

## Sensoriamento Remoto e SIG aplicados ao mapeamento do uso do solo urbano de Montes Claros/MG

Marcos Esdras Leite <sup>1,2</sup>  
Jorge Luis Silva Brito <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES  
Caixa Postal 126 - 39401-089 - Montes Claros - MG, Brasil  
marcosesdras@ig.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia - UFU  
Caixa Postal 593 – 38400-902 – Uberlândia – MG – Brasil  
jbrito@ufu.br

**Abstract.** Montes Claros is a Brazilian city that is considered the main center of mesoregion northern state of Minas Gerais, especially as the main center of commerce and services, besides having the largest number of industries installed in their surroundings. It is the city that ranks fifth in rank of population of the state of Minas Gerais and it lies in ninth position in terms of better economic performance. Its economic importance is transformed into an attractive factor for an increasing migration of people from neighboring regions, which hampers the use of urban land increasingly, and the scarcity of reliable information for a mapping of urban land use embodies serious problems for public policies. In this context, the objective is to understand the use of urban land in Montes Claros, through the application of integrating remote sensing to the GIS. More specifically this paper seeks to identify the classes of urban land use in Montes Claros, and analyze the relationship between them.

**keywords:** remote sensing, GIS, urban land.

### 1. Introdução

O estudo sobre os diversos problemas urbanos está se expandindo em função da importância desse tema, uma vez que o processo de urbanização em escala global está em crescimento, impulsionado pelos países pobres. As cidades se tornaram o principal ponto de concentração de pessoas, isso foi constatado no relatório do UNFPA (2007), que apontou, através de estimativas, que a população rural foi superada pela população urbana no mundo. A diversidade econômica e a disponibilidades de serviços básicos e de infra-estrutura são apontados como fatores responsáveis por essa atração para a cidade.

Em função, das diversas atividades e da alta densidade demográfica presentes na cidade, esse espaço apresenta complexidade na interpretação do uso do solo. E pensar em desenvolvimento das áreas urbanas exige compreender as diferentes funções e interações entre os componentes que produzem o espaço urbano. Nesse sentido, a identificação das funções de cada área da cidade é primordial para apresentar planos e propostas de desenvolvimento urbano que visem uma melhor qualidade de vida para os cidadãos. Essa idéia é ratificada por Tenedório (1989) que afirmar que as informações do uso do solo de determinado espaço são imprescindíveis para o planejamento territorial, pois as mesmas são basilares para o processo de conhecimento da organização do espaço.

Analisar o uso do solo de uma cidade exige uma definição conceitual desse termo, haja vista que há divergência na concepção de alguns pesquisadores. A definição da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 1995) trata o uso do solo pelo critério funcional, assim, entende que o conceito de uso está relacionado à finalidade para a qual a terra é usada pela população local. Corrobora com essa interpretação, Cheng (2003) ao definir uso do solo, de maneira ampla, como o nível de acumulação espacial de atividades, tais como, produção, transação, administração e residência com fortes relações de dinâmica entre elas. Dessa forma, esse autor define uso do solo urbano em uma perspectiva econômica, na qual o uso está relacionado às atividades econômicas e funcionais a que o solo se destina.

A transição de estado de uso do solo urbano indica mudança na dinâmica urbana, ou seja, quando há uma redefinição funcional no padrão espacial pode-se concluir que esse espaço sobre influência de algum processo recente. No caso da cidade média, como a cidade de Montes Claros, apresenta um percentual de crescimento urbano maior que outros tipos de cidade, essa mudança será mais intensa. Embora, ocorra essa constante transformação nas cidades médias, há escassez de informações que mensurem e auxiliem na análise desse processo.

Essa deficiência de informações pode ser reduzida com a aplicação do sensoriamento remoto, através de imagens de alta resolução. De acordo com Novo (2008) a expressão alta resolução refere-se à imagem da superfície terrestre, captada por sensores orbitais, com resolução espacial menor que 5 metros. Entretanto, o avanço da tecnologia militar permitiu que imagem com resolução inferior a 1 metro fosse possível.

O suporte das imagens de alta resolução foi decisivo para os estudos de uso do solo urbano, uma vez que para mapear os alvos intra-urbanos é necessária uma escala que possibilite maior detalhamento, logo, há necessidade de uma base compatível com a escala pretendida. O sensoriamento combinado ao SIG permite sistematização e análise dos padrões de uso de solo com alto índice de confiança.

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou compreender o uso do solo urbano de Montes Claros/MG, através da aplicação do sensoriamento remoto integrado ao SIG. O interesse do trabalho foi identificar as classes de uso do solo urbano de Montes Claros e analisar a relação entre essas, bem como, associar a configuração funcional do espaço urbano com as características socioeconômica da cidade.

Montes Claros é o principal pólo da mesorregião do Norte de Minas Gerais, destacando como centro de comércio e serviço, bem como na concentração de indústrias. Sua população está estimada em aproximadamente 367 mil habitantes, o que há torna o quinto maior município do estado de Minas Gerais. Esse contexto econômico regional faz com que a migração para essa cidade seja constante, exigindo ações de gestão urbana eficiente. O resultado desta pesquisa é importante, haja vista que não há dados atuais sobre o uso do solo urbano de Montes Claros. Além disso, o governo local não possui informações em escala confiável para mapeamento funcional do solo urbano. Dessa forma, o conhecer a realidade do espaço urbano é primordial para a definição de políticas públicas que atendam de fato a necessidade da sociedade.

## **2. Metodologia de Trabalho**

O interesse econômico e ambiental do solo levou instituições e governos a discutir formas de classificação do uso da terra. A partir dessa classificação é possível realizar o ordenamento do território, uma vez que é diagnosticado a situação real da área e, com isso pode-se propor mudanças para otimizar o uso do solo. Um exemplo de ações advindas do mapeamento do uso da terra são os zoneamentos, que podem ser destinados a diversas finalidades, como o zoneamento ambiental, o zoneamento agroflorestal e o zoneamento urbano. Essa necessidade fomentou discussões tanto em ambiente acadêmico, como governamental, sobre a importância de um sistema de classificação de uso e ocupação do solo. Nesse contexto, o governo dos Estados Unidos da América, em 1971, realiza a Conferência sobre informação e classificação do uso da terra (*Conference on Land Use Information and Classification*), sediada na capital dos Estados Unidos, Washington.

Como resultado dessa conferência foi proposto o sistema de classificação de uso e cobertura da terra de Anderson, Hardy, Roach e Witmer de 1976. Esse sistema possuía uma classificação com, apenas, o primeiro e o segundo nível. Embora, por se tratar de um sistema aberto e flexível, era possível avançar para o terceiro e quarto nível de classificação, buscando

maior detalhamento na classificação e atendendo as peculiaridades de cada território. (Anderson *et al.* 1976).

O nível I desse sistema é composto por nove classes e o segundo por 37 classes. Esse sistema aborda no nível I uma classe de uso urbano, denominada de terra urbana ou construída (*Urban or Built-up Land*). E no nível II está última pode ser ramificada para outras sete classes, sendo elas: a) residencial; b) comercial e serviços; c) industrial; d) transporte; e) comunicação e utilidades; f) complexos industriais e comerciais; g) terra urbana (mista ou construída e diversa ou construída).

Para Foresti; Hamburger (1995) a última classe do nível II (terra urbana, diversos ou construída) demonstra os problemas de se criar uma definição de classes de uso do solo urbano, pois há uma complexidade de usos em um espaço reduzido, por isso, há necessidade de classes generalistas para agregar os usos esporádicos e pequenos. A proposta de Anderson *et al* (1976) permite classificar os tipos de uso do solo urbano, pois aprofunda em uma identificação da diversidade de funcionalidade do espaço intra-urbano. Essa argumentação ratifica a necessidade de classificar o uso do solo urbano baseando-se no detalhamento, a fim de se obter uma representação cartográfica qualitativa e quantitativa da ocupação da cidade.

No intuito de atingir os objetivos propostos foi necessário usar a proposta metodológica de Anderson (1976). A partir disso, foi possível definir os níveis de mapeamento que contemplassem os objetivos deste trabalho. A figura 11 apresenta o sistema de classificação do uso do solo urbano da cidade de Montes Claros, o qual é composto por dois níveis. Dessa forma, o trabalho se iniciou pela área urbana, haja vista que é a classe menos detalhada nos sistemas de classificações analisados anteriormente. Isso ocorre em decorrência da diversidade de usos no espaço urbano que necessita de uma escala muito grande para ser mapeado. No caso deste trabalho considerou nesta etapa o perímetro urbano da cidade de Montes Claros que compreende uma área de 101 km<sup>2</sup>. A figura 01 traz a legenda hierárquica definida neste trabalho, na qual há os dois níveis de classificação de uso do solo urbano.



Figura 01. Legenda com os níveis de classificação de uso e ocupação do solo urbano de Montes Claros. Org.: Leite, M. E. 2010.

Iniciando os níveis de classificação do uso do espaço urbano, o nível I trata de uma classificação binária, contemplando as classes: Ocupado e Não Ocupado. A categoria denominada de Não Ocupado agrega as áreas que não apresenta manifestações de ocupação humana, esta inclui os grandes vazios urbanos, as lagoas e as áreas de preservação ambiental, como os parques urbanos, além dos loteamentos não edificadas, conforme mostra o quadro 01.

Sendo assim, nesta classe estão às áreas sem a presença de loteamentos com algum tipo de construção, seja esta, para fins de moradia, comércio, prestação de serviços ou indústria. Conseqüentemente, na outra categoria desse nível, Ocupado, estão às áreas com algum tipo de edificação. E, como o interesse desta pesquisa perpassa pela área com ocupação humana, o grupo de Não Ocupado não foi dividida em outras categorias, ao contrario da classe Ocupado que, no nível III, foi ramificada em três novas categorias.

#### Quadro 04 – Descrição das amostras de espaços Não Ocupados

Espaços Não	Descrição	Imagem Satélite
-------------	-----------	-----------------

## Ocupado

Mata	Vegetação natural de Cerrado com variação do porte vegetal herbáceo, arbustivo e arbóreo.
Lagoa	Áreas de lagoas perenes localizadas na periferia da cidade
Loteamentos sem Edificação	Arruamento de loteamento sem edificações.
Solo Exposto	Áreas com exposição do solo em decorrência da degradação da cobertura natural. Essas áreas estão presentes



Fonte: Imagem Quick Bird, 2005. Composição colorida 1r2g3b. Resolução espacial 0,61m.  
Org.: LEITE, M. E. 2009.

No nível I estão as principais classes para análise do espaço intra-urbano, pois se inserem nessa condição os usos: Residencial, Industrial e comercial/Serviços. Essas três categorias expressam as partes mais representativas do uso do solo urbano. Por serem características das cidades as classes no nível III são utilizadas comumente ao trabalhar com o uso do solo urbano.

A categoria Industrial representa a área da cidade com a função industrial, em que há plantas industriais instaladas ou exista infra-estrutura para recebê-las. A característica físico-espacial da área industrial é diferenciada na malha urbana, em função da forma geométrica e do tamanho das construções. Além do fato, da resposta espectral dos materiais usados na cobertura das fábricas destoarem dos outros tipos de teto e os mesmo estarem unificados em uma determinada área, como pode ser observado no quadro 02.

A categoria Comércio/Serviços apresenta dificuldade de identificação no espaço urbano, haja vista que as áreas destinadas a fins comerciais e de serviços não se apresentam de maneira homogênea, como analisado por Foresti; Hamburger (1995). Então, no trabalho de Anderson *et al.* (1976) foi definido que os usos não comerciais e de serviços não devem ultrapassar a um terço do tal da área em investigação.

A categoria residencial corresponde à área na qual há função de moradia, independente da densidade de ocupação da área e da diversidade socioeconômica presente na mesma. Analisando a classificação do uso do espaço urbano Luchiari (2001, p. 47) informa que “as áreas residenciais ocupam a maior porção do espaço urbano e guardam diferenciações entre elas”.

Diante da complexidade de extrair informações do espaço urbano, através de imagens de satélites recorreu-se, neste trabalho, ao software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas). Este software é diferente dos outros utilizados neste trabalho, uma vez que é resultado do avanço da tecnologia brasileira na área do

processamento de informações espaciais, pois o mesmo foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial- INPE.

**Quadro 05 – Descrição das classes de uso do solo de Nível II**

Classe Ocupado	Descrição	Imagem Satélite
Industrial	Área edificada com predominância de grandes construções.	
Comercial e Serviços	Área edificada com predominância de construções com mais de um piso. Com teto em sua maioria de amianto e zinco.	
Residencial	Área edificada de uso predominantemente residencial. Apresentando características diversas.	

Fonte: Imagem Quick Bird, 2005. Composição colorida 1r2g3b. Resolução espacial 0,61m.  
Org.: LEITE, M. E. 2009.

Com o uso da composição colorida, a imagem apresentou uma resolução espacial de 2,4 metros. Para melhorar essa resolução espacial da imagem multiespectral foi aplicado a técnica de fusão. Essa técnica é comumente usada no trabalho de processamento digital de imagens, pois gera novas imagens que combinam as vantagens das imagens usadas, com isso preserva-se a informação espectral (quantidades de bandas) com a melhor informação espacial. Através dessa transformação realizada no software SPRING, entre a imagem multiespectral com a banda pancromática do Quick Bird, atingiu-se uma resolução de saída de 0,61 metros, ou seja, a mesma resolução da imagem pancromática. Ao comparar a Portanto, a técnica de fusão IHS auxiliou na interpretação visual e permitiu preservar a amplitude de valores de forma a suportar classificação espectral.

Na sequência operacional, usando o software Arc GIS 9.3, foi possível realizar uma classificação direcionada a objetos e vetorizar as classes de uso do solo urbano definidos na legenda apresentada na figura 1.

**3. Resultados e Discussão**

O resultado expresso na figura 02 mostra que dos 101 km<sup>2</sup> da área urbana de Montes Claros 59,8 km<sup>2</sup> estão ocupados, representando 59,3% do perímetro urbano, enquanto 41,2 km<sup>2</sup> não estão ocupados, o que corresponde a 41,7% da área urbana. Entretanto, vale destacar que a área não ocupada agrega terrenos que não são passíveis de ocupação humana, pois há impedimentos naturais e legais, como os lagos, os parques e as áreas de preservação permanente. Essa ressalva é importante, pois ao apresentar esses dados pode-se fazer uma inferência equivocada de que a área não ocupada representa o potencial de solo a ser ocupada ao longo dos anos.

Ao analisar o mapa binário de uso do solo (figura 02), outra informação que pode ser absorvida trata da distribuição de espaços não ocupados. A área norte da cidade aparece com o maior percentual de área não ocupada, isso é uma consequência do baixo interesse

imobiliário dessa região da cidade. O poder público municipal usa esta área para implantar conjunto habitacional popular, e isso se torna um empecilho na atração populacional. Ao contrário do que ocorre na parte norte da cidade, a região sul apresenta alto grau de ocupação. Os fatores responsáveis por essa situação podem ser explicados pela concentração de investimento público e privados nessa área. Como a presença de alguns fatores de valorização imobiliária como shopping centers, faculdades e parques urbanos. Conseqüentemente, a taxa de ocupação dessa área será estimulada.

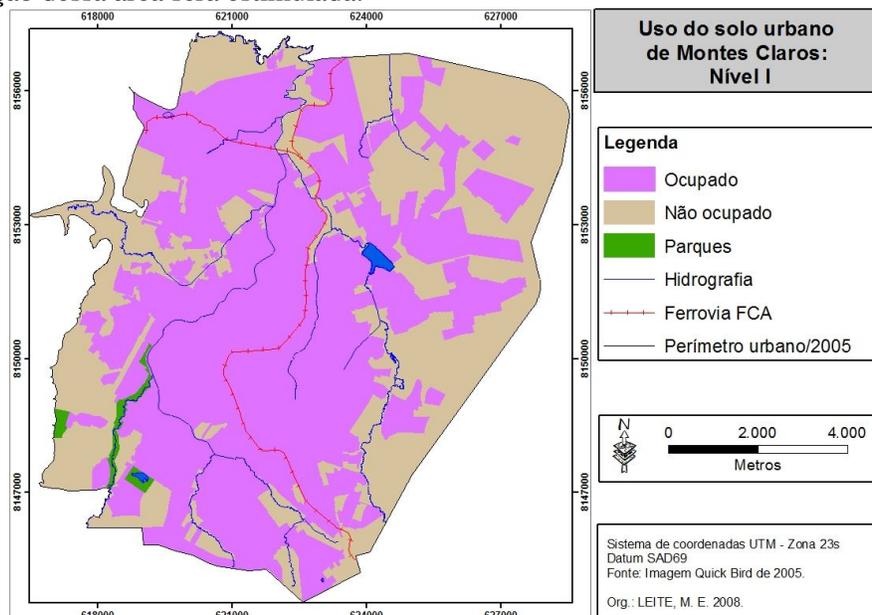


Figura 02. Uso do solo de Montes Claros/MG, nível I.

Além do problema de social decorrente dessa concentração dos parques, essa evidência pode-se analisada por outro aspecto, o ambiental, em que há na cidade uma pequena porção do espaço de parques urbanos. As informações do uso do solo revelam que nos 101 km<sup>2</sup> de perímetro urbano há apenas 0.84 km<sup>2</sup> de área de parque no interior da cidade. Dessa forma, constata-se que além de extremamente concentrado os parques urbanos representam uma pequena parcela do espaço urbano, isto é, 0,83% da área do perímetro urbano. Esse dado expressa a necessidade de pensar a implantação de novos parques na cidade de Montes Claros.

Embora, possam-se fazer algumas leituras específicas sobre os espaços ocupados e não ocupados da cidade de Montes Claros, o item que mais se destaca é a forma concêntrica da ocupação desse território. A área central apresenta alta densidade de ocupação e foi a partir dessa que o espaço ocupado se expandiu, mesmo que de maneira diferenciada para as periferias.

A atividade industrial em Montes Claros sofreu, na década de 1990, uma crise motivada pelo fim dos incentivos da SUDENE. Essa conjuntura provocou a saída de várias indústrias de Montes Claros. Apesar dessa crise que ocorreu na indústria montesclarenses, a área destinada a essa atividade econômica se destaca no espaço urbano da cidade analisada, representando 6,75 km<sup>2</sup> na área urbana. Isso, devido, ao fato da localização das fábricas terem sido planejadas e a concentração das mesmas direcionou-se para a região norte da cidade, onde se criou o distrito industrial.

A classe de comércio e serviço tem, de acordo com o figura 03, o centro da cidade como pólo irradiador que se expande para a periferia, através das principais vias de circulação da cidade. O uso da imagem de satélite associado à visita a campo permitiu verificar um processo de especialização comercial na área central, isto é, o centro da cidade está se

tornando um ponto exclusivamente de comércio e serviços. Outra tendência observada nessa parte da cidade é a verticalização, em que os imóveis antigos foram demolidos e no lugar foram construídos edifícios com mais de quatro andares.

No contexto mencionado de crise industrial em Montes Claros na década de 1990, a atividade de comércio e serviços ocupou os espaços deixados pelas fábricas. Houve mudança, também, no uso do solo de residencial para comercial, com isso, o uso de comércio e serviços ocupa a segunda maior área no espaço urbano de Montes Claros com 11,19 km<sup>2</sup> no perímetro urbano. A classe residencial, apesar de ceder espaço para a atividade comercial, ocupa a maior parcela do espaço urbano, em dados absolutos 41,86 km<sup>2</sup>, ou seja, quase metade de toda área do perímetro urbano. Com isso, se torna a principal categoria a ser analisada nessa pesquisa.

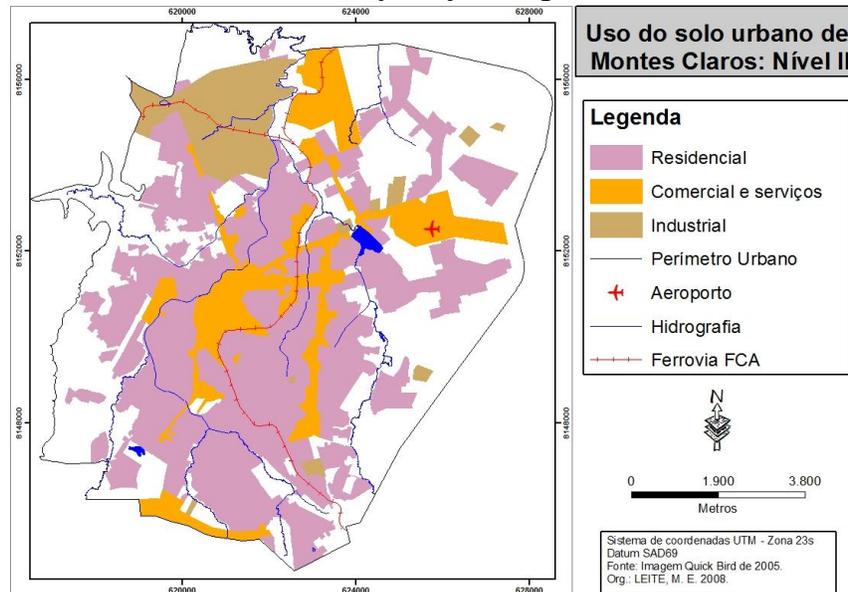


Figura 03. Uso do solo de Montes Claros/MG – Nível II.

Uma breve leitura do mapeamento do nível II do uso do solo urbano revela que a ocupação do espaço para moradia aconteceu de maneira diferente entre as regiões da cidade, sendo que a maior concentração está na parte sul e leste da cidade. Enquanto, nas outras áreas a ocupação é recente e o ritmo do adensamento ainda é pequeno comparado as duas regiões supracitadas. O crescimento espacial da cidade explica a diversidade de áreas residenciais, bem como, o padrão dessas na malha urbana.

#### 4. Conclusões

A metodologia aplicada com produtos orbitais de alta resolução permitiu mapear o uso do solo urbano de Montes Claros em dois níveis de uma legenda hierárquica. Sendo que o nível I apontou a disponibilidade de espaço para expansão urbana no interior do perímetro da cidade. Da mesma forma, essa primeira fase do mapeamento mostrou que os 59,3% do espaço que estão ocupados apresentam tipos de usos distintos, embora, como na maioria das cidades, predomine o uso residencial. Essa classe cresce, juntamente com a classe de comércio e serviços. Ao contrário do setor industrial que vem reduzindo e concentrado no distrito industrial.

O uso do solo na cidade estudada está em constante transformação, pois essas mudanças são condicionadas pelas atividades socioeconômicas. Com isso, a alteração em um setor da economia urbana leva à mudança de função de setores do espaço da cidade. O uso residencial é uma classificação complexa que pode e deve ser explorada a outros níveis de classificação.

Diante disso, é importante que a legenda apresentada neste trabalho se desenvolva, em futuras pesquisas, para outros níveis de mapeamento com maior detalhe da classe residencial.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG – pela bolsa doutoramento e pelas bolsas do Programa de Iniciação Científica - PROBIC.

### **Referências Bibliográficas**

Anderson, J. R. et al. **A land use and land cover classification system for use with remote sensor data**. Geological Survey Professional Paper 964. Washington, DC. 1976. 41P. Disponível em <http://landcover.usgs.gov/pdf/anderson.pdf>. Acesso em: 13.abr.2010.

Cheng, J. **Modelling spatial & temporal urban growth**. 2003. 203p. theses (doctoral in geographical sciences). Utrecht University. Utrecht. 2003. Disponível em [http://www.itc.nl/library/Papers\\_2003/phd\\_theses/cheng\\_jianquan.pdf](http://www.itc.nl/library/Papers_2003/phd_theses/cheng_jianquan.pdf). Acesso em: 9.mar.2009.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Planing for sustainable use of land resources**. FAO land and water bulletin 2. Rome: FAO,1995. 67p.

Foresti, C.; Hamburger, D. S. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do uso do solo urbano. In Tauk, S. M. (Org.). **Análise Ambiental: Uma visão Multidisciplinar**. São Paulo: UNESP, 1995. 206p. p.143-149.

Luchiari, A. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo. v. 1, n. 14. p.47-58. 2001.

Novo, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 3ª ed. São Paulo: Blucher, 2008. 363p.

Tenedório, J. A. **Concepção de cartas de uso e evolução do solo por interpretação de fotografia aérea vertical**. Almada: exemplo metodológico. Instituto Nacional de Investigação Científica. Centro de estudos de geografia e planejamento regional: FCSH-UNL, 1989. 80p.

UNFPA. Fundo de População das Nações Unidas. **Situação da população mundial em 2007: Desencadeando o potencial para o crescimento urbano**. Nova Iorque, 2007. 108p.