



## MONITORAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO EM SETE LAGOAS E PRUDENTE DE MORAIS – MG ENTRE 1990-2015

### MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015

Dalila de Fátima Moreira dos Santos <sup>1</sup>, Adriana Monteiro da Costa <sup>2</sup>, Fábio Soares de Oliveira <sup>3</sup>,  
João Herbert Moreira Viana <sup>4</sup>

#### RESUMO

Quantificar o crescimento urbano é fundamental para o planejamento territorial sustentável, pois pode nortear tomadas de decisão relacionadas ao zoneamento municipal. O presente trabalho fez uma análise multitemporal do uso e cobertura do solo nos municípios de Sete Lagoas e Prudente de Morais – MG, de 1990 a 2015, com base nas informações extraídas de imagens de satélites do Landsat. Os resultados sugerem que a tendência espacial de crescimento urbano destes municípios tem ocorrido pela substituição de áreas cobertas por vegetação e atividades agropecuárias pelas estruturas urbanas. Em Sete Lagoas, a expansão ocorre no sentido do centro para nordeste, sudoeste e sudeste, e em Prudente de Morais nos sentidos sudoeste e leste, ambos municípios com expansão urbana que pode vir a afetar a bacia do Córrego do Marinho, que representa uma importante área de recarga e abastecimento. Sua ocupação por atividades industriais representa um potencial problema ambiental. Este estudo contribui para entender a dinâmica da expansão urbana local e subsidiar o planejamento urbano.

**Palavras-chave:** Análise espaço-temporal; Crescimento Urbano; Análise por Sensoriamento Remoto

#### ABSTRACT

Quantifying the urban growth is fundamental for the sustainable land planning, because it may guide the decision-making process related to the municipal zoning. The present work analysed in a multitemporal way the land use, its soil coverage, and urban expansion of the cities of Sete Lagoas and Prudente de Morais – MG, based on the information extracted from Landsat satellite images. The results suggest that the urban growth spatial trend is happening due to the replacement of native vegetation and agricultural land by urban structures. In Sete Lagoas it occurs by the expansion from the center to northeast, southwest and southeast, in Prudente de Morais in the southwest and east directions, both municipalities with urban expansion that may affect to the Marinho Creek watershed which is an important area of recharge and supply. Its occupation by industrial activities represents an environmental problem. This work is a contribution to understanding of the dynamics of the local urban expansion and support the urban planning.

**Key-words:** Space Time Analysis; Urban Growth; Remote Sensing Analysis.

Recebido em: 01/02/2016

Aceito em: 09/02/2018

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, e-mail: [moreira\\_dalila@yahoo.com.br](mailto:moreira_dalila@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, e-mail: [drimonteiroc@yahoo.com.br](mailto:drimonteiroc@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, e-mail: [fabiosolos@gmail.com](mailto:fabiosolos@gmail.com)

<sup>4</sup> EMBRAPA, Belo Horizonte/MG, e-mail: [joao.herbert@embrapa.br](mailto:joao.herbert@embrapa.br)

## MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015

### 1.INTRODUÇÃO

Com o aumento da densidade demográfica em áreas urbanas, surge a necessidade de sua expansão. Essa expansão pode ser compreendida como um “processo de conotação espacial com dimensão temporal, ocorrendo quando as cidades requerem novos espaços para ampliação” (ROSSETTI, 2007, p.15). Ou seja, esse processo acarreta um aumento na demanda por recursos naturais diversos, com destaque para água e o solo. Por isso, a falta de planejamento adequado acarreta inúmeros impactos negativos, que direta e indiretamente podem surgir como problemas urbanos, tais como: desenvolvimento de área de vulnerabilidade social; ocupação desorganizada; ausência ou insuficiência de infraestrutura e de prestação de serviços públicos; inundação; erosão; desmoronamentos; poluição; aumento de resíduos; supressão de vegetação, entre outros.

Monitorar o espaço urbano é premissa para um planejamento e gestão sustentável do território. Neste sentido, um grande desafio à sociedade consiste em avançar na abordagem de processos dinâmicos e na análise de fenômenos de caráter geográfico, a partir da consideração do tempo e do espaço, de suas múltiplas articulações e da apreensão das escalas geográficas, que se configuram por meio dessas articulações (SPOSITO, 2006). Por isso a importância de se analisar holisticamente e em diferentes escalas espaço-temporais o processo de urbanização.

No Brasil, o planejamento urbano é uma prerrogativa constitucional da gestão municipal (BRASIL, 1988; BRASIL, 2001), a partir da qual define a função social da cidade. Embora existam ferramentas para auxiliar na elaboração dos planejamentos, enquanto produtos de investigação técnico-científica, muitas das tomadas de decisão têm orientação meramente política, sem conhecimento da dinâmica do espaço urbano, seja ela do presente ou passado. O conhecimento das mudanças na paisagem é fundamental para analisar os padrões de organização do espaço e permite monitorar o

crescimento urbano e nortear tomadas de decisão. Como por exemplo: a classificação do uso e cobertura do solo através da extração de dados de imagens orbitais se apresenta como ferramenta essencial e de baixo custo, capaz de subsidiar o planejamento e gestão urbana.

Os municípios de Sete Lagoas (SL) e Prudente de Moraes (PM) estão localizados no colar metropolitano de Belo Horizonte, Minas Gerais, e, apesar da proximidade com a capital mineira, Sete Lagoas tem grande importância regional (NOGUEIRA, 2006; LANDAU et al, 2011), caracterizando-se como um polo que centraliza uma série de atividades de importância para os municípios vizinhos no que tange aos setores secundário (seguimento industrial, em que se destacam as indústrias minero-metalúrgica e automobilística) e, principalmente, terciário, tais como serviços médicos e hospitalares; educacionais; rede bancária, comércio varejista e atacadista, entre outros serviços. Prudente de Moraes é limítrofe a SL e exerce o papel de uma das principais cidades dormitórias de Sete Lagoas, no qual a mobilidade de seus moradores para exercer atividades profissionais e acessar serviços mais especializados é diária.

Ambos os municípios têm o abastecimento de água como um dos principais desafios do planejamento urbano. Elas situam-se em áreas predominantemente cársticas, com predomínio de drenagem subterrânea. Em Sete Lagoas, dentre as bacias com potencial para captação de água superficial, encontra-se a Bacia do Córrego Marinheiro, situada na região limítrofe a Prudente de Moraes. Seu principal tributário é um importante afluente do Ribeirão Jequitibá, que por sua vez é afluente do Rio das Velhas.

Nos últimos anos, em função dos problemas de escassez hídrica e do aumento da demanda de diferentes atores por captação de suas águas, a bacia do Córrego do Marinheiro tem despertado interesse quanto ao conhecimento da sua dinâmica físico-hídrica e dos possíveis conflitos futuros pelo uso da água que podem surgir, em função do comportamento

## **MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015**

espacial do crescimento urbano destes municípios.

O objetivo desta pesquisa foi analisar a dinâmica do uso e cobertura do solo e a expansão urbana sob a ótica da distribuição espacial dos municípios de Sete Lagoas e Prudente de Morais, entre os anos de 1990 e 2015. A escolha desse período temporal se deu em virtude do grande crescimento urbano nas últimas décadas. Já a escolha por analisar juntamente Prudente de Morais, se deu por ser limítrofe à bacia do Marinho e este município ter dobrado sua área urbana em um período de 5 anos, o que pode trazer impactos à bacia.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

Os municípios de Sete Lagoas e Prudente de Morais (Figura 1), estão localizados na Zona Metalúrgica do estado de Minas Gerais, situando-se na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte e na microrregião de Sete Lagoas, a aproximadamente 70 km a noroeste da capital mineira. Juntos ocupam uma área de 664 km<sup>2</sup>. Desses, 81% compreendem Sete Lagoas.

A área de estudo está localizada na depressão São Franciscana, inserida em uma região de rochas do Grupo Bambuí, constituída de calcários cinzentos intercalados por mármore acinzentado (Formação Basal ou Sete Lagoas) e ardósias sobrepostas ao calcário (Formação Santa Helena). Apresenta relevo constituído por colinas suaves, côncavo-convexas e altimetria mínima de 620 e máxima de 1070 m. Segundo CPRM (2009), a região exibe um relevo cárstico originado de exposições subaéreas destas rochas, principalmente devido aos densos fraturamentos. Neste domínio formam-se estruturas tais como sumidouros, dolinas, vales cegos, relevo ruiforme, lapiás, galerias e grutas.

Segundo a classificação Köppen-Geiger, o clima da região é Tropical de Altitude (AW), com verões quentes e chuvosos e invernos secos e total pluviométrico médio anual é de 1295,3 mm (INMET, 2015) condicionando a uma vegetação tropófila (Cerrado), característica de locais com as estações climáticas bem definidas (uma época bem chuvosa e outra seca). Os solos predominantes da região são Latossolos Vermelhos e Cambissolos Háplicos (UFV, 2011).

## MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015

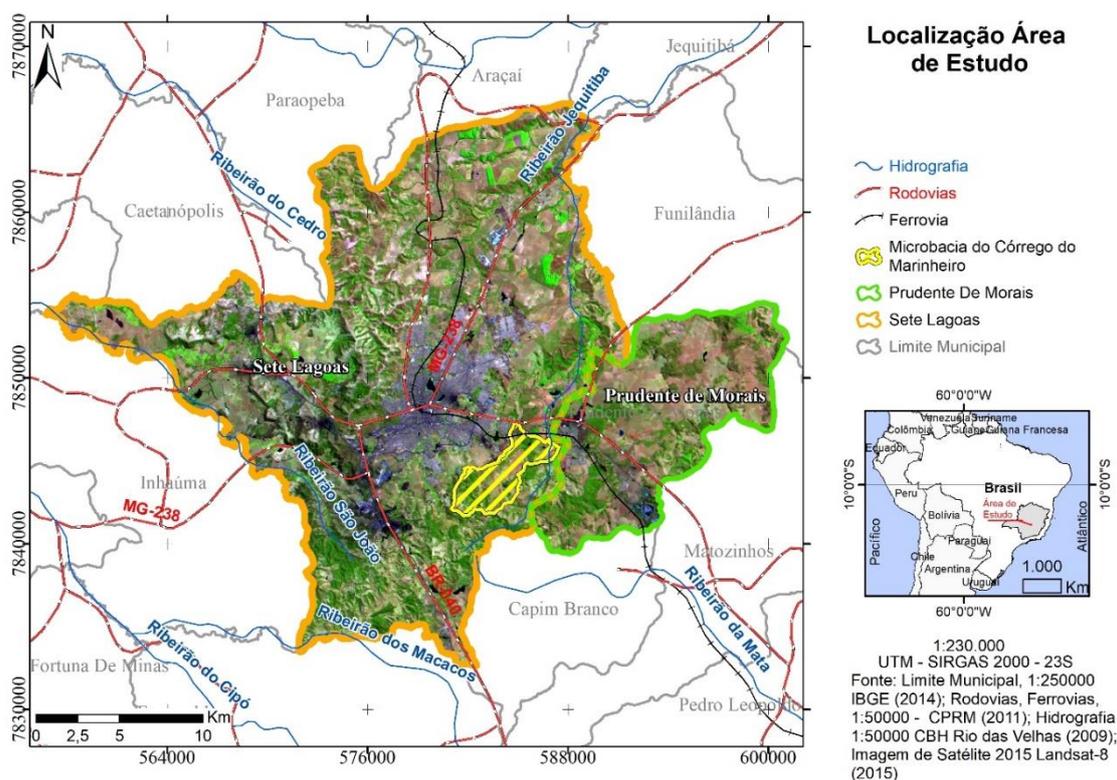


Figura 1 - Localização da Área de Estudo. Elaboração: Autores (2016).

Segundo o IBGE (2015b; 2015c) o histórico de ocupação da área de estudo data desde o período do Brasil Colonial (1667) quando o então município de Sete Lagoas era conhecido como “território de Fernão Dias”. De 1667 até meados do século XVII a região pouco progrediu e o povoamento se iniciou por volta de 1820. Em 1867, o pequeno distrito de Santo Antônio das Sete Lagoas é elevado a vila, emancipando-se seis anos depois de Santa Luzia. Foi elevado à categoria de cidade em 1880, com o nome de Sete Lagoas (Lei Provincial nº 2672, de 30 de novembro de 1880). No decorrer dos anos, Sete Lagoas teve vários distritos pertencentes a seu território que mais tarde foram sendo anexados em outros municípios ou se emancipando. A atual divisão territorial (datada de 1-VII-1960) é constituída de dois distritos: Sete Lagoas (Sede do município) e Silva Xavier (vila) (IBGE, 2015b).

Já Prudente de Moraes foi fundada por Bandeirantes, conhecida na época como “Lagoa do Cercado”. Até por volta dos anos de 1870, pertencia ao município de Santa Luzia, passando a fazer parte da recém-criada “Freguesia de

Pedro Leopoldo” e o desmembramento de Matozinhos, o já Prudente de Moraes, tornou-se seu distrito, sendo emancipado apenas em 1963 (Lei Estadual nº 2764 de 30 de dezembro de 1962) (IBGE, 2015c).

### 2.2 PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS

A elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo foi realizada seguindo as seguintes etapas: (1) Aquisição de imagens de satélite. Foram utilizadas imagens Landsat-5 TM e Landsat-8 OLI (Orbita 218 e Ponto 073 e 074) dos anos de 1991, 2000, 2010 e 2015 entre os meses de agosto e setembro. (2) Seleção das bandas; (3) Registro; (4) Recorte da área de estudo; (5) Manipulação do histograma; (6) Segmentação; (7) Classificação.

A classificação das imagens foi supervisionada e realizada pelo método objeto-orientado, cuja análise é focada em grupos inteiros de pixels que satisfazem os critérios de homogeneidade predefinidos (LEWIŃSKI, 2006).

(8) Inspeção visual da classificação; (9) Validação;

## MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015

e (10) Mapeamento de uso e cobertura do solo (Figura 2).

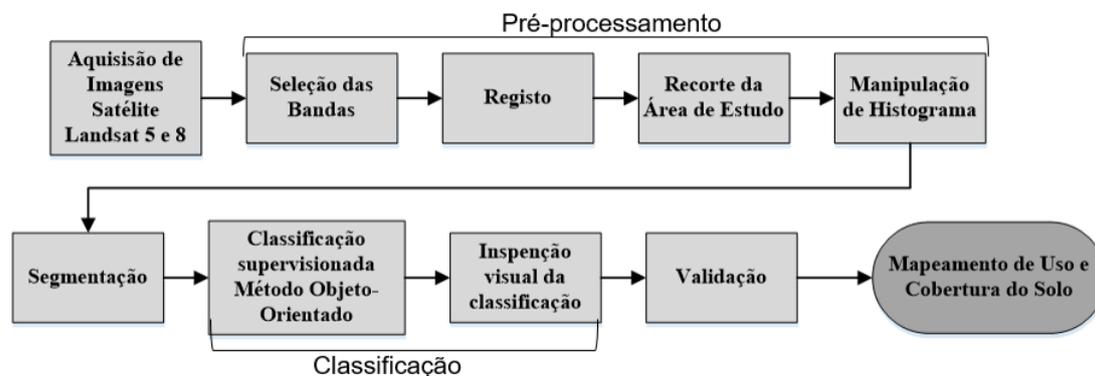


Figura 2 - Fluxograma metodológico da Classificação. Elaboração: Autores (2016).

A definição das classes foi adaptada a partir do Sistema de Classificação de Uso da Terra – SCUT (IBGE, 2013), utilizando elementos visualmente passíveis de serem identificados. Geraram-se sete classes de observação definidas como:

1. Área agropecuária: inclui áreas com culturas temporárias e permanentes; áreas de pastagem e pousio.
2. Solo Exposto: as áreas com solo exposto natural e antrópico.
3. Água: inclui os corpos d'água da região, respeitando-se os limites da resolução espacial dos dados de origem (pixel de 30 metros), o que fez com que pequenos cursos d'água não fossem mapeados.
4. Floresta e vegetação de porte arbóreo alto e médio: inclui as áreas de vegetação de porte arbóreo alto como matas ciliares, cerradão, áreas de reserva, entre outras áreas com vegetação densa.
5. Vegetação porte arbóreo baixo/rasteiro e médio: inclui a vegetação natural de porte rasteiro e pequeno. São incluídas nesta classe as áreas de campo que revestem as encostas e também áreas de cerrado com presença de árvores muito esparsas e inclui, em alguns casos afloramento rochoso.
6. Área urbana: inclui a mancha urbana e as áreas urbanas isoladas que tenham aglomeração populacional.

7. Área industrial e/ou mineral, inclui áreas de mineração e infraestrutura de apoio e plantas industriais.

Depois de realizada a classificação, foram coletadas novas amostras (amostras tidas como verdade) das mesmas classes para validação e acurácia dos dados. A acurácia foi realizada no mesmo software que a classificação, o eConignton® (TRIMBLE, 2014). Nele, o índice Kappa (LANDIS e KOCK, 1971) e gerado automaticamente. Esse índice varia de -1 (concordância nula) a 1 (concordância perfeita).

Com objetivo de analisar espacialmente e quantificar o crescimento urbano dos municípios, utilizou-se o software S.A.G.A Vista (UFRJ, 2015), para a análise de monitoria de mudança. Para tal, procedeu-se à junção das classes “Área Urbana” e “Industrial e/ou Mineral” e criou-se uma nova classe denominada de “Área Urbanizada”. Foram então realizados dois tipos de monitoria: a Monitoria Simples, para as seis classes do mapa de classificação de uso e cobertura do solo e a Monitoria múltipla (Deixou de ser... e Tornou-se...) (MARINO, 2005) para as classes: “Área Urbanizada” e “Área Não Urbanizada” comparando a classificação da imagem de 1990 com a de 2015.

O software ArcGis® Desktop 10.3.1 (ESRI, 2015) foi utilizado para o registro das imagens (na etapa do pré-processamento) e elaboração dos layouts dos mapas. Também foram utilizados

## MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015

dados censitários dos anos de 1991, 2000 e 2010 sobre demografia e dados econômicos (IBGE, 1991; IBGE, 2000; IBGE, 2010; IBGE, 2015a; IBGE, 2015d; IBGE, 2015e; IDHMB, 2013), informações do Ministério da Saúde, através do Banco de Dados do Ministério da Saúde – DATASUS (MS, 2016) e dados sobre o histórico dos municípios (IBGE, 2015b; IBGE, 2015c) para auxiliar na análise espaço-temporal.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 USO E COBERTURA DO SOLO ENTRE OS ANOS 1990-2015

O município de Sete Lagoas teve sua ocupação inicial no entorno da lagoa Paulino, e o seu crescimento urbano se deu a partir da expansão da área central para as pericentrais e com os corredores viários (principalmente a BR-

040 construída na década de 1950), foram os responsáveis pela esta expansão urbana nas áreas mais periféricas da cidade. Já Prudente de Morais sempre foi uma cidade com pouco crescimento urbano e usufruindo de alguns serviços ofertados por Sete Lagoas, por isso, apresenta-se como cidade dormitório. Apenas na última década, o município apresentou aumento no crescimento urbano.

Os resultados obtidos nas classificações do uso e cobertura do solo a partir da classificação supervisionada por objeto-direto das imagens Landsat-5 e Landsat-8 nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2015 são considerados muito bom e excelente (Tabela 2), tendo o menor resultado acima de 83% (Classificação de 2010) e o maior resultado um pouco acima de 90% (Classificação de 2000).

**Tabela 2** – Acurácia de Classificação

Acurácia	1990	2000	2010	2015
Overall Accuracy	0.87284482759	0.9257918552	0.86263736264	0.87540628386
KIA	0.8409671683	0.90711584763	0.83190690228	0.85062649411

Fonte: Pesquisa (2016).

Ao analisar-se a dinâmica na área de estudo (Tabela 3 e Figura 3), observa-se em Sete Lagoas duas classes temáticas predominantes: Vegetação de porte arbóreo baixo/rasteiro, com média de 34%, e Solo agropecuário, com 32% em todo o período analisado. As demais classes tiveram variação ao longo dos anos analisados, como por exemplo, a Floresta e vegetação arbórea alta/média que apresentou aumento de área entre os anos de 1990-2000 passando,

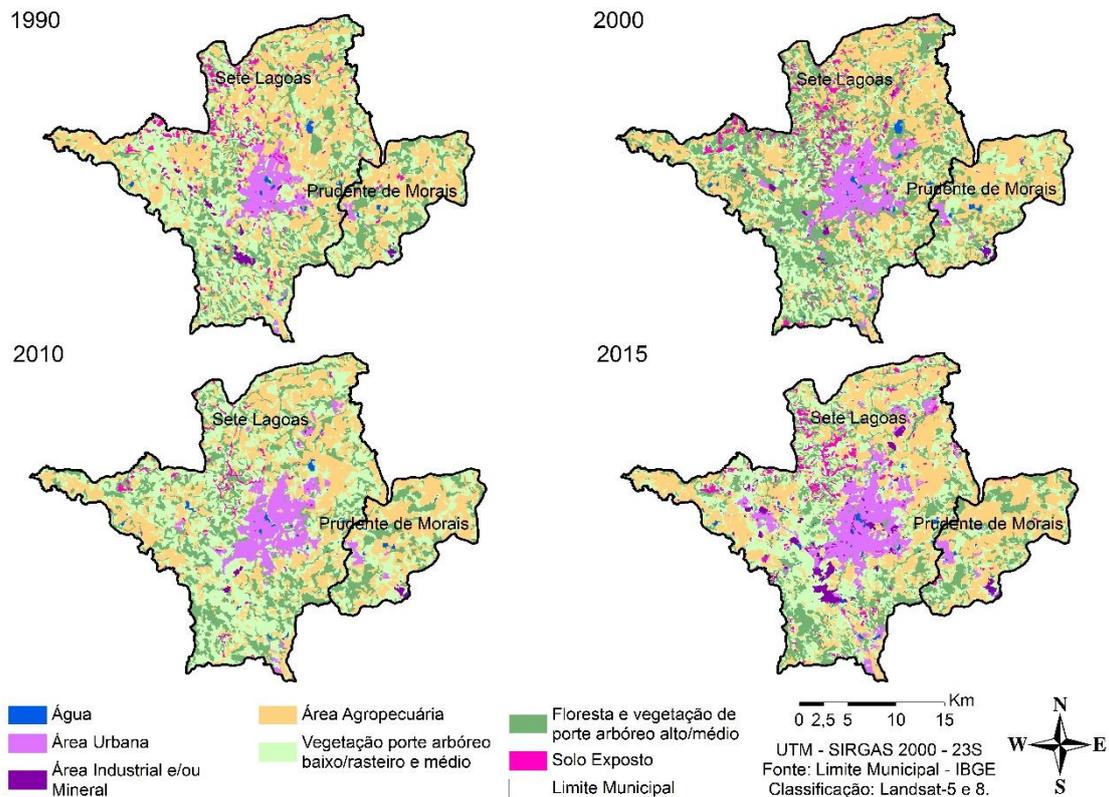
respectivamente de 19% para 24%. Já nos anos seguintes houve uma diminuição gradativa, passando de 21% em 2010 para 17% em 2015. Em Prudente de Morais observou-se três classes predominantes: de Área agropecuária, com média de 47%, Vegetação porte arbóreo baixo/rasteiro e médio e Floresta e vegetação de porte arbóreo alto/médio com média respectiva de 25% e 24%.

### MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015

**Tabela 3** - Classes de uso e cobertura da terra Classificação da declividade determinada pela Embrapa (1979).

Classe	1990 Área (ha)		2000 Área (ha)		2010 Área (ha)		2015 Área (ha)	
	Prudente de Morais	Sete Lagoas						
Água	74	246	86	324	62	272	46	360
Área Agropecuária	5438	19113	5845	17518	5659	16189	6201	16753
Área Industrial e/ou Mineral	57	388	115	216	79	96	132	1228
Solo Exposto	83	2138	33	2110	13	808	98	2062
Área Urbana	146	2795	192	3986	229	4565	327	6160
Vegetação porte arbóreo baixo/rasteiro e médio	3588	18744	2344	16854	3777	20428	2881	18259
Floresta e vegetação de porte arbóreo alto/médio	3026	10306	3797	12721	2593	11371	2727	8908
<b>Total</b>	<b>12412</b>	<b>53729</b>	<b>12412</b>	<b>53729</b>	<b>12412</b>	<b>53729</b>	<b>12412</b>	<b>53729</b>

Fonte: Pesquisa (2016).



**Figura 3** - Classificação do Uso e cobertura do Solo. Elaboração: Autores (2016).

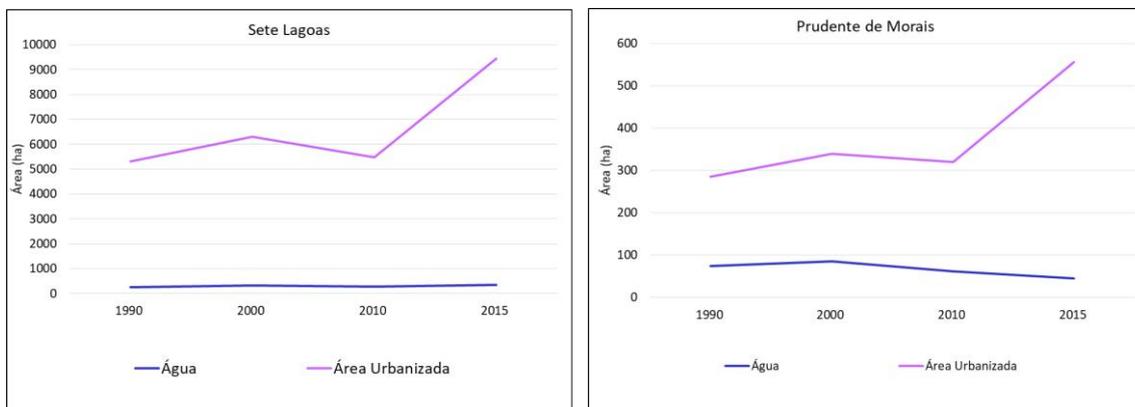
Ao comparar a dinâmica da classe de Água com a de Área Urbanizada (Figura 4),

observa-se que em ambos municípios a Área Urbanizada teve um significativo crescimento no

**MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015**

período de 2010-2015 e embora em Sete Lagoas a classe de Água apresentou pouca variabilidade, neste mesmo período, em Prudente de Morais,

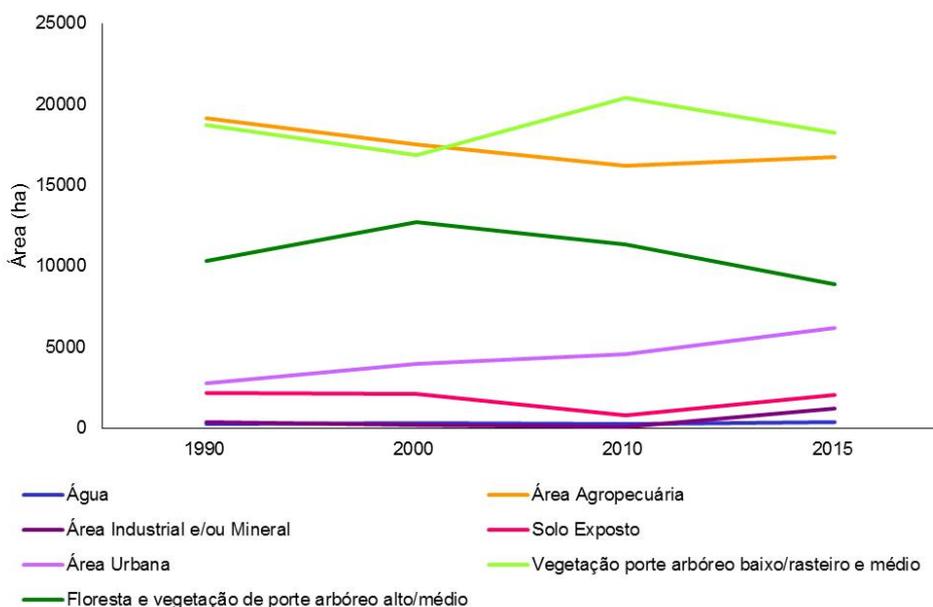
houve um declínio de quase 40%, representando em 2015, 0,37% da área do território.



**Figura 4** - Evolução das classes de Água e Área Urbanizada. Fonte: Autores (2016)

A análise comparativa temporal na classe Área Urbana no período analisado permite constatar um significativo crescimento (Figura 5), saltando de 5% (2.795 ha) em 1990 para 11% (6.160 ha) da área total do município no ano de 2015, um crescimento de 55 %. A Área industrial e/ou mineral passou de 387,54 ha em 1990 para 1.228 ha em 2015, representando um crescimento de 68%. Toda esta mudança na

conjuntura espacial do município ao longo de 25 anos é acompanhada pela mudança nos dados demográficos e socioeconômicos. A população urbana do município teve um aumento de 33%, e a rural de 27% (IBGE, 1991; IBGE, 2010) totalizando 60%, o que em números absolutos significa um aumento de 144.014 para 232.107 mil habitantes em 2015.



**Figura 5** - Evolução das classes em Sete Lagoas. Fonte: Pesquisa (2016).

## MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015

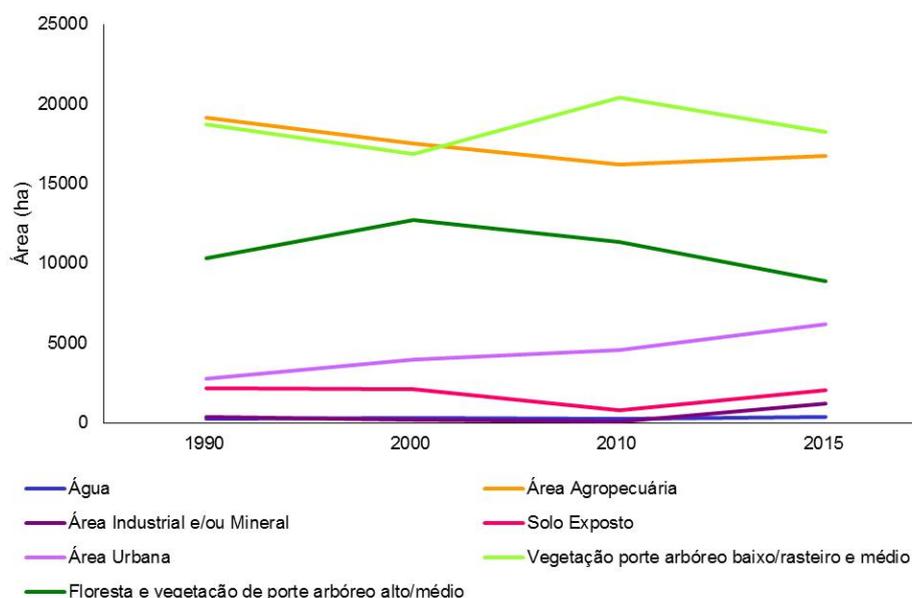
O apogeu da indústria guseira nos anos de 1980 e 1990 permitiu que Sete Lagoas se firmasse como polo regional, atingindo, a partir de então, o status de cidade média. O significativo crescimento da cidade levou a sua modernização e o setor terciário se expandiu, já que novas atividades comerciais e de serviços surgiram (Faria et al., 2012). A partir de 2000, o município apresenta uma grande ampliação do seu parque industrial, com a instalação de importantes indústrias multinacionais (Iveco, 2000; Ambev, 2009; Elma Chips, 2011; Caterpillar, etc.). Consequentemente, ocorre uma grande migração de pessoas oriundas de vários estados do Brasil para o município, sobretudo com a expectativa de oferta de empregos nas empresas e, também, nas suas prestadoras de serviço.

O processo intenso de industrialização e urbanização vem acompanhado da grande ampliação do setor de serviços, e isto se reflete diretamente na economia do município e nas condições socioeconômicas da população. O produto interno bruto (PIB) passa de R\$ 1.002.255,1 em 2000 (IBGE, 2000) para R\$ 5.820.628 em 2010 (IBGE, 2010) e o PIB per capita de R\$ 5.432,38 para R\$ 27.190,17 (IBGE, 2010) no mesmo período, representando um aumento de 80% no PIB per capita em 10 anos.

As atividades industriais representam em 2010, 46,2% do PIB, o setor de serviços 39,9%, impostos 13,14% e a agropecuária 0,50% (MS, 2016). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) passa de 0,511 em 1991 para 0,760 em 2015 passando do nível baixo para o nível alto (ADHMB, 2013).

A classe de Área agropecuária por sua vez, apresentou uma média de 32% da área do município com decréscimo, em 2010, de 6% em relação a 1990. Esta redução é observada também na contribuição do setor agropecuária para o PIB, passando de 1,3% em 1990 para 0,5% em 2010. De maneira geral, o que se observa é que a urbanização em Sete Lagoas vem acompanhada do aumento do setor de serviços e declínio do setor agropecuário, ainda que esse tenha representado na década de 1940 o precursor do desenvolvimento industrial do município (NOGUEIRA, 2006).

Em Prudente de Moraes, a classe com maior representatividade é a Área Agropecuária, com média de ocupação de 46,5% (5.771,4 ha) no período observado (1990 a 2015), seguida pela Vegetação porte arbóreo alto/médio (25,5%) e Vegetação porte arbóreo rasteiro/médio (24%). A Área Urbana apresentou um aumento expressivo, passando de 1% em 1990 para 3% em 2015 (Figura 6).



**Figura 6** - Evolução das classes em Prudente de Moraes. Fonte: Pesquisa (2016).

## **MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015**

Este crescimento espacial na Área Urbana é acompanhado pelo aumento populacional, que foi de 6.819 habitantes em 1991 para 13.638 habitantes em 2015, resultando em um processo de urbanização caracterizado pelo aumento de 34% na população urbana e uma de 70% da população rural. O IDHM passou de 0,46 em 1999 para 0,69 em 2010 (IBGE, 2010; IDHMB, 2013; IBGE, 2015a) caracterizando uma significativa melhora na qualidade de vida do município. O aumento nos indicadores relaciona-se ao PIB do município, que aumentou de R\$ 27.479.000,00 (1999) para R\$ 86.211.000,00 (2012), sendo 60% deste proveniente do setor de serviços, seguido pelos impostos (25,1%); indústria (10,2%) e agropecuária (5%) (MS, 2016).

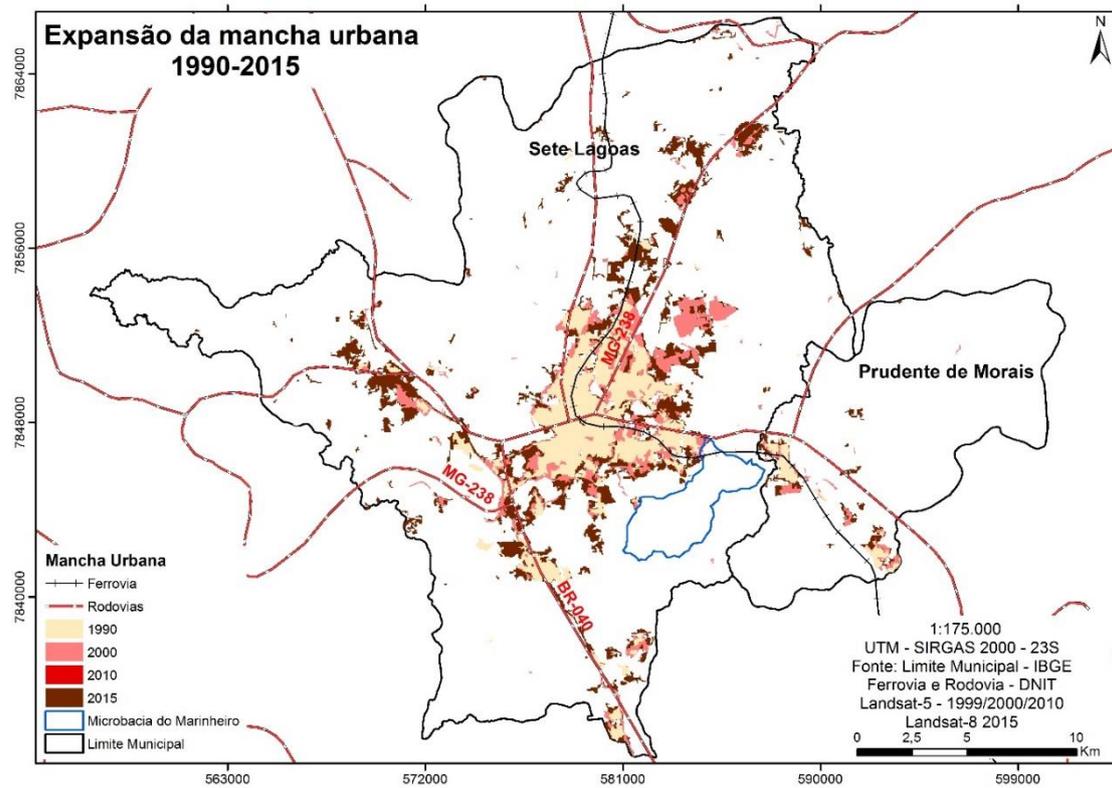
A urbanização no município é representativa do Brasil, e típica dos países subdesenvolvidos, denominada como “urbanização terciária”, com crescimento de atividades terciárias qualitativamente pouco especializadas e de baixo valor agregado, inclusive as que fazem parte da economia formal (VIEIRA et al., 2015). As demais classes (Água, solo exposto e industrial/mineral) apresentaram

pouca alteração ao longo dos anos mantendo-se uma área média de 1%.

Analisando-se os eixos de expansão urbana dos dois municípios, nos últimos 25 anos observa-se que as alterações ocorreram principalmente nas áreas limítrofes ao centro urbano e próximo às rodovias (Figura 7).

Em Sete Lagoas, o crescimento orientase da sua área central para nordeste, sudeste e sudoeste, ambas próximas às vias de acesso do município (MG 238, MG 424 e BR 040). A nordeste, concentra-se o parque industrial do município onde estão as grandes multinacionais (Iveco, Ambev, Caterpillar) instaladas a partir de 2000 e as prestadoras de serviços destas. A porção sudoeste concentra grande área industrial/mineral e do setor de serviços. Nesta área também se localizam Centros Universitários. A porção sudeste compreende áreas de fazendas que estão sendo transformadas em empreendimentos mobiliários. Nesta direção também se localiza a fábrica da Elma Chips, da Bombril, o Estádio Municipal Joaquim Henrique Nogueira, a Universidade Federal de São João Dei Rei, próximos à via de acesso (MG 424).

**MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015**

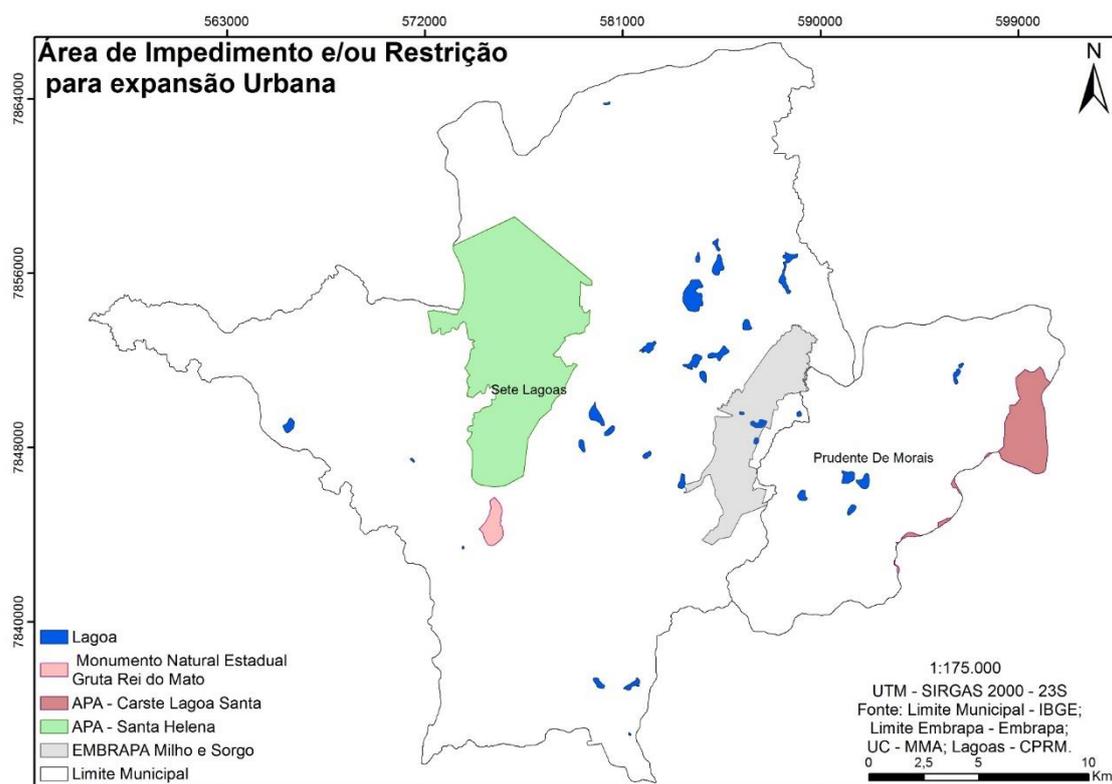


**Figura 7** - Expansão da Mancha Urbana - 1990-2015. Elaboração: Autores (2016).

A urbanização, por sua vez, encontra barreiras físicas naturais na porção noroeste do município, onde se localiza a Serra de Santa Helena. Para esta área existem duas leis municipais que definem duas Áreas de Proteção Ambiental (APA), denominadas APA Serra de Santa Helena (Lei Municipal nº 8217 de 10 de

Dezembro de 2012) e a APA do Ribeirão do Paiol (Lei Municipal nº 5748 de 18 de Dezembro de 1998). Já a Leste encontra-se o Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo - Embrapa, que consiste numa barreira política, cuja área de 1932,8 ha pertence à União (Figura 8).

### MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015



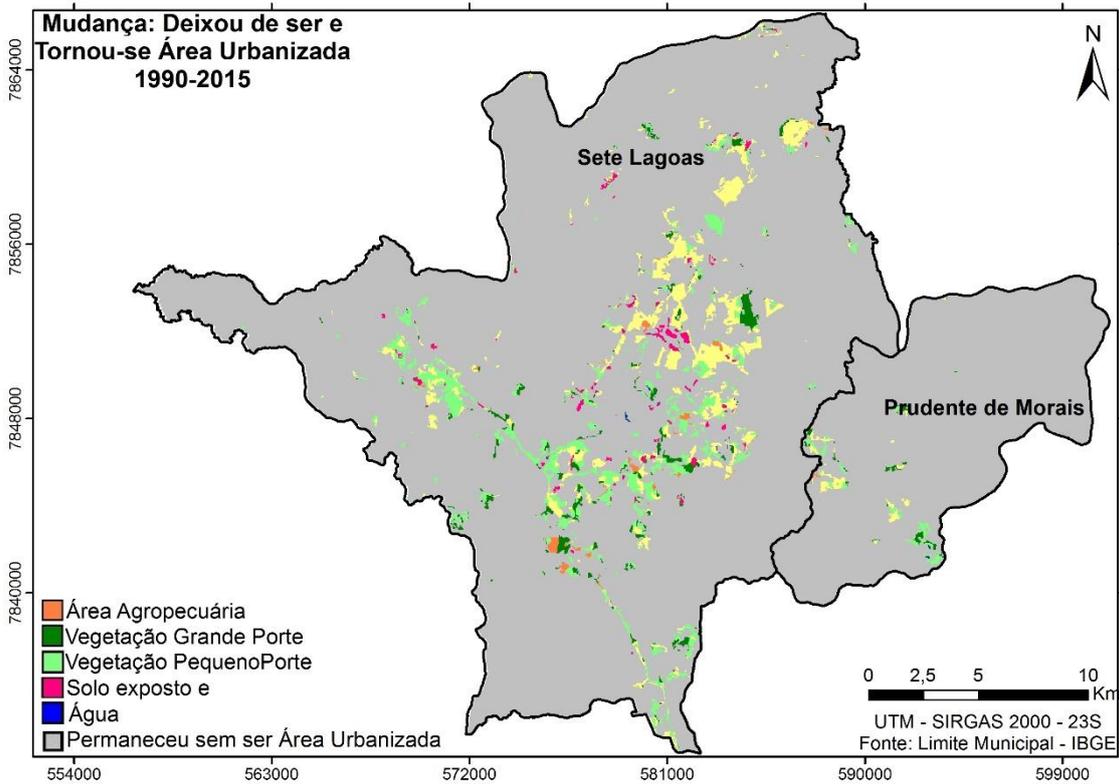
**Figura 8** - Área de Impedimento e/ou Restrição para expansão Urbana. Elaboração: Autores (2016).

Prudente de Morais tem crescido nos sentidos sudeste em direção à Capim Branco e noroeste na área limítrofe a Sete Lagoas. Contudo, a porção sudeste é limítrofe à APA Carste Lagoa Santa (Decreto nº 98.881, de 25 de janeiro de 1990), o que restringe o crescimento nesta área e na porção noroeste do município desde 1999 (Decreto nº 1.876, de 25 de abril de 1996) possui restrições de ocupação em uma área de 776,4 ha pertencentes à APA Carste Lagoa Santa (PMPM, 2016) e a fazenda Santa Rita, da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais). Na a porção norte do município de Prudente de Morais existe uma proposta de criação de uma APA federal

“Refúgio de Vida Silvestre Estadual Cauaia”, segundo PMM (2016), que propiciará a formação de um corredor ecológico com a APA Carste Lagoa Santa.

A avaliação da detecção de mudanças permitiu identificar espacialmente as áreas onde ocorrem mudanças dos diferentes tipos de uso do solo para a classe Áreas Urbanizadas, entre os anos de 1990 e 2015. Na monitoria múltipla (Figura 9), são analisadas todas as classes, com a espacialização e quantificação da perda dessas classes para a “Área urbanizada”.

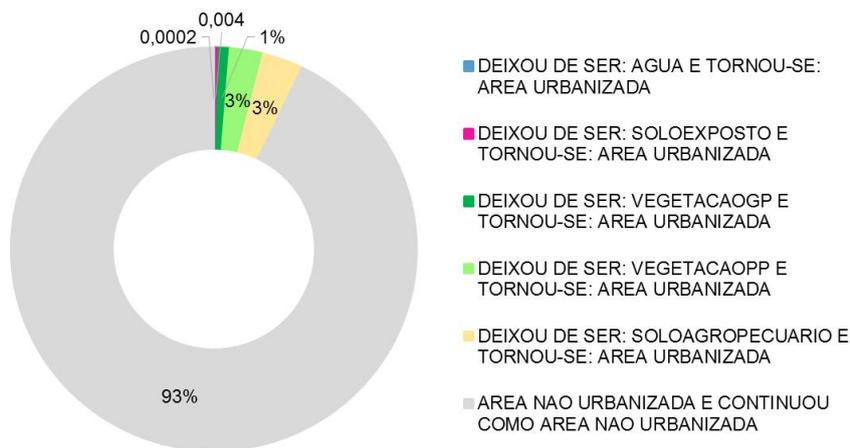
**MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015**



**Figura 9 -** Monitoria de Mudança A) Deixou de ser... e tornou-se Área Urbanizada. Elaboração: Autores (2016).

Os resultados destacam que as Áreas Urbanizadas vêm substituindo, sobretudo, as Áreas Agropecuárias e de Vegetação de pequeno, médio e alto porte, em ambos os municípios. Essa mudança pode trazer séries de implicações

no que se refere à redução da capacidade de produção agropecuária no município, impermeabilização dos solos, desmatamento, processos erosivos, dentre outros (Figura 10).



**Figura 10 -** Monitoria Múltipla. Fonte: Pesquisa (2016).

**MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015**

Na monitoria simples (Figura 12) é especializado: a) o que Não era Área Urbanizada em 1990 e continua Não Sendo em 2015; b) o que era Área Urbanizada e Deixou de Ser; c) o que se Tornou urbanizada e o que Continuou Sendo Urbanizada.

A área central de ambos municípios permaneceu urbanizada e a perda de área urbanizada foi insignificativa em Prudente de

Moraís e em Sete Lagoas caracterizou-se principalmente em área que haviam exploração mineral e deixou de haver (Figura 11). As áreas que tornaram-se urbanizadas (7% da área) foram as pericentrais e próximas às rodovias, e na região norte de Sete Lagoas com o loteamento de áreas e, inclusive, a construção de casa populares.

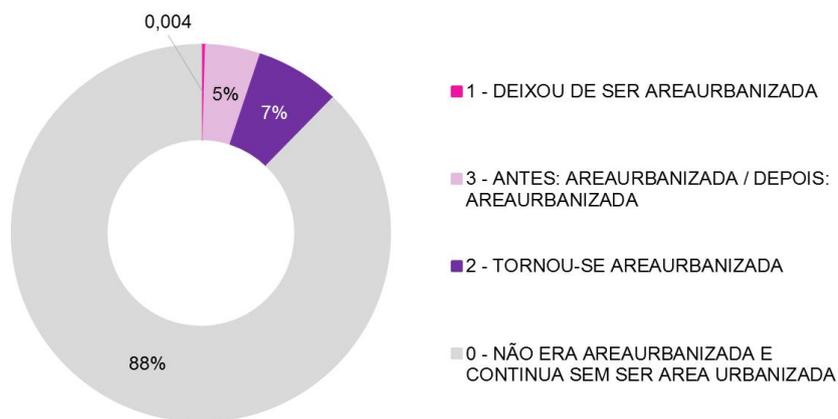


Figura 11 - Monitoria Simples. Fonte: Pesquisa (2016).

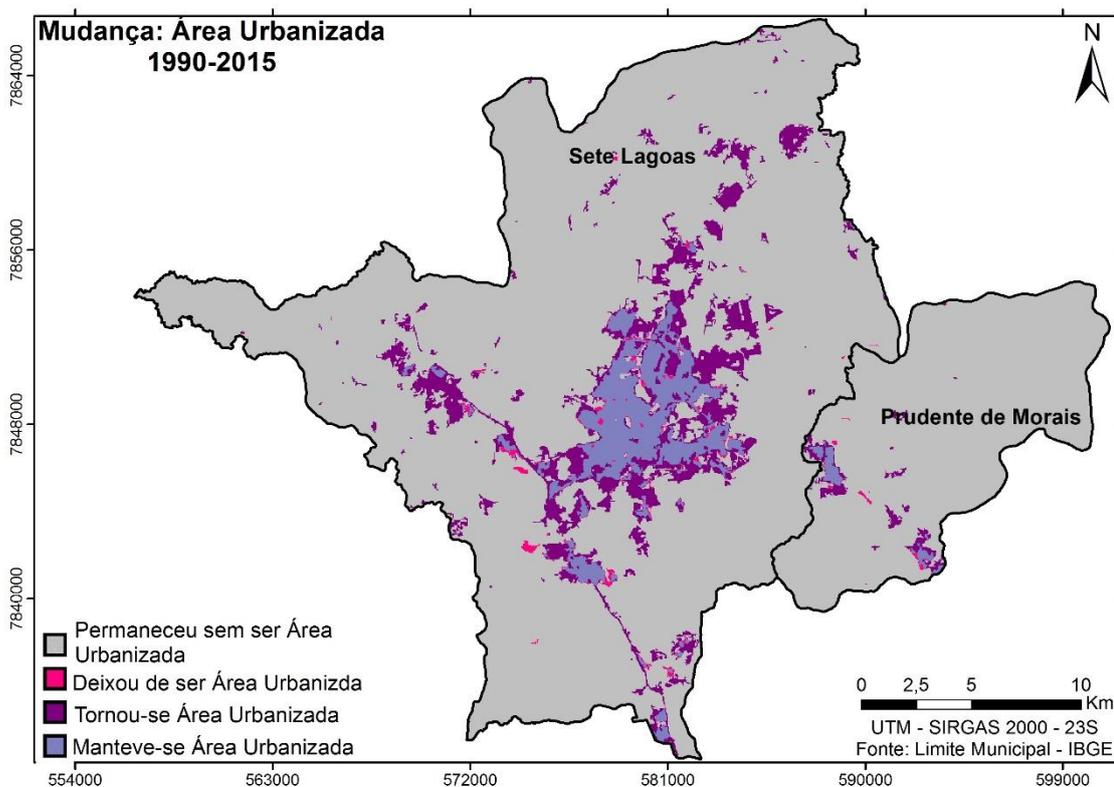


Figura 12 - Monitoria de Mudança - Área Urbanizada. Elaboração: Autores (2016).

## MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015

Observa-se que a Urbanização acompanha justamente as áreas onde não há impedimentos físicos e políticos para o seu crescimento, ou seja, sentido nordeste, sudeste e sudoeste em Sete Lagoas e sudoeste e noroeste em Prudente de Moraes.

A tendência de urbanização nos dois municípios, considerando os cenários apresentados, direciona-se à área limítrofe entre eles, como na região sudeste de Sete Lagoas. Nesta região há uma área que tem sido objeto, nos últimos anos, de discussões sobre possíveis conflitos pelo uso da água e sobre a possibilidade de implantação do programa “Produtor de água” , 5 tendo em vista que na área encontram-se as nascentes do Córrego Marinheiro, afluente do Ribeirão Jequitibá, que por sua vez é fluente do Rio das Velhas. O Córrego do Marinheiro é um dos poucos cursos de água superficiais do município ainda com qualidade adequada para o abastecimento da população rural que reside nesta área, além de ser principal fonte de água de irrigação da Embrapa Milho e Sorgo e ser considerado um diluidor das águas do Ribeirão Jequitibá.

A Microbacia do Córrego Marinheiro apresenta, na conjuntura exposta, grande importância quanto a aspectos ambientais relacionados à disponibilidade hídrica e à proteção ambiental. Encontram-se ali Áreas de Proteção Ambiental e também uma espécie da flora brasileira ameaçada de extinção, o Faveiro de Wilson (*Dimorphandra wilsonii*) (MARTINS, et al, 2014). A expansão urbana dos municípios para a área da Microbacia pode trazer graves consequências para a mesma, com impactos na qualidade e quantidade de água disponível. Ressalta-se ainda que, em ambos os municípios, a captação de água para uso urbano pelo SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) em Sete Lagoas, e pela COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) em Prudente de Moraes, é feita através de poços artesianos, sendo exclusivamente subterrânea. Nos últimos anos os mesmos têm sofrido redução da disponibilidade hídrica, em consequência da sobre-exploração, dos longos períodos de estiagem, da redução da recarga pela redução da cobertura vegetal e pela impermeabilização dos solos.

Neste sentido, o avanço da área urbanizada para a área da microbacia pode agravar ainda mais estes problemas. No atual

Plano Diretor do Município de Sete Lagoas, a área da microbacia em questão consta como área rural, mas no novo Plano Diretor que está em discussão, foi proposto que a área seja considerada como destinada à expansão industrial. Os impactos desta mudança no Plano seriam ainda mais drásticos na produção e gestão da água nessa bacia, diretamente influenciando os dois municípios limítrofes. A Bacia do Córrego Marinheiro representa, face ao cenário e expansão urbana dos municípios estudados, uma área potencial para conflitos pelo uso da água. Como a região possui muitas áreas cársticas, a captação em domínio de aquífero granular, como o que ocorre na bacia, pode sofrer fortes impactos caso o uso industrial seja permitido.

Assim, os dados deste trabalho podem contribuir para entender a dinâmica da expansão urbana, identificar as áreas onde esta pode causar conflitos ou prejuízos à comunidade e servir para subsidiar o planejamento urbano pelos gestores públicos.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de ferramentas de geotecnologias permitiu a obtenção de dados espaciais com baixo custo, que são fundamentais para subsidiar o planejamento e gestão urbana, através do monitoramento da mudança do uso e cobertura do solo associados a dados censitários. Como é imprescindível pensar nas cidades com foco no planejamento urbano para a gestão do território, a análise de uso e cobertura do solo gera informações de suma importância para a tomada de decisão;

A expansão da urbanização nos municípios estudados tem ocorrido a partir da supressão de áreas antes ocupadas por atividades agropecuárias e pela retirada de vegetação de pequeno, médio e grande porte, reproduzindo um modelo exploratório de crescimento das cidades e que traduz a falta de um planejamento socioambiental.

A expansão dos municípios, observada neste trabalho, indica o esgotamento das áreas disponíveis e sinaliza o comprometimento de bacias hidrográficas periurbanas, que representam a garantia do abastecimento de água para a população. Como há a sinalização de interesses futuros na expansão de atividades industriais nessas áreas, como por exemplo na

## MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015

bacia do Córrego do Marinheiro, há a necessidade premente de investimentos em pesquisa consorciados com mecanismos de gestão pública para garantir que áreas vulneráveis sejam preservadas e que o crescimento desordenado não comprometa os recursos naturais disponíveis no município.

Neste sentido, os Planos Diretores dos municípios deveriam considerar estudos de viabilidade técnica e ambiental, subsidiados por dados como os deste trabalho, sobre os impactos que este crescimento pode vir a promover nas respectivas áreas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei Provincial nº 2672, de 30 de novembro de 1880. A Princesa Imperial Regente, em Nome do Imperador, Faz saber a todos os subditos deste Imperio que a Assembléa Geral decretou e Ella Sancionou a Lei seguinte: Eleva à categoria de Cidade a Vila de Sete Lagoas.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Decreto nº 98.881, de 25 de janeiro de 1990. Dispõe sobre a criação de área de proteção ambiental no Estado de Minas Gerais, e dá outras providências. 1990.

BRASIL. Decreto nº 1.876, de 25 de abril de 1996. Altera o art. 3º do Decreto nº 98.881, de 25 de janeiro de 1990, que dispõe sobre a Criação de Área de Proteção Ambiental no Estado de Minas Gerais. 1996.

BRASIL. Estatuto da Cidade: Lei 10.257/2001 que estabelece diretrizes gerais da política urbana. Brasília, Câmara dos Deputados, 2001.

CPRM. Projeto Sete Lagoas-Abaeté, Estado de Minas Gerais: texto explicativo. TULLER, M. P. et al, Orgs.- Belo Horizonte: CPRM-BH, 2009 160p.

ESRI, ArcGIS® Desktop: Realeased Version 10.3.1. California/Estados Unidos. Environmental Systems Research Institute. 2015.

FARIA, T. C. A.; NOGUERIA, M.; OLIVEIRA, F. B. A centralidade de Sete Lagoas e sua Relação com os Fluxos Populacionais desde sua Industrialização efetiva (1960 -2010). In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, XVIII, 2012, Águas de Lindóia. 2012. v. 1. p. 1-16.

Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro - IDHMB. PNUD, Ipea, FJP, Brasília. 2013. 96 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Censo Demográfico 1991. Rio de Janeiro, 1991. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Último acesso em: 24/abr de 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Censo Demográfico 2000. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Último acesso em: 24/abr de 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Último acesso em: 24/out de 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Manuais técnicos em geociências nº 7. Manual Técnico de Uso da Terra. IBGE/Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 3ª Edição. Rio de Janeiro, 2013.p.171. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>> Acesso 14/mai de 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Base Cartográfica Contínua do Brasil – 1:250000. Rio de Janeiro. 2014

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Estimativas da População Residente nos Municípios Brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2015. Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. Rio de Janeiro, 2015a. p.127.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Histórico da cidade de Sete Lagoas. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?codmun=316720&search=%7Csete-lagoas&lang=>>> Último acesso em: 16/fev de 2015b

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Histórico da cidade de Prudente de Moraes. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=315360&search=|infogr%E>>

**MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG BETWEEN 1990-2015**

- 1ficos:-hist%F3rico> Último acesso em: 16/fev de 2015c.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Cidades, Prudente de Morais. Disponível em:  
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=315360&search=minas-gerais|prudente-de-morais>> Acesso em: Acesso em: 19/out de 2015d.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Cidades, Sete Lagoas. Disponível em:  
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=316720&search=minas-gerais|sete-lagoas>> Acesso em: 19/out de 2015e.
- Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Série temporal de dados climáticos. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em:  
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso 30/out de 2015.
- LANDAU, E. C. et al. Expansão Urbana da Cidade de Sete Lagoas/MG entre 1949 e 2010. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, XV, 2011. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 2011, Curitiba, INPE, p.4011-4016.
- LANDIS, J.R. e KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, p.159-174, 1977.
- LEWIŃSKI, S. Object-Oriented Classification of Landsat ETM+ Satellite Image. *Journal of Water and Land Development*. Issue, No. 10, p. 91-106. 2006.
- MARINO, T. B. Vista Saga 2005 Sistema de Análise Geo-Ambiental. 2005. Monografia em Departamento de Ciência da Computação do Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- MARTINS, E. M. et al. Plano de Ação Nacional para a conservação do Faveiro-de-Wilson (*Dimorphandra wilsonii* Rizzini). Rio de Janeiro: Editora: JBRJ - Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2014.
- MINAS GERAIS. Lei Estadual nº 2764 de 30 de dezembro de 1962. Contém a Divisão Administrativa do Estado de Minas Gerais.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS. DATASUS – Dados demográficos e socioeconômicos. Ministério da Saúde. Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br>> Acesso em 05/mai de 2016.
- NOGUEIRA, M. A construção de uma centralidade urbana Sete Lagoas (MG). *Sociedade & Natureza, Uberlândia*, 18 (35): 109-121, 2006.
- Plano Diretor Municipal de Sete Lagoas - PDSL, Plano Diretor do Município de Sete Lagoas. Prefeitura de Sete Lagoas. Sete Lagoas. 2006.
- Prefeitura Municipal de Prudente de Morais - PMPM. Plano Municipal de Saneamento Básico de Prudente de Morais. MARTINS, G. M. (Coord). 2016. Disponível em:  
<[http://cbhvelhas.org.br/images/subcomites/projetos/parauna/TutoriaPMSB/Produto5/P5\\_Prudente\\_de\\_Morais\\_23\\_12\\_Final.pdf](http://cbhvelhas.org.br/images/subcomites/projetos/parauna/TutoriaPMSB/Produto5/P5_Prudente_de_Morais_23_12_Final.pdf)> Acesso 24/abr de 2016.
- ROSSETTI, L. A. F. G. Geotecnologias aplicadas à caracterização e mapeamento das alterações da cobertura vegetal intra-urbana e da expansão urbana da cidade de Rio Claro (SP). Dissertação em Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 2007. Disponível em:  
<<http://hdl.handle.net/11449/95719>>. Acesso 24/mai de 2016
- SANTOS, D. F. M. Dinâmica do uso e cobertura do solo nos municípios de Sete Lagoas e Prudente de Morais MG: uma análise espacial do crescimento urbano. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, p.57, 2016.
- SETE LAGOAS. Lei Municipal nº 5748 de 18 de Dezembro de 1998. Declara Área de Proteção Ambiental (APA) no Ribeirão do Paiol, Município de Sete Lagoas.
- SETE LAGOAS. Lei Municipal nº 8217 de 10 de Dezembro de 2012. Regulariza a Área de Proteção Ambiental (APA\_ Serra de Santa Helena, estabelecendo novo perímetro, novo zoneamento ambiental e dá outras providências.
- SPOSITO, M.E.B. O desafio metodológico da abordagem interescalar no estudo de cidades médias no mundo contemporâneo. *Cidades*, São Paulo, v. 3, n. 5, p. 143-157, 2006.
- TRIMBLE. eCognition® Developer. Released Version 9. Munich/Germany. Trimble Germany. 2014.
- United Nations - ONU, Population Division (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014*

**MONITORING OF LAND USE AND COVER IN SETE LAGOAS AND PRUDENTE DE MORAIS - MG  
BETWEEN 1990-2015**

Revision, Department of Economic and Social Affairs, Highlights (ST/ESA/SER.A/352), United Nations, p.1-22. 2014.

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Sistema de Análise Geo-Ambiental - S.A.G.A Vista. Versão 2007. Rio de Janeiro/Brasil. Laboratório de Geoprocessamento - LABGEO/UFRJ. Disponível em:  
<<http://www.viconsaga.com.br/lageop/saga.php>> Acesso 21/out de 2015.

Universidade Federal de Viçosa - UFV - CETEC - UFLA - FEAM. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em:

<[http://www.dps.ufv.br/?page\\_id=742](http://www.dps.ufv.br/?page_id=742)>. Acesso: 28/abr de 2016.

VIERIA, J.D.; FONTANA, R.L.M.; BARROSO, R. C. A.; RODRIGUES, A.J.; SILVA, J.A.B. A urbanização no mundo e no Brasil sob um enfoque geográfico. Ciências Humanas e Sociais. Cadernos de Graduação, Aracaju, v. 3, n.1. p. 95-106, 2015.