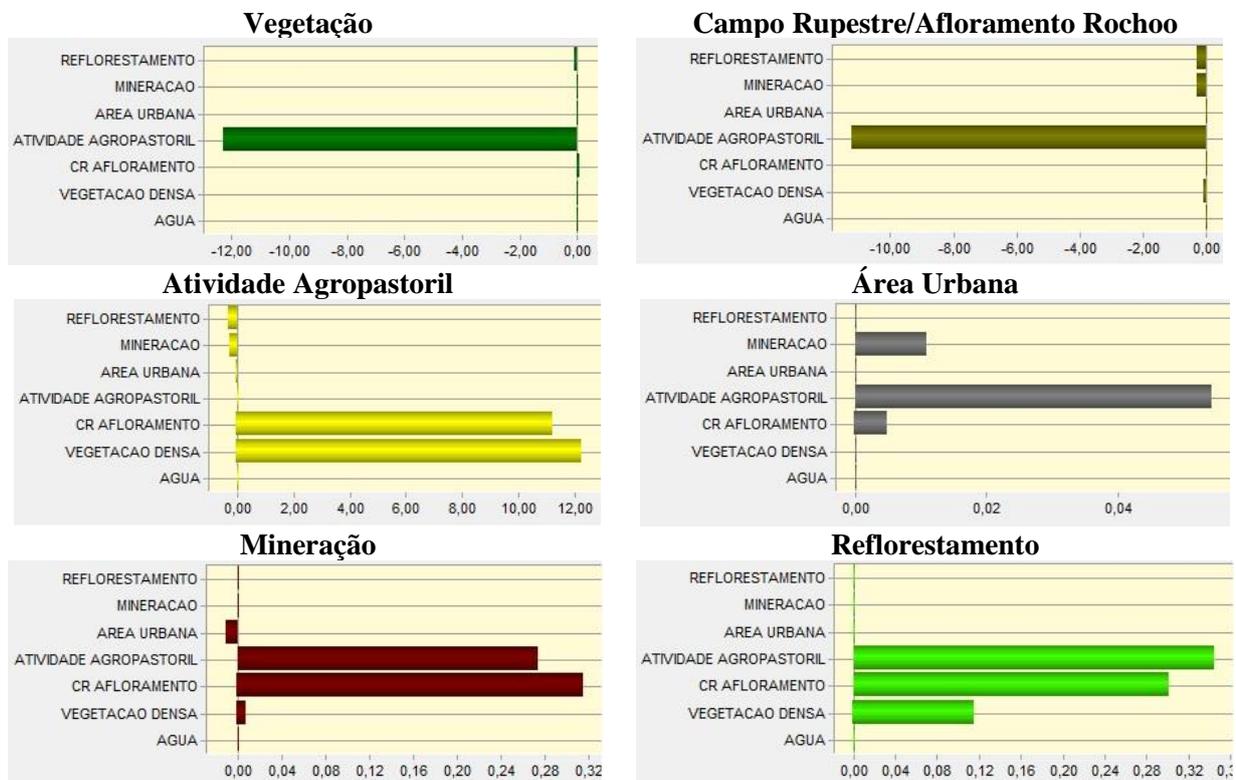
**Figura 2** - (A) Gráfico do quantitativo de perdas e ganhos das classes de cobertura do solo (%) e (B) Gráfico da variação quali-quantitativa das classes de cobertura do solo (%)

Observa-se na Figura 3 (A e B), que em 1984 a cobertura de vegetação densa já apresentava um padrão espacial de intensa fragmentação, processo que foi acentuado ao longo dos anos, culminando em uma paisagem extremamente antropizada, restando apenas 17,4% de vegetação densa. Os fragmentos de vegetação remanescentes encontram-se preservados principalmente ao longo das cristas monoclinais quartzíticas, localizadas na porção central do município (Figura 3). Tal fato evidencia o importante papel do relevo como uma barreira para o avanço das atividades agropastoris, principal agente da fragmentação florestal na área de estudo.



**Figura 3** - Uso e cobertura do solo em 1984 (A) e 2011 (B) no município de São Thomé das Letras.

Observa-se nos dados apresentados (Figura 4) que as áreas cobertas por vegetação densa e campo rupestre/afloramento rochoso passam a ser ocupadas em 2011, principalmente, pela atividade agropastoril. Em relação à classe campo rupestre/afloramento rochoso observa-se ainda a perda de área para a ocupação da mineração e da área urbana.



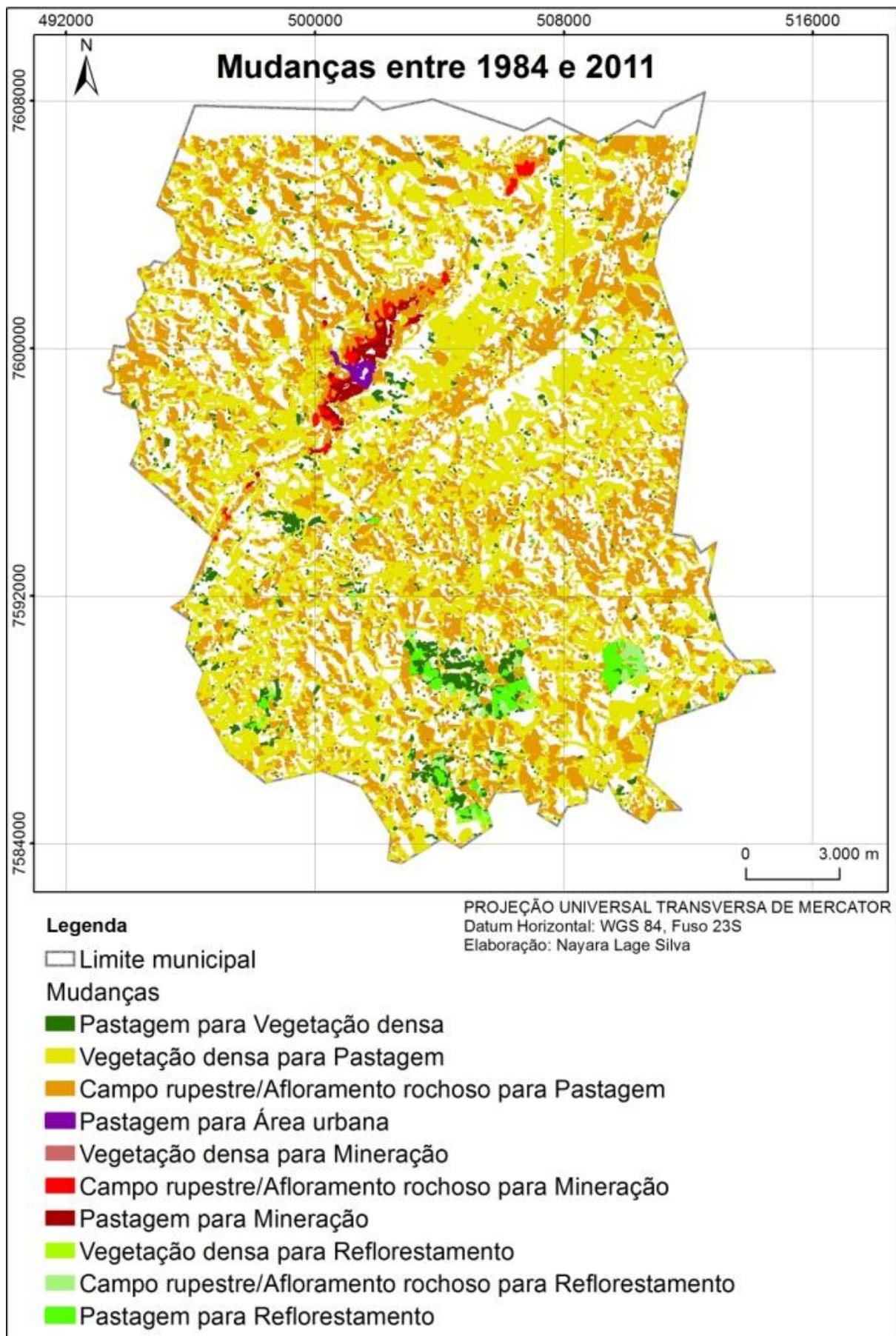
**Figura 4** - Contribuição no total de mudança de cada tipologia de uso e cobertura do solo, em porcentagem de mudança

A atividade agropastoril é a tipologia de uso que causa o maior impacto em termo de área no município, é a tipologia que representa a matriz da paisagem (FORMAN; GODRON, 1986). Por outro lado, a atividade de mineração, que possui pouca representatividade espacial, é a atividade antrópica que mais implica em impactos variados e irreversíveis ao meio ambiente (CHIODI, 2010; LOPES et al. BARBOSA, 2013).

O aglomerado urbano cresce principalmente sobre áreas antes ocupadas pela atividade agropastoril. Nota-se que sua expansão ocorre em proximidade às áreas de mineração, caracterizando o evidente conflito do uso do solo entre mineração e áreas urbanizadas. Já a atividade de reflorestamento surge, ao sul da área de estudo, ocupando as áreas de atividades agropastoris, afloramento rochoso/campo rupestre e vegetação densa.<sup>2</sup>

Com o objetivo de visualizar as mudanças supracitadas, elaborou-se o mapa de mudanças, mostrado na Figura 5.

<sup>2</sup> Os dados disponíveis no IBGE da população começam em 1991. Em 1991 a população era de 5.700 habitantes e em 2010 de 6.655. Acredita-se que esse crescimento não é tão marcante, permitindo concluir que o que foi significativo na expansão urbana não foi o aumento de habitantes e sim o avanço espacial.

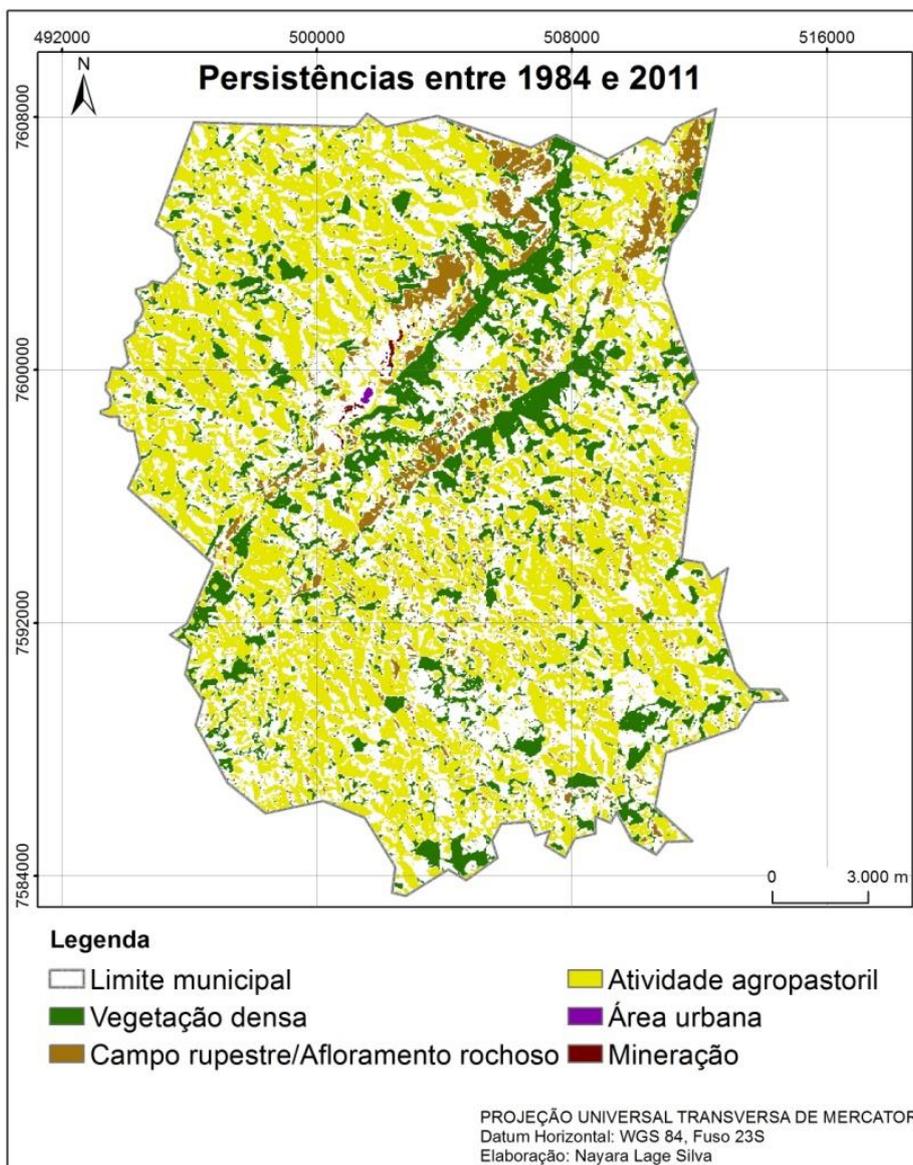


**Figura 5** - Principais mudanças ocorridas nas tipologias de uso e cobertura do solo entre 1984 e 2011 no município de São Thomé das Letras

Apesar de trazer muitas informações, o que pode causar dificuldade em sua análise, o mapa permite visualizar espacialmente as alterações da cobertura do solo. No mapa se destaca a perda da vegetação densa para a ocupação de outras atividades como a agropastoril, área urbana, mineração e reflorestamento, devido a sua maior distribuição geográfica. É possível identificar também a expansão urbana sob a mineração e afloramento rochoso/campo rupestre. Nota-se também as áreas de reflorestamento que se destacam no meio devido à sua dimensão e forma. Em uma análise mais detalhada, são apresentados na Figura 4 os gráficos que permitem verificar padrões de comportamento e a dinâmica de alteração.

Já na Figura 6 é mostrado o mapa de persistência, onde é possível visualizar espacialmente as áreas que não sofreram alterações desde o ano de 1984. Observa-se que ainda há áreas de campo rupestre/afloramento rochoso e vegetação densa intactas, e que preservam os recursos naturais da região e potencializam o turismo ecológico. Verifica-se que as mudanças ocorreram em toda a

extensão territorial do município de São Thomé das Letras, mas foi na região central do município que ocorreu as maiores alterações em termo de área, principalmente com a supressão de fragmentos florestais e o avanço da mineração.



**Figura 6** - Áreas onde não ocorreram mudanças entre 1984 e 2011

#### 4. CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos a partir do processamento das imagens e elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo do município São Thomé das Letras para os anos de 1984 e 2011 foi possível observar mudanças significativas nas tipologias mapeadas, principalmente mineração e vegetação densa.

Os resultados obtidos com o auxílio do modelo LCM, permitiram verificar que a atividade de mineração expandiu predominantemente sobre campo rupestre/afloramento rochoso. A classe atividade agropastoril aumentou consideravelmente entre 1984 e 2011, consolidando-se como a atividade que proporciona o maior impacto ambiental em extensão territorial. A atividade agropastoril ocupa grande extensão do município, entretanto, a atividade de mineração, apesar de ocupar uma área muito inferior, apresenta maior contribuição de arrecadação municipal e estadual e de impactos significativos ao meio ambiente.

Conclui-se que há necessidade de melhoria e maior rigor na regulamentação das atividades de mineração e agropastoris, bem como na fiscalização de seu atendimento. Essas atividades de grande impacto ambiental negativo estão expandindo no município sem o devido planejamento e controle. Por outro lado, os maiores remanescentes de vegetação densa, presentes na área central do município, que persistem desde 1984, necessitam ser estudados com o objetivo de serem transformados em unidades de conservação de proteção integral.

A área de estudo possui potencial para o turismo ecológico, haja vista a presença de áreas remanescentes de campo rupestre, afloramentos rochosos e fragmentos de vegetação densa, associados aos alinhamentos serranos, elementos notáveis na paisagem. É de fundamental importância que o município seja estudado com o objetivo de identificar áreas com aptidão para geoconservação.

Observa-se que o relevo exerce um papel importante na configuração espacial do uso e cobertura do solo da área de estudo, principalmente por atuar como uma barreira para as atividades antrópicas agropastoris. Por outro lado, é nos alinhamentos serranos e cristas quartzíticas que ocorre a atividade de mineração. Tal situação configura-se como vetor de conflitos no município de São Thomé das Letras.

Portanto, o grande desafio para os gestores públicos do município é o desenvolvimento ou a reformulação dos instrumentos de gestão territorial e ambiental, a exemplo do Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal, visando a gestão dos usos conflitantes, a mitigação dos impactos ambientais e a conservação da biodiversidade.

**REFERÊNCIAS**

ÁVILA, J. L. T.; MONTE-MÓR, R.L. M. **Urbanização e Impactos Ambientais: uma análise da relação entre as características dos espaços urbanos e a poluição hídrica na região do médio Rio Doce**. 2007. p.21. Projeto de Extensão, CEDEPLAR-UFMG, Belo Horizonte, 2007. Disponível em:

<[http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii\\_en/mesa3/trabalhos/urbanizacao\\_e\\_impactos\\_ambientais.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii_en/mesa3/trabalhos/urbanizacao_e_impactos_ambientais.pdf)>. Acesso em: 30 ago. 2013.

BUENO, B. P. S. Caminhos da história da urbanização no Brasil-colônia Introdução. **Anais do Museu Paulista** v. 20, n. 1, p. 11–40, 2012.

CHIODI, D. K. **Os quartzitos de São Thomé das Letras, Minas Gerais: principais demandas para o desenvolvimento sustentável da atividade produtiva**. Seminário sobre Arranjos Produtivos de Base Mineral, nov. 2003. Disponível em: <[http://www.abirochas.com.br/en/info\\_mercado/Quartzitos\\_Sao\\_Tome.pdf](http://www.abirochas.com.br/en/info_mercado/Quartzitos_Sao_Tome.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2010.

DESCHAMPS, D. et al. **Controle Ambiental na Mineração de Quartzito – Pedra São Tomé**. Belo Horizonte: Projeto Minas Ambiente, 2002, 204 p.

EASTMAN, J. R. **IDRISI Selva: Guide to GIS and Image Processing**. Worcester: ClarkLabs, 2011. 327 p.

FILHO, B. S. S. **Interpretação das imagens da terra**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2000, 17 p.

FLORENZANO, T, G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002, 97 p.

FORMAN, R.T.T. ; GODRON, M. **Landscape ecology**. 1st. arg. New York: Wiley and Sons, 1986. p. 619.

HORNING, N. et al. **Remote sensing for ecology and conservation**. New York: Oxford, 2010. p. 451.

HOUGHTON, R. A. The Worldwide Extent of Land-use Change. **BioScience** v. 44, n. 5, p. 305–313. 1994.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. 2011. Disponível em: <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)> Acesso em: 27 de abr. 2015.

JENSEN, R. J. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 598 p.

LOPES, C. R. G. **Modelagem do uso e conservação dos recursos da geodiversidade no município de São Thomé das Letras - MG**, Universidade Federal de Minas Gerais. Qualificação para Mestrado, 2014, 76p.

LOPES, R. M. F. et al. **O que pensam as lideranças de São Tomé Das Letras, MG, sobre as questões ambientais do município?** Revista Monografias Ambientais - REMOA – UFSM, jan-abr,

2013. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/remoa/article/viewFile/7077/pdf>> Acesso em: 27 de abr. 2015

LUIZ, C. H. P. **Modelagem da cobertura da terra e análise da influência do reflorestamento na transformação da paisagem: Bacia do Rio Piracicapa e Região Metropolitana do Vale do Aço.** Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, 2014, 140 p.

MARQUES-NETO, R.; VIADANA A. G. **Efeitos neotectônicos na microbacia do córrego da Cachoeira (São Thomé das Letras-MG).** Simpósio Nacional de Geomorfologia, nov. 2006. Disponível em: <<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/aut/articles/313.pdf>>. Acesso em: 27 de abr. 2015

MAS, J. F. et al. Modelling Land use / cover changes : a comparison of conceptual approaches and softwares. **Environmental Modelling and Software**, v. 51, p. 94–111, 2014.

MATHER, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images**, John Wiley & Sons, 1987.  
MELO, I. D. F. **Aspectos da correção geométrica de imagens orbitais**, Universidade Federal de Pernambuco: Recife, 2004, 1-9p.

MILGRAM, D. Computer Methods for Creating Photomosaics. **IEEE Transaction on Computers** v. C-24, p. 1113–1119 , 1975.

MONTE-MÓR, Roberto L. et al. Ocupação do Território e Estrutura Urbana. In: PAULA, João Antônio (Org.). **Biodiversidade, População e Economia: uma região de Mata Atlântica.** Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, 1997. p. 91–154.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** São Paulo: Edgard Blücher. 2ª Edição, 1992, 308 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** São Paulo: Edgard Blücher. 3ª Edição, 2008, 363 p.

RESENDE, M. A. P. et al.. **Pedra São Tomé: Valoração regional por meio da revitalização da paisagem e da identidade cultural em São Thomé das Letras**, Universidade Federal de Minas Gerais. Projeto FAPEMIG, 2009, 776p.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** Ed. da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 1990, 136p.

SOARES-FILHO, B. S.; RODRIGUES, H.; FOLLADOR, M. A hybrid analytical-heuristic method for calibrating land-use change models. **Environmental Modelling & Software** v. 43, p. 80–87, 2013.

SOUZA, G. G.; SANTOS, M. R. C. dos; COSTA, A. G. **Quartzitos de São Tomé das Letras: enquadramento geológico, caracterização tecnológica e análise ambiental.** Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Geologia)- Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1999.

STEINITZ, C. **A Framework for Geodesign.** Redlands: ESRI Press, 2012. 360 p.

STOMPH, T. J.; FRESCO, L. O.; KEULEN, H. V. Land use system evaluation: concepts and methodology. **Agricultural Systems** v. 44, p. 243–245, 1994.

VELDKAMP, A.; FRESCO, L. O. CLUE: a conceptual model to study the conversion of land use and its effects. **Ecological Modelling** v. 85, n. 2-3, p. 253–270, 1996.

VELDKAMP, A.; LAMBIN, E. Predicting land-use change. **Agriculture, Ecosystems and Environment** v. 85, p. 1–6, 2001.

## APÊNDICE

APÊNCIDE A – Matriz de confusão  
ANO 1984

## MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO

(colunas: dados de referencia)

	CRAflorame	Vegetdensa	Mineracao	Agua	pastagem1	pastagem2	Abstencao	Soma lin.
CRAflorame	454 45.63%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1 0.10%	2 0.20%	0 0.00%	457
Vegetdensa	0 0.00%	262 26.33%	0 0.00%	0 0.00%	1 0.10%	0 0.00%	0 0.00%	263
Mineracao	0 0.00%	0 0.00%	33 3.32%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	33
Agua	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	48 4.82%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	48
pastagem1	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	89 8.94%	24 2.41%	0 0.00%	113
pastagem2	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6 0.60%	75 7.54%	0 0.00%	81
Soma col.	454	262	33	48	97	101	0	995

	Exatidao do produtor	Exatidao do usuario
CRAflorame	100.00%	99.34%
Vegetdensa	100.00%	99.62%
Mineracao	100.00%	100.00%
Agua	100.00%	100.00%
pastagem1	91.75%	78.76%
pastagem2	74.26%	92.59%

**Desempenho geral: 96.58 %**  
**Confusao media : 3.42 %**  
**Abstencao media : 0.00 %**  
**Estistica KHAT : 95.10 %**  
**Variancia KHAT : 6.594e-005**  
**Estistica TAU : 95.90 %**

**APÊNCIDE B – Matriz de confusão**  
**ANO 2011**

MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO

(colunas: dados de referencia)

	pastagem1	pastagem2	refloresta	CRAflorame	mineracao	areaurbana	agua	vegetdensa	Abstencao	Soma lin.
pastagem1	1802 61.31%	75 2.55%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	9 0.31%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1886
pastagem2	32 1.09%	507 17.25%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	539
refloresta	0 0.00%	0 0.00%	96 3.27%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	96
CRAflorame	1 0.03%	6 0.20%	0 0.00%	168 5.72%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	175
mineracao	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	69 2.35%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	69
areaurbana	2 0.07%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	74 2.52%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	76
agua	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6 0.20%	0 0.00%	0 0.00%	6
vegetdensa	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	92 3.13%	0 0.00%	92
soma col.	1837	588	96	168	69	83	6	92	0	2939

	Exatidao do produtor	Exatidao do usuario
pastagem1	98.09%	95.55%
pastagem2	86.22%	94.06%
refloresta	100.00%	100.00%
CRAflorame	100.00%	96.00%
mineracao	100.00%	100.00%
areaurbana	89.16%	97.37%
agua	100.00%	100.00%

**Desempenho geral: 95.75 %**  
**Confusao media : 4.25 %**  
**Abstencao media : 0.00 %**  
**Estistica KHAT : 92.34 %**  
**Variancia KHAT : 4.568e-005**  
**Estistica TAU : 95.14 %**