

EVOLUÇÃO URBANA NA CARACTERIZAÇÃO DAS SUPERFÍCIES IMPERMEÁVEIS

MARCELO BARBOSA FURTINI¹
ELIZABETH FERREIRA²
FABRÍCIO DE MENEZES TELO SAMPAIO³

Universidade Federal de Lavras - UFLA
Caixa Postal 3037 - 37200-000 - Lavras - MG, Brasil
¹marcelofurtini@gmail.com
²bethf@ufla.br
³flabricio@gmail.com

Abstract. The need for tools to evaluate and diagnose the processes of urbanization and the development of impervious surfaces is of fundamental importance to analyze the dynamics of sub-basins. This paper aims to quantify the permeable surfaces and its correlation with the slope of the land, beyond the interference of this interaction in the formation of the urban area into a sub-basin. Use is orthophotographs digital, with spatial resolution of 10 cm, bands 1, 2 and 3 and products in MNT. The results showed that the sub-basin is sealed 61% of its total area of 307 ha. The largest concentration of buildings is in the class Soft wavy - wavy, with 64 ha and wavy - Strong wavy, with 74 ha. Of the 39 hectares of slope ranging from 0 to 6%, 26 hectares is occupied by built area, 13 ha of exposed soil and the slope varying from 20 to 40%, 30 ha and 26 ha are permeable areas with impermeable. The targets in orthophotographs could be detailed with great reliability and spent much time in identifying the mapped area, because the detail provided by spatial resolution. The use of images for processing of the data was limited due to large volumes of data.

Palavras-chave (Key words): geografil information system, land use, impervious, urbanism.

1. Introdução

A degradação dos recursos naturais vem aumentando assustadoramente nos municípios. Regiões críticas são reflexos da deterioração gradativa do meio ambiente, como a ploriferação de áreas de risco de erosão do solo e enchentes. Este quadro acontece frequentemente e é consequência da ação humana, que induz a expansão urbana desordenada. Surge a necessidade de medidas apropriadas para assegurar e controlar a ocupação racional nessas áreas (Dias et al., 2004).

O planejamento como instrumento para gerenciamento de decisões administrativas, objetiva a redução da aplicação dos gastos financeiros nas correções dos prejuízos e impactos sociais. Para um real planejamento é necessário caracterizar a bacia hidrográfica e definir a forma de implantação, devendo-se estar pautada em processo de discussão participativa, onde todos os interessados possam estar envolvidos e suas responsabilidades delegadas (Costa Junior e Barbassa, 2006).

Segundo Assad et al. (1998), em seu trabalho, relatou que, a primeira etapa envolvida no planejamento é o diagnóstico da microbacia, obtido através das caracterizações fisiográfica e socioeconômicas, além da identificação dos problemas da comunidade e das práticas de manejo atualmente utilizadas. A caracterização fisiográfica foi realizada através da análise e do cruzamento dos dados referentes a solos, relevo, vegetação e uso da terra.

Para Tonello (2006), a morfometria diferenciada entre as sub-bacias, principalmente declividade, exposição do terreno e declividade média do curso d'água principal, indica um diferenciado comportamento hidrológico, o que evidencia a necessidade de um manejo específico de cada uma dessas sub-bacias.

No SGI/Inpe, as etapas de trabalho visando a caracterização ambiental de municípios e comunidades rurais foi a digitalização dos mapas de declividade, solos e localização das comunidades do município. O produto final foi o agrupamento das classes no mapa de solos e

o cruzamento solos x declividade x comunidade, com posterior quantificação do plano de informação resultante do cruzamento. Estas informações ficam armazenadas e servem de subsídios para a definição das áreas mais favoráveis às formas de uso (Sano et al., 1998).

Desta forma, possui a necessidade de levantamentos e monitoramento obtidos de forma mais flexível e rápida, com dados que reflitam a diferenciação interna das cidades (Gonçalves et al., 2004). Assim, as novas tecnologias de coleta e manuseio da informação espacial podem ser a resposta à gestão municipal, pois ajudam a subsidiar o processo de tomada de decisão com informações sobre o município. As geotecnologias permitem a criação de Sistemas de Informação Espaciais, ambiente de respostas a perguntas que envolvem a região como variável primordial (Pereira Junior, 2004).

Para Casagrande (2005), os produtos gerados a partir de geotecnologias tornaram-se de fundamental importância para analisar as dinâmicas temporal das bacias hidrográficas urbanas, podendo balizar tomadas de decisão em relação às leis municipais e monitoramentos periódicos da legislação.

Freitas et al. (2007) destaca o avanço tecnológico das imagens e os benefícios que os sensores de alta resolução trouxeram na acurácia dos resultados. Os benefícios proporcionaram diversos estudos em áreas urbanas, destacando-se a permeabilidade do solo. Sabe-se que o conhecimento das áreas impermeabilizadas previne o aumento do pico de escoamento e, conseqüentemente, a freqüência das inundações, entre outros fatores.

Ribeiro (2006) explica que a transformação de áreas anteriormente permeáveis, áreas em que eram permitidos processos de infiltração e de pequena retenção da água da chuva, em áreas impermeabilizadas, áreas pavimentadas ou ocupadas por edificações, induzem a um desequilíbrio hidrológico, além da gradativa diminuição da quantidade de água infiltrada pelo solo, prejudicando o suprimento dos mananciais subterrâneos.

Para Centeno et al. (2003), alguns instrumentos para garantir a permeabilidade do solo nas áreas urbanas são implementados nos planos diretores, mas tal diretriz é desrespeitada. A fiscalização para monitorar estas áreas é uma tarefa difícil, fazendo dos dados manuseados em SIG's e de imagens de alta resolução espacial, ferramentas valiosas para o acompanhamento das interferências do homem na terra.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é quantificar as superfícies permeáveis e a sua correlação com a declividade do terreno, além da interferência desta interação na formação da malha urbana em uma sub-bacia hidrográfica urbana, na cidade de Lavras-MG.

2. Material e Métodos

A área a ser classificada é a sub-bacia do córrego Centenário, que se localiza-se na área urbana da cidade de Lavras, MG, entre as coordenadas UTM 499.472; 501.504m E e 7.649.473; 7.852.793m N, fuso 23 K. Lavras localiza-se no Sul do Estado de Minas Gerais e é considerada uma cidade pólo na região. De acordo com o IBGE (2008) a cidade tem uma população estimada em 87.421 habitantes, numa área da unidade territorial de 565 km².

A primeira etapa do trabalho consistiu na construção de uma base de dados da área de estudo, utilizando o programa SPRING. Esse aplicativo, foi implementado com informações correspondentes ao levantamento cadastral da cidade de Lavras, efetuado no ano de 2006, de propriedade da Prefeitura Municipal de Lavras, contendo ortofotografias digitais, com resolução espacial de 10 cm, bandas 1, 2 e 3, levantamento cadastral da cidade e informações do banco de dados elaborado por Furtini (2005).

A identificação e o mapeamento do uso da terra e a sua quantificação por meio da classificação da imagem da sub-bacia, foi efetuado por digitalização manual via tela, utilizado chaves de interpretação apresentadas por Oliveira e Ferreira (2001) e identificação por padrões de assentamento implementados pela lei de uso e ocupação do solo no município de

Lavras, estudados por Furtini (2007). Buscou-se identificar todas as áreas não edificadas e que visivelmente pudessem ser identificadas como solo exposto e ou não impermeabilizadas (asfalto, telhados, áreas cimentadas).

O procedimento para elaborar os produtos em MNT foi confeccionado segundo Furtini (2005). As grades retangulares foram utilizadas nas aplicações qualitativas para visualizar a superfície e o modelo de grade irregular foi utilizado por requerer maior precisão na análise dos dados. O procedimento para importar isolinhas e pontos, utilizando-se o levantamento planialtimétrico de Lavras, foi transformar os dados das curvas de nível no formato dwg, com valores no plano z, para dxf e importá-los. Tendo estes valores das curvas de nível em amostras, criou-se um plano de informação e, por meio dele, editaram-se e verificaram-se as topologias das curvas, possibilitando criar as elevações (cotas).

Os interpoladores de grade foram utilizados para gerar modelos numéricos de terreno. Assim, foram especificados de acordo com os tipos de dados de entrada, iniciando com uma grade triangular com resolução de 5 x 5 metros, com amostras, tipo Delauney, com linhas de quebra, utilizando as redes de drenagem como plano de informação, para depois executar a grade retangular, tendo resolução de 5 x 5 metros e interpolador linear. Com os produtos gerados pelas grades, foi possível criar imagens da região da bacia hidrográfica estudada em níveis de cinza e sombreada, mapas de declive e hipsométrico.

O mapa de declividade elaborado a partir da grade retangular, com saída em declividade e unidade em porcentagem numa nova categoria temática, foi separado em seis classes: 0%-3%, 3%-6%, 6%-12%, 12%-20%, 20%-40% e >40%. Com a grade de declive executou-se o fatiamento em uma nova categoria, definindo-se as fatias como passo variável e associando elas as classes temáticas: plano, plano a suave ondulado, suave ondulado a ondulado, ondulado a forte ondulado, forte ondulado a montanhoso e montanhoso.

Os resultados encontrados foram transformados no formato matricial para serem analisados sob a forma de expressões "algébricas" definidas em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) e Tabulação Cruzada, ambos módulos do SPRING. Nesta etapa são desenvolvidos os cruzamentos dos vários planos de informação, para cada operação de cruzamento é constituído regras, onde estão definidos os PIs envolvidos. Para identificar as áreas de riscos, foi realizada a análise em "LEGAL" entre os planos de informação declividade e usos. As classes temáticas de declividade foram agrupadas em dois grupos, Baixo, Médio e Alto, e estas foram cruzadas com a classificação do uso do solo, obtendo o mapa das áreas de riscos na sub-bacia hidrográfica.

3. Resultados e Discussão

O resultado da classificação da permeabilidade superficial na imagem de alta resolução da sub-bacia hidrográfica podem ser observadas na Figura 1.

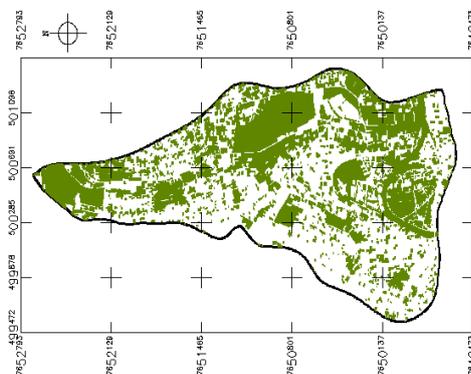


Figura 1. Regiões não ocupadas por superfícies impermeáveis, na sub-bacia do córrego Centenário, Lavras, MG.

Numa área de 307 ha, a sub-bacia hidrográfica do Córrego Centenário encontra-se com 61% do uso do solo em áreas impermeabilizadas (telhados, asfalto, áreas cimentadas, áreas edificadas, etc), comprometendo a drenagem da água pluvial nos corpos receptores. Conforme Schueler (1994), a qualidade dos fluxos receptores começa a degradar quando a superfície impermeável ultrapassa mais que 10% da área total de uma bacia hidrográfica. As áreas que apresentam-se potencialmente permeáveis possuem 118.73 ha, 38,7% da área total da sub-bacia, localizadas na porção leste, região onde pode-se verificar a fragmentação das áreas permeáveis, caracterizando o início da apropriação dos lotes vagos e o adensamento das edificações. Na região oeste, onde possui poucas áreas de vegetação e solo exposto, pode-se constatar que estas áreas estão adensadas com poucos alvos identificados como áreas permeáveis.

O meio ambiente na sub-bacia mostrou grandes modificações em relação à sua forma original, remanescendo poucas áreas naturais. A maior parte das regiões classificadas estão ocupadas por superfícies impermeáveis, as quais prejudicam a sustentabilidade da região. Na Tabela 1, são mostrados os resultados da classificação da declividade da sub-bacia hidrográfica.

Tabela 1. Declividade da sub-bacia do córrego Centenário, Lavras, MG.

Classes	Declividade	
	(ha)	(%)
0-3%	12,05	3,90%
3-6%	26,80	8,68%
6-12%	93,32	30,22%
12-20%	110,73	35,86%
20-40%	55,62	18,01%
>40%	10,30	3,34%
Total	308,53	100%

Verifica-se que, espacialmente, predominam os intervalos de suave ondulado - ondulado e ondulado - forte ondulado (6% a 12 % e 12% a 20%, respectivamente), caracterizando-se como média declividade e indicando, sob o aspecto estritamente da inclinação de encostas, um elevado potencial erosivo da paisagem pelos processos ligados ao sistema de encostas e interflúvios. Esta base de dados MNT permite a identificação das áreas urbanas localizadas em áreas de potencial risco, e a restrição necessária para sua utilização. De maneira geral, a classe que varia entre 20-40% e >40%, ocupa 21,34% da área mapeada, regiões que necessitam de cuidados na apropriação do solo por indicar como uma declividade elevada. A classificação da declividade da sub-bacia é apresentada na Figura 2.

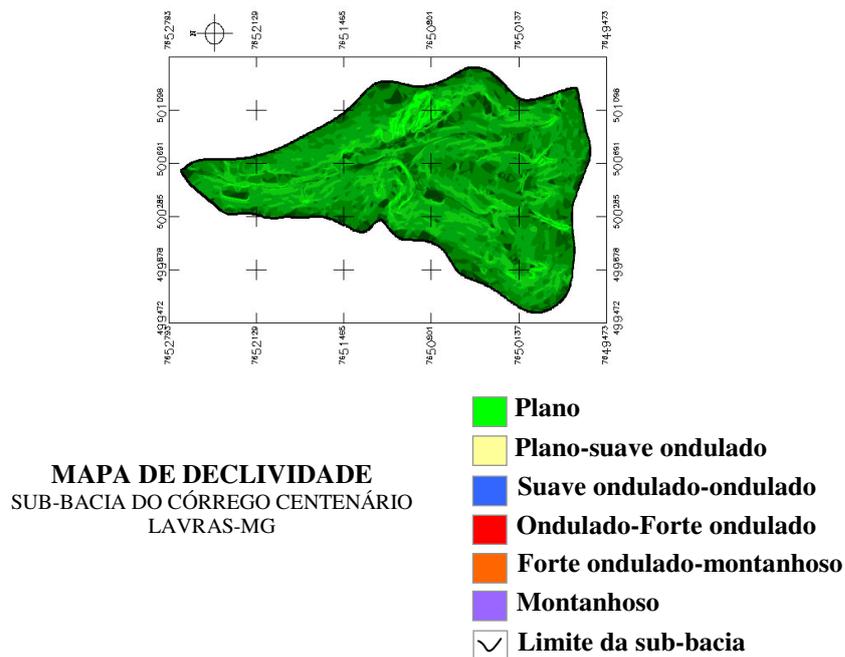


Figura 2. Classes de declividade na sub-bacia do córrego Centenário.

Através do cruzamento das informações contidas nas classes de permeabilidade e declividade, apresentados na Tabela 2, pode-se proceder a análise da distribuição da apropriação antrópica na sub-bacia.

Tabela 2. Tabulação entre permeabilidade e declividade da sub-bacia do córrego Centenário, Lavras, MG.

Classes	Permeável x Declividade
0-3%	4,32 ha
3-6%	8,33 ha
6-12%	29,00 ha
12-20%	37,06 ha
20-40%	30,00 ha
>40%	9,00 ha
Total	117,71 ha

Evidencia no cruzamento das informações que 21,5% da sub-bacia possui regiões com solo exposto, locais considerados como declividade média, 138 ha destas classes estão apropriados pela ação humana, 45% da sub-bacia. As áreas classificadas como permeáveis nestas classes, possuem 21,5% da área total da sub-bacia com elevado potencial para expansão da cidade.

Verifica-se que a cidade apropriou-se inicialmente das regiões com declividade média, fazendo com que as classes plano a suave ondulado não tivessem grandes alterações nos seus valores. As regiões que possuem características de declividade baixa possuíram pouca ocupação urbana devido suas características serem de áreas saturadas e normalmente

alagadiças, com lençol freático próximo à superfície e com pouco grau de inclinação, prejudicando o escoamento superficial das águas pluviais. Estas regiões possuem restrições no uso urbano tendo em vista a dificuldade da execução das fundações das edificações, aterros e o alto custo das obras de drenagem, escavações e das próprias edificações.

A maior concentração de edificações encontra-se nas classes Suave ondulado - Ondulado, com 64 ha, e Ondulado - Forte ondulado, com 74 ha. Dos 39 ha da declividade variando de 0 a 6%, 26 ha é ocupado por área construída, 13 ha por solo exposto e na declividade variando de 20 a 40 %, 30 ha estão permeáveis e 26 ha com áreas impermeáveis.

As áreas desprovidas de cobertura vegetal, regiões degradadas ou que tiveram intervenção na estrutura remanescente da sub-bacia, ocupam 191 ha da sub-bacia. As edificações que ocupam as declividades entre 20 a 40 %, regiões suscetíveis à erosão, estão localizadas em um bairro de padrão social médio a médio alto. As edificações nestes locais apresentam soluções estruturais adequadas para as condições da topografia, minimizando a ocorrência de riscos geológicos na sub-bacia.

Na mesma classe, as regiões com declividade acima de 40%, possuem 9 ha sem intervenção antrópica, as áreas impermeabilizadas nesta classe são de 1,3 ha, do total de 10 ha classificados. Considera-se que a declividade abrupta e a dificuldade de apropriar estes espaços fizeram com que estes ambientes fossem preservados, diferente do que ocorreu nas classes de menor declividade.

O cruzamento das informações referentes a declividade e áreas permeáveis na sub-bacia evidenciaram que as áreas ainda não apropriadas pela ocupação urbana estão distribuídas uniformemente nas classes Baixo, Médio e Alto, 41 ha, 37 ha, 39 há, respectivamente. Pode-se identificar que a classe baixo risco foi a mais mapeada, com um total de 41 ha. A classe Alto, com 32% das áreas permeáveis, estas áreas são susceptíveis a erosão e escorregamentos, locais pouco aconselháveis a edificar e que necessitam de soluções estruturais nas edificações que demandam maior investimentos financeiros, estes locais devido a excessiva declividade e a escassez de áreas permeáveis na sub-bacia deveriam ser preservados. A maior área que engloba esta classe é na porção leste, numa voçoroca e nas regiões onde encontra-se a linha férrea.

A classificação que apresenta baixo risco, possui 35% das áreas permeáveis, e médio risco, 31% da permeabilidade total, estes locais possuem grande potencial para implantação de áreas de preservação e estruturas de lazer e esporte.

As classes baixa e médio apresenta-se muito fragmentadas na malha urbana, principalmente na região leste. Na porção oeste, a classe baixo ocupa pequenas áreas, locais caracterizados por lotes urbanos não edificados. As regiões nesta porção com declividade excessiva são as áreas que apresentam riscos e não foram ocupadas e nem adensados, devido aos altos investimentos para ocupá-las. O mapa das áreas que apresentam riscos a erosão na sub-bacia é apresentada na Figura 3.

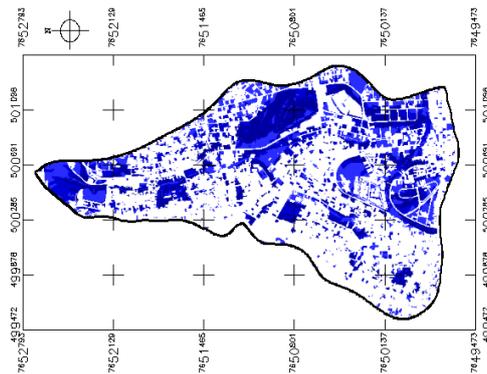


Figura 3 Mapa de riscos na sub-bacia do córrego Centenário.

4. Conclusões

As ortofotografias digitais, com resolução espacial de 10 cm, bandas 1, 2 e 3, foi importante ferramenta para visualização das áreas permeáveis na sub-bacia hidrográfica urbana. Sua utilização é limitada por possuir grande volume de dados, as informações processadas levavam muito tempo para serem concluídas e exigiram computadores com tecnologia elevada para leitura e processamento.

Os alvos nas ortofotografias puderam ser detalhados com grande confiabilidade e despenderam muito tempo na identificação da área mapeada, devido o detalhamento proporcionado pela resolução espacial. Os resultados encontrados mostraram que a sub-bacia possui um elevado índice de impermeabilidade e ocupações em áreas de risco, necessitando de uma legislação que ampare o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida na cidade.

5. Referências Bibliográficas

- ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MEIRELLES, M. L.; MOREIRA, L. Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia hidrográfica; In.: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de informação geográficas Aplicações na agricultura**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA/SPI/CPAC, 1998. Cap.7, p.119-137.
- CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J.; MITSUO, F. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Computers & Graphics, v.20, n.3, p.395-403, 1996.
- CASAGRANDE C. A. **Diagnóstico ambiental e análise temporal da adequabilidade do uso e cobertura do solo na bacia do ribeirão dos Marins, Piracicaba-SP**. 2005. 136p. Dissertação (Mestre em Ecologia de Agroecossistemas) -Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- CENTENO, J. A. S.; ANTUNES, A. F. B.; TREVISAN, S.; CORREA, F. Mapeamento de áreas permeáveis usando uma metodologia orientada a regiões e imagens de alta resolução; **Revista Brasileira de Cartografia**, Nº 55/01, 2003, p.48-56.
- COSTA JUNIOR, L. L.; BARBASSA, A. P. Parâmetros de projeto de microrreservatório, de permeáveis e de previsão de pavimentos urbanas enchentes. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, Vol.11 - Nº 1, 2006, p. 46-54.
- DIAS, J. E.; GÓES, M. H. B.; SILVA, J. X.; GOMES, O. V. O. Geoprocessamento aplicado a análise ambiental: o caso do município de Volta Redonda-RJ; In.: SILVA J. X.; ZAIDAN R. T. **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. Cap.4, p.143-177.
- FURTINI, M. B. **Análise temporal da sub-bacia do córrego centenário em Lavras, MG**. 2005. 96p. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FURTINI, M. B.; FERREIRA, E.; SAMPAIO, F. DE M. T. Análise temporal da permeabilidade da superfície urbana da sub-bacia do córrego Centenário em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1145-1154, jul./ago., 2007.

FREITAS, V. A. L.; RIBEIRO, M. G., CENTENO J. A. S. Análise temporal e quantitativa da impermeabilização dos solos através de imagens LANDSAT e CBERS na cidade de Curitiba/PR. In Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2006, Florianópolis. **Anais...** Campos do Jordão: COBRAC/UFSC, 2006. P. 1-8.

GONÇALVES, C. D. A. B.; SOUZA Í. M.; PEREIRA, M. N.; FREITAS, C. C. **Análise do ambiente urbano visando a inferência populacional a partir do uso de dados de sensoriamento remoto orbital de alta resolução**. São José dos Campos: INPE, 2004. 63p.

IBGE. Minas Gerais – Lavras. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 06 novembro. 2008.

OLIVEIRA, A.; FERREIRA, E. **Características de sub-bacias hidrográficas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 64p.

PEREIRA JUNIOR, E. R. ; SILVA, J. X.; GÓES, M. H. B.; OLIVEIRA, W. J. Geoprocessamento aplicado a fiscalização de áreas de proteção legal: o caso do município de Linhares-ES; In.: SILVA J. X.; ZAIDAN R. T. **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. Cap.3, p.115-141.

RIBEIRO, R. A. **Forma urbana e tipo de uso do solo como fatores determinantes para a geração de áreas urbanas impermeáveis**. 2006.184 p. Dissertação (Mestre em Planejamento Urbano e Regional) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFRGS, Porto Alegre.

SANO, E. E.; ASSAD, E. D.; MOREIRA, L.; MACEDO, J. Estruturação de dados geoambientais no contexto de fazenda experimental; In.:ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de informação geográficas. Aplicações na agricultura**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA/SPI/CPAC, 1998. Cap.6, p.95-118.

SILVA, A. B. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Unicamp, 2003. 236p.

SCHUELER, T. R. The importance of imperviousness. **Watershed Protection Techniques**, v.1, n.3, p.100-111, 1994.

TONELLO, K. C. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhanes – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p.849-857, 2006.