

APLICAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO NO ESTUDO DA IMPERMEABILIDADE URBANA

Rochele Amorim Ribeiro – rochribeiro@yahoo.com.br
José Luís Farinatti Aymone – aymone@ufrgs.br
Simone Zarpelon Leão – leao_simone@yahoo.com
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional- PROPUR
Rua Sarmiento Leite, 320 5º andar
Porto Alegre - RS - Brasil CEP 90050-170

Resumo. *O impacto ambiental da urbanização através da crescente impermeabilização das superfícies e da inadequação da ocupação urbana às características naturais do sítio traduz um significativo impacto ambiental no meio urbano. Desta forma, este artigo focaliza o conceito da superfície impermeável como indicador de impacto ambiental, expressado pela transformação de áreas anteriormente permeáveis em áreas impermeabilizadas através de pavimentações ou através da própria ocupação da edificação. Foi tomado como objeto de estudo a cidade de Canoas (RS), município localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre. Os processos que envolveram a metodologia tiveram como objetivo principal a produção de informações acerca do tipo de ocupação do solo para a posterior análise da relação destas informações com os níveis de impermeabilidade. Portanto, a manipulação integrada da base digital cartográfica de Canoas e das imagens obtidas pelo levantamento aerofotogramétrico, através do geoprocessamento aplicado em um sistema de informações geográficas (SIG), permitiu à pesquisa a produção de informações sobre a geração de áreas impermeáveis que podem subsidiar o planejamento da ocupação do solo pelos assentamentos humanos de modo a minimizar o impacto hidrológico que estes provocam.*

Palavras-chaves: *geoprocessamento, sistemas de informações geográficas, impermeabilidade urbana, planejamento urbano.*

1. INTRODUÇÃO

As alterações no equilíbrio do ciclo hidrológico devido à urbanização é uma preocupação mundial. Trata-se de um problema que envolve diversos aspectos vinculados ao sistema natural e ao sistema construído no território urbano. A ocupação de áreas para atividades urbanas resulta no surgimento de superfícies impermeáveis, ou seja, áreas que possuem uma cobertura do solo que impossibilita a infiltração da água da chuva.

Superfícies impermeáveis são elementos possíveis de serem mensurados, quantificados financeiramente e considerados no planejamento da ocupação urbana. A cobertura impermeável sempre foi uma característica das áreas urbanas, porém, recentemente, a taxa de impermeabilização emergiu como um indicador ambiental (Arnold; Gibbons, 1996). A transformação de áreas anteriormente permeáveis, ou seja, áreas em que eram permitidos processos de infiltração e de pequena retenção da água da chuva (coberturas vegetais), em áreas impermeabilizadas através de pavimentações (placas de concreto, asfalto) ou através da própria ocupação da edificação, induzem a um desequilíbrio hidrológico caracterizado pelo aumento do escoamento superficial e mudanças do comportamento do hidrograma, além da gradativa diminuição da quantidade de água infiltrada pelo solo, prejudicando o suprimento dos mananciais subterrâneos (Tucci, 1995).

Portanto, técnicas de geoprocessamento aplicadas a um SIG são cada vez mais utilizadas para estudos na área urbana, tanto no meio acadêmico quanto nos órgãos de planejamento urbano. O fato dos equipamentos e programas computacionais estarem cada vez mais acessíveis, além da difusão de métodos sistematizados de

armazenamento de informações gráficas e alfanuméricas, pode ter contribuído de maneira decisiva para a consolidação desta ferramenta para a análise e tomada de decisões no planejamento urbano.

2. O GEOPROCESSAMENTO E O USO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) EM ESTUDOS URBANOS

O geoprocessamento representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, através de tecnologias que envolvem a coleta e tratamento das informações espaciais, buscando uma representação simplificada do mundo real e generalizando suas características e relações para um objetivo específico (Cirilo; Mendes, 2001). Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são programas computacionais que processam dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos), unindo a base espacial de referência (mapa) e as informações (banco de dados) em torno de objetos geograficamente representados no mapa. Desta forma, o SIG é o sistema que executa atividades que envolvem o geoprocessamento para cada aplicação, isto é, para cada interpretação da realidade.

Todo dado geográfico possui dois componentes essenciais: uma localização no espaço geográfico e um ou mais atributos característicos desta localização. Em um SIG, pontos, linhas e polígonos são utilizados para representar feições existentes sobre a superfície terrestre. Objetos geográficos do mundo real possuem duas formas de representação computacional em um SIG: a representação “vetorial” e a representação “*raster*”.

Na representação vetorial o espaço é considerado contínuo, ou seja, como um fenômeno em que se focaliza uma característica fundamental comum, sendo a realidade expressa por vetores, ou seja, pontos, linhas e polígonos, permitindo representações com maior precisão. A representação *raster* constitui-se de um espaço discreto, ou seja, um espaço representado por elementos separados e distintos, que não estão em continuidade com a vizinhança, segmentado em células em um arranjo ordenado de linhas e colunas. A Fig. 1 mostra as diferenças na representação dos dados no modo vetor e no modo *raster*.

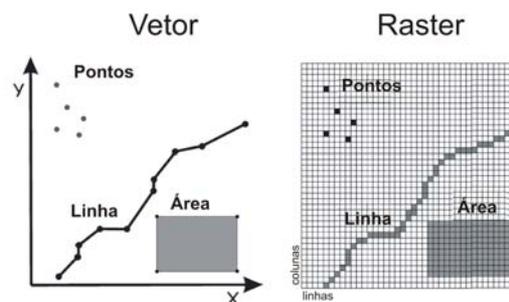


Figura 1 - Representação dos dados no modo vetor e no modo *raster*

A necessidade da estimativa das áreas impermeáveis para os estudos que procuram relacionar a urbanização com os impactos no sistema hidrológico vem trazendo um uso cada vez mais intenso do geoprocessamento, principalmente na aplicação dos sistemas de informações geográficas e no sensoriamento remoto. A respeito de estudos de mapeamento de áreas impermeáveis através de dados do sensoriamento remoto, pode-se citar como referências os estudos desenvolvidos por Campana, (1995); Carlson e Arthur (2000) e Iwai (2003), que utilizam imagens dos sistemas Landsat TM (Thematic Mapper) e SPOT, caracterizadas por uma baixa resolução e apropriadas para estudos em uma escala de planejamento regional. Já estudos que utilizam mapas *raster* de alta resolução, provenientes dos sistemas Ikonos e Quickbird, apropriados para uma microescala espacial, ou seja, que considera o tamanho do lote ou a infra-estrutura viária por exemplo, podem ser exemplificados com os trabalhos de Goetz *et al.* (2003) e Sawaya *et al.* (2003).

Entretanto, estudos na microescala urbana utilizam também outras fontes de dados. As imagens provenientes do levantamento aerofotogramétrico e as plantas cadastrais digitalizadas, já disponibilizadas por municípios brasileiros de médio porte, podem ser uma opção viável e aceitável para análises urbanas neste nível de detalhamento. Deste modo, o estudo de Pauleit e Duhme (2000), Stone Jr. (2004) e Garotti e Barbassa (2005), são importantes referências para este artigo, pois utilizam este tipo de dado para estudos de impermeabilidade urbana na microescala urbana.

3. OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo desta pesquisa é a cidade de Canoas (RS) situada na Região Metropolitana de Porto Alegre. O município de Canoas, inserido no centro geográfico da Região Metropolitana de Porto Alegre, possui um território de 131,10 km² de área e uma população, no ano 2000, de 306 096 habitantes (Brasil, 2003). Desta forma, foram selecionadas 13 áreas urbanas do município, representando diversos tipos de uso do solo, de

configuração de forma urbana e de ocupação urbana, procurando delimitar áreas com até 1.5km² de superfície. A Fig. 2 mostra a Microrregião de Porto Alegre, segundo a delimitação do Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil (Brasil, 2003), destacando a localização de Canoas.



Figura 2 - Microrregião de Porto Alegre (Brasil, 2003)

4. METODOLOGIA

A metodologia empregada teve como objetivo principal a produção de informações, vinculadas às unidades de análise, acerca do tipo de ocupação urbana, para a posterior análise da relação destas informações com os níveis de impermeabilidade.

Portanto, o primeiro passo foi o mapeamento dos tipos de coberturas nas unidades de análise, sendo que diferentes coberturas foram classificadas em níveis de impermeabilidade. Finalmente, os resultados finais da aplicação da metodologia foram tabulados e organizados, a fim de encaminhar a análise do problema de pesquisa. A Fig. 3 descreve a estrutura geral e a seqüência de procedimentos metodológicos proposta e desenvolvida neste estudo.

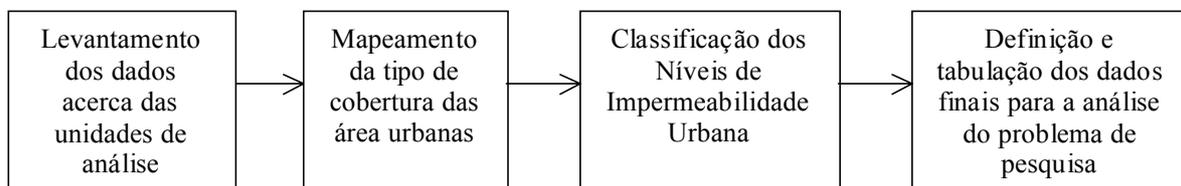


Figura 3 - Estrutura da metodologia da pesquisa

A seguir, é apresentada no item 4.1 a base de dados da pesquisa, constituída da planta cadastral municipal e de fotografias aéreas. No item 4.2 faz-se a caracterização da impermeabilidade urbana, que envolve o mapeamento das áreas impermeáveis do objeto de estudo, o mapeamento da vegetação e das áreas intraquadras e a classificação dos níveis de impermeabilidade dos tipos de superfície.

4.1 Base de dados da pesquisa

Com o objetivo de caracterizar os tipos de cobertura do solo relacionados à impermeabilidade, duas bases de dados foram utilizadas neste estudo: Planta cadastral municipal e fotografias do levantamento aerofotogramétrico.

Planta cadastral municipal digital. Uma planta cadastral municipal digital, também conhecida como base cartográfica digital, é uma carta planimétrica e/ou altimétrica obtida por processos computacionais com base em levantamentos aerofotogramétricos. Normalmente, estas cartas possuem a delimitação das curvas de nível, equidistantes em 1m, da hidrografia, das quadras, dos lotes, das edificações e das vias. Características de pavimentação das vias, assim como do tipo de atividade das edificações, tais como residencial, comercial, institucional ou industrial, entre outras informações, podem estar relacionados aos mapas digitais. Nesta investigação foi utilizada a planta cadastral do município de Canoas/RS. Esta base de dados forneceu diversas

informações requeridas para o desenvolvimento do estudo relativas ao mapeamento dos elementos de cobertura do solo para a identificação e mapeamento das áreas impermeáveis urbanas.

Fotografias aéreas. O levantamento aerofotogramétrico é definido por um conjunto de fotografias de determinada região, obtidas por meio de uma câmara fotogramétrica de precisão a bordo de uma aeronave. Foi tomada como base de dados as fotografias aéreas resultantes do levantamento aerofotogramétrico para a elaboração das plantas cadastrais do município de Canoas/RS. Neste estudo utilizou-se as fotografias aéreas para, através de operações de geoprocessamento, extrair informações referentes à vegetação nos loteamentos urbanos das unidades de análise da pesquisa. Por conseguinte, esta informação é relacionada ao nível de impermeabilidade urbana.

4.2 Caracterização da impermeabilidade urbana

A caracterização da impermeabilidade urbana envolveu três passos: (i) mapeamento dos tipos de coberturas nas unidades de análise obtido através da base cartográfica do município; (ii) mapeamento dos tipos de coberturas nas unidades de análise obtido pelas fotografias do levantamento aerofotogramétrico; (iii) classificação e atribuição do nível de impermeabilidade para cada tipo de superfície delimitada.

Mapeamento das áreas impermeáveis do objeto de estudo provenientes da base cartográfica. Considerando como áreas urbanas potencialmente impermeáveis as edificações, as calçadas e as vias, pode-se utilizar a delimitação da base cartográfica para mensurar a superfície impermeável para cada área urbana da unidade de análise.

As atividades envolvidas neste mapeamento estão descritas resumidamente na Fig. 4, tomando como exemplo o mapeamento das edificações residenciais em uma unidade de análise (unidade 1A).

1º Abrir o arquivo vetorial da **base cadastral**

2º Selecionar as **camadas de desenho** (layers) que contém as entidades gráficas que representam as edificações na unidade 1A

3º Transformar as entidades selecionadas em um arquivo cartográfico (shapefile), onde um **banco de dados** é vinculado à cada **entidade gráfica**, mantendo o georreferenciamento da base cadastral.

Obs: Este processo é repetido para os demais tipos de cobertura onde a base cadastral possui informações (vias, água, edificações não residenciais e quadras esportivas)

Shape	Polygon
Entity	Polyline
Layer	0
Elevation	0.00000
Thickness	0.00000
Color	7
Permetra	0.00
Area	955.39
Impermea	1.00

Figura 4- Etapas para o mapeamento das edificações residenciais na unidade 1A, segundo as informações da planta cadastral

Em um primeiro momento, foram levantadas, através da base cartográfica, as delimitações das ocupações de vias, edificações, água e quadras esportivas. Nesta etapa, as atividades envolveram a extração de informações contidas nas cartas, procedimento feito com o auxílio de um programa de computação gráfica (AutoCAD 2000), e a produção de dados cartográficos relativos a cada tipo de superfície, cuja atividade foi elaborada em um sistema de informações geográficas (ArcView 3.2). Após, este mapeamento foi utilizado no cálculo de impermeabilidade, procedimento que será descrito no subitem subsequente.

Mapeamento da vegetação e das áreas intraquadras através da fotografia aérea. Como a base cartográfica do município não contempla a delimitação da vegetação, foi necessário obter este dado por outras fontes. A alternativa viável encontrada foi adquirir esta delimitação através das fotografias aéreas do levantamento aerofotogramétrico que serviu de base para a elaboração da planta cadastral, método este semelhante ao que foi utilizado pelo estudo de Pauleit e Duhme (2000).

Para isto, foi necessário primeiramente digitalizar as imagens pertencentes a cada unidade de análise. Após a digitalização, foi feito o georreferenciamento destes arquivos *raster*, ou seja, retificar as configurações do mapa *raster*, localizando o plano da matriz em um sistema de projeção e de coordenadas conhecido. Um conjunto de pontos que localizam geograficamente elementos do mundo real representados pelo *raster*, chamados “pontos de controle”, geralmente provenientes de um arquivo vetorial, são vinculados às feições da imagem, ajustando-a em um plano de coordenadas geográficas (Eastman, 1998). Desta forma, através do georreferenciamento, foi possível manusear os dois tipos de dados, o *raster* e o vetor, pois se encontravam em um mesmo sistema de coordenadas geográficas, o que permitiu sua sobreposição. Os arquivos vetorizados (*shapefiles*), produzidos pela planta cadastral, serviram de apoio para o georreferenciamento, fornecendo as coordenadas dos pontos de controle. A Fig. 5 ilustra o processo de georreferenciamento.

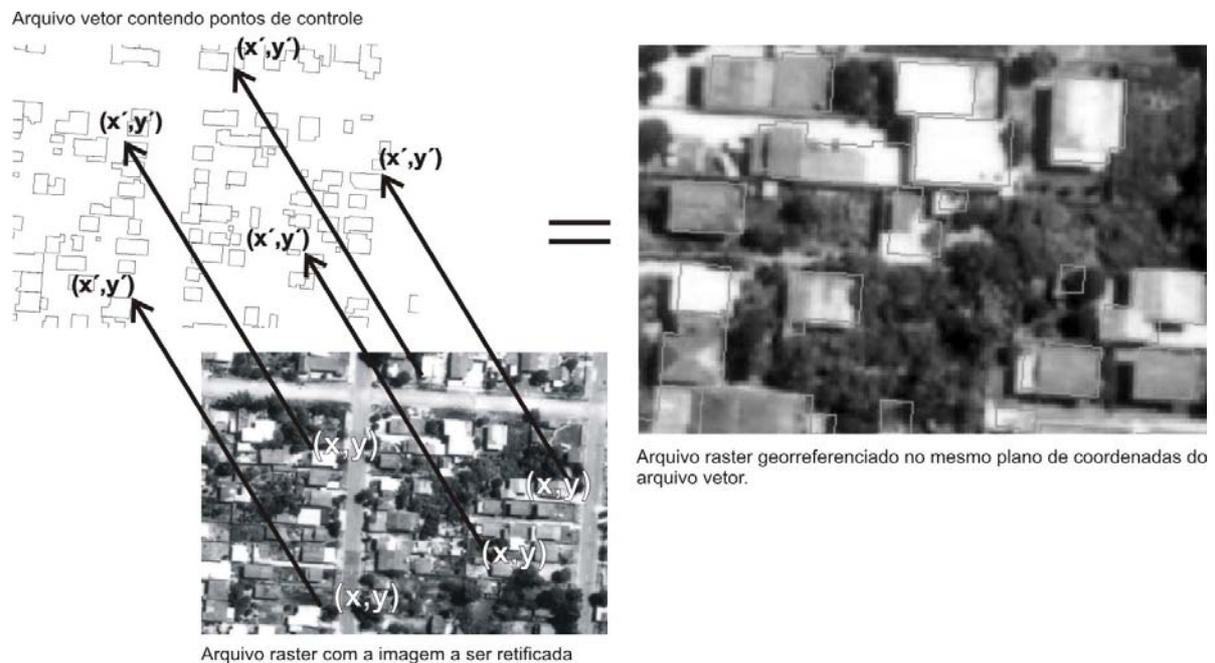


Figura 5 – Exemplo de georreferenciamento de um arquivo *raster*

Logo após foi feita a montagem das fotografias, que fazem a cobertura de cada unidade de análise, em um único mapa *raster* através da técnica do mosaico, que consiste em juntar o conjunto de mapas *raster* que fazem a cobertura de uma área de estudo em um único arquivo (ENVI, 2000). Desta forma, como as imagens já estão submetidas em um mesmo sistema de coordenadas, o SIG faz a fusão destas imagens já na posição correta. A Fig. 6 mostra esta operação disponibilizada pelo SIG.

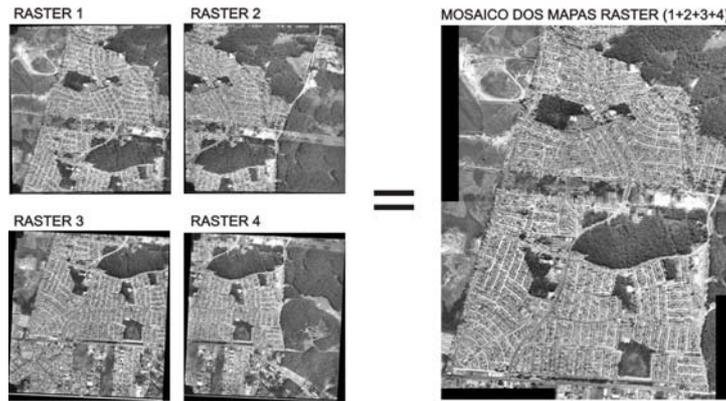


Figura 6 - Exemplo de mosaico de mapas *raster*

A etapa seguinte é a delimitação das áreas onde se indica a presença da vegetação. Entretanto, é importante lembrar que as fotografias aéreas são em tons de cinza, numa escala de 0 a 255 cores, sendo que o valor 0 (zero) corresponde à cor “preto” e o valor 255 corresponde à cor “branco”. Desta forma, observando o fato de que as áreas onde potencialmente há uma formação vegetal possuem tons de cinza mais escuros, foi possível definir, através do histograma do *raster*, a partir de que valor de cinza seriam atribuídas as áreas de vegetação, configurando os valores para uma reclassificação dos atributos. A reclassificação é uma técnica disponibilizada pelos sistemas de informações geográficas e seu princípio básico é a atribuição de novos valores às células de um determinado mapa *raster* (Eastman, 1998). De uma maneira geral, o SIG exige a especificação dos valores antigos (*old values*) e os valores novos (*new values*) que serão vinculados a eles, sendo que o dado de saída (*output*) deste processo é um novo mapa *raster* com os valores de células reclassificados. A Fig. 7 ilustra os processos envolvidos para a reclassificação dos atributos do mapa *raster*.

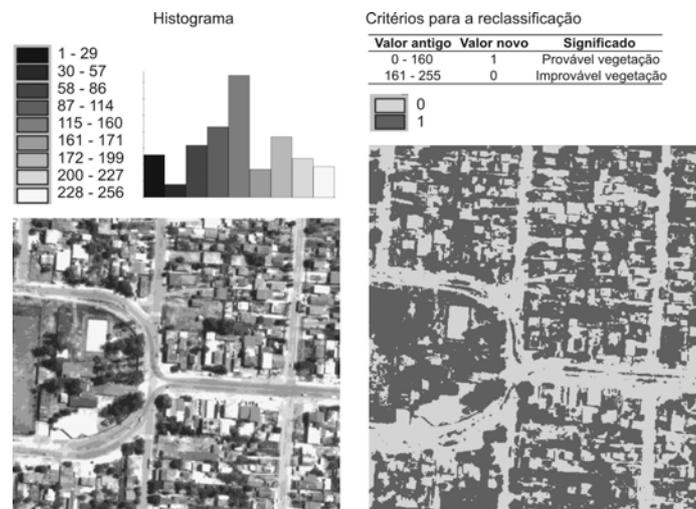


Figura 7 – Reclassificação dos atributos do mapa *raster*

Porém, os tons de cinza agregam não só a informação da presença da vegetação, mas também outros elementos urbanos como, por exemplo, alguns tipos de telhados e a pavimentação de asfalto nas vias. Desta forma, foi necessário a confecção de um arquivo *raster* que agregasse as informações dos arquivos cartográficos, do tipo vetorizados, provenientes da base cartográfica. Este arquivo serviria para descartar do mapa da vegetação as áreas onde já estaria definido o tipo de superfície ocupada. Para uma posterior álgebra de mapas, o arquivo *raster* foi reclassificado, atribuindo o valor “2” para a área ocupada, ou seja, com a informação proveniente arquivos cartográficos, e valor “0” para a área sem informação.

Desta forma, foi feita uma operação algébrica de mapas, ou seja, uma soma entre o mapa das prováveis áreas com vegetação e o mapa das ocupações definidas pelos arquivos cartográficos. O resultado desta soma deu origem a um mapa *raster* que, além de fornecer o mapeamento das áreas com vegetação, também forneceu o mapeamento de áreas interiores aos quarteirões, que não possuem informação quanto ao tipo de superfície ocupada, ou seja, não pertencem nem ao mapa de prováveis áreas de vegetação, nem ao mapa de ocupações definidas pelo arquivo *shapefile*. Desta forma, estas áreas sem informação (valor “0”) foram denominadas áreas

intraquadradas. Portanto, o mapa final de vegetação e de áreas intraquadradas é o resultado da reclassificação dos atributos do mapa *raster* derivado da operação algébrica entre mapas. Para concluir a explanação sobre mapeamento das superfícies impermeáveis, a Fig. 8 apresenta o processo de álgebra com os mapas *raster*, ilustrando a seqüência de procedimentos desta etapa.

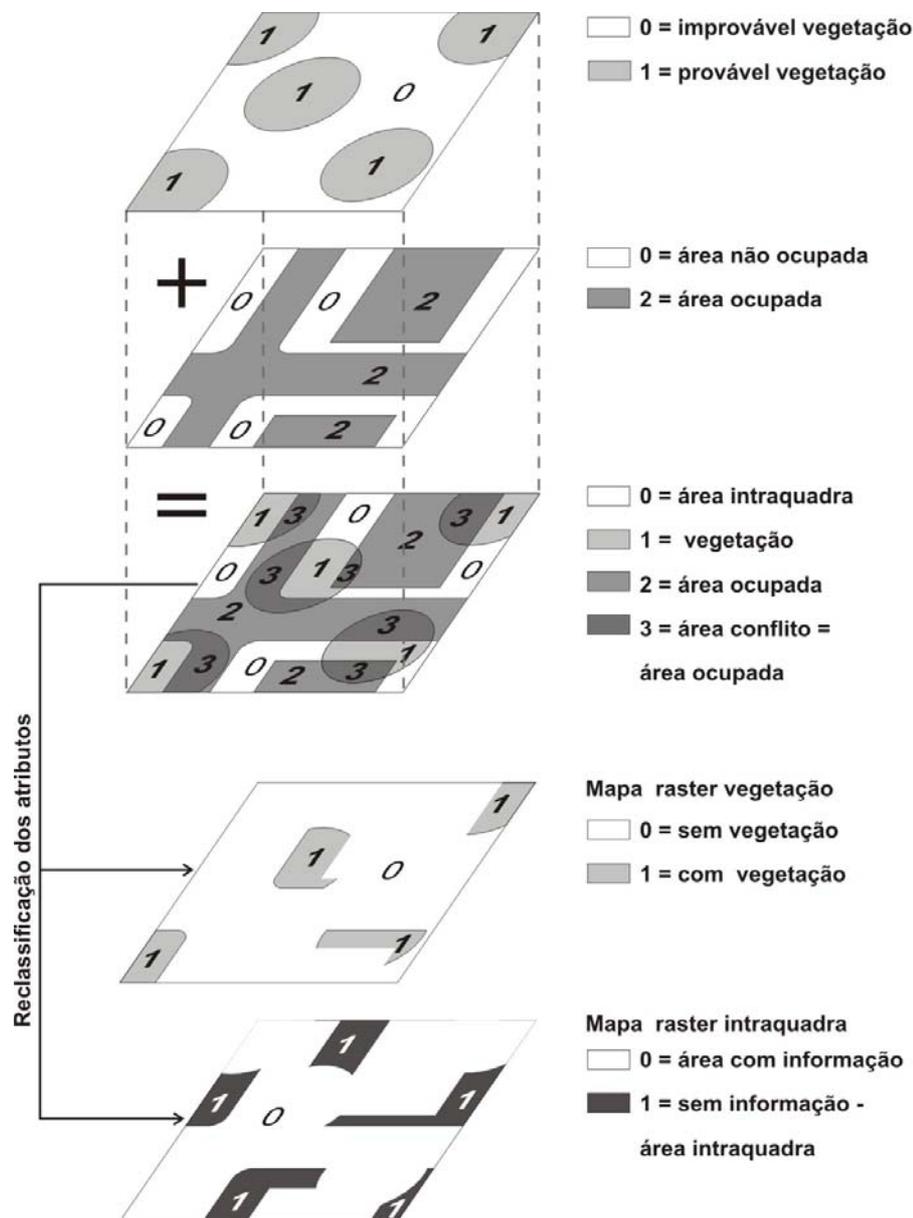
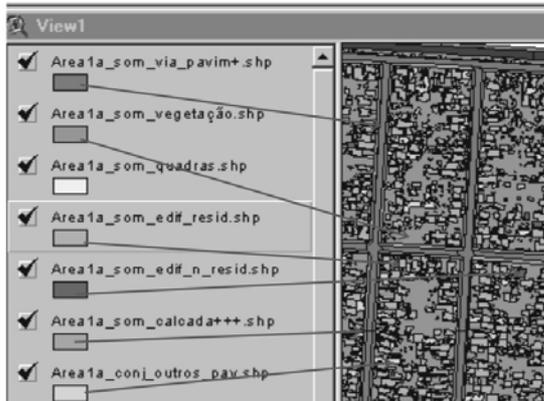


Figura 8 – Esquema do processo de álgebra com mapas

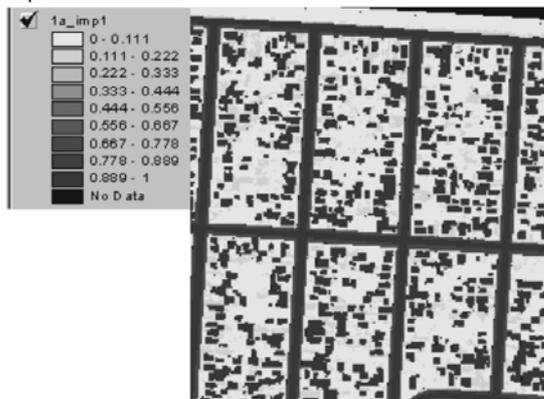
Classificação dos níveis de impermeabilidade dos tipos de superfície em cada unidade de análise. O nível de impermeabilidade de cada tipo de superfície foi classificado conforme a definição para o coeficiente “C” da tabela ASCE (ASCE, 1969 apud Tucci, 2000), utilizado pelo método racional de cálculo de vazão. Com base nos mapeamentos de coberturas do solo descritos anteriormente, foram elaborados mapas de impermeabilidade de cada unidade de análise. Desta forma, as atividades envolvidas para a confecção destes mapas consistiram na incorporação dos níveis de impermeabilidade de cada tipo de superfície ao banco de dados dos arquivos cartográficos (*shapefiles*), e na agregação destas informações em um só arquivo, juntando todos os dados de impermeabilidade referentes a uma determinada unidade de análise. Após, houve a conversão deste arquivo para um formato matricial (*raster-grid*) para o posterior cálculo da média de impermeabilidade da unidade de análise.

Para executar este cálculo, foram utilizados operadores de análise espacial (Spatial Analysis) do sistema de informações geográficas (software ArcView 3.2). O cálculo da média consiste em uma razão entre o somatório dos valores de impermeabilidade das células (pixels) do arquivo matricial e o somatório das unidades de pixels de cada unidade de análise. A Fig. 9 ilustra graficamente os procedimentos envolvidos nesta etapa.

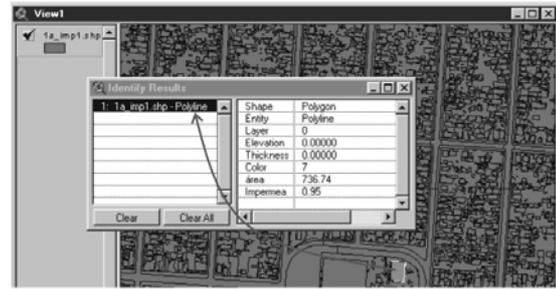
1º Vincular o nível de impermeabilidade para cada tipo de cobertura mapeada



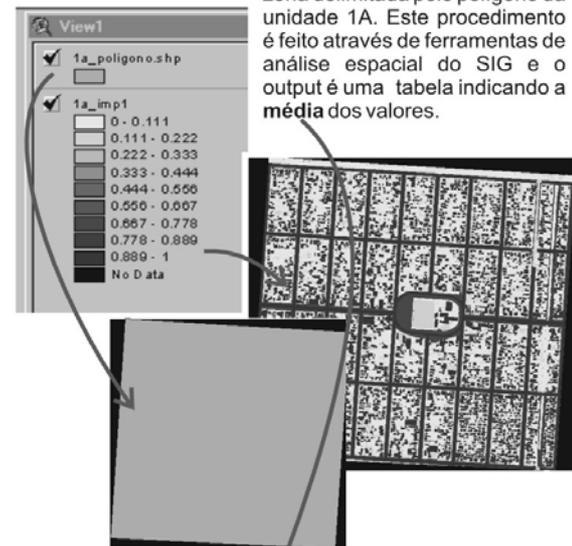
3º Transformar este arquivo em um formato raster-grid, atribuindo para o valor do pixel os valores do nível de impermeabilidade.



2º Unir, em um único arquivo cartográfico vetorial (shapefile), todos as "shapefiles" das coberturas mapeadas



4º Calcular a média de impermeabilidade dentro da zona delimitada pelo polígono da unidade 1A. Este procedimento é feito através de ferramentas de análise espacial do SIG e o output é uma tabela indicando a média dos valores.



Stats of 1a_imp1 Within Zones of 1a_poligono.shp									
Id	Count	Area	Min	Max	Range	Mean	Std	Sum	
0	1117270	1117270.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.5018	0.4133	560678.1875	

Figura 9 - Etapas da classificação da impermeabilidade

5. RESULTADOS

Através do mapeamento das superfícies, foi possível estabelecer porcentagens médias de ocupação de cada tipo de cobertura classificada nas unidades da análise. Esta análise é importante para entender como o espaço urbano destinado ao loteamento é apropriado pelos diversos tipos de cobertura, e, neste caso, pelos diversos níveis de impermeabilidade. Desta forma, a Fig. 10 mostra os valores médios de porcentagem de ocupação observados nas unidades de análise.

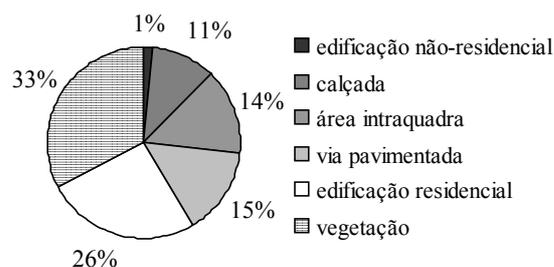


Figura 10 – Valor de porcentagem de cada tipo de cobertura nas unidades de análise

Pode-se observar uma média superior de ocupação da vegetação urbana nos loteamentos avaliados, representando 33% de ocupação em relação à área total considerada. Por outro lado, estes valores são menores do que os encontrados nas áreas residenciais (*detached / terraced houses*) no estudo de Pauleit e Duhme (2000, p. 6), onde se verifica um valor de 60% de vegetação de alto e médio porte.

Finalmente, de acordo com os valores obtidos, foi constatada uma expressiva ocupação do solo devido à infra-estrutura viária, que é responsável, em média, por 26% da área dos loteamentos estudados, equivalente à área ocupada pelas edificações. A relação entre a ocupação do sistema viário e a impermeabilização total das unidades de análise do objeto de estudo está ilustrada na Fig. 11. Esta relação mostra que, quanto maior a ocupação do sistema viário, maior é o nível de impermeabilização das unidades de análise avaliadas por esta pesquisa.

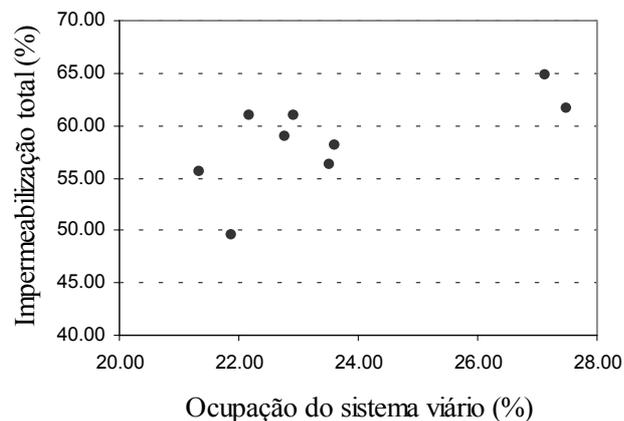


Figura 11 – Relação entre a ocupação viária e a impermeabilização total

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao finalizar este artigo, pode-se verificar que os resultados trazem informações sobre a geração de áreas impermeáveis nas unidades de análise, que podem subsidiar o planejamento da forma e da ocupação do solo pelos assentamentos humanos de modo a minimizar o impacto hidrológico que estes provocam.

Os dados para o mapeamento dos tipos de superfície urbana utilizados nesta pesquisa mostraram-se compatíveis para atingir os objetivos da investigação. Entretanto, a utilização de imagens de alta resolução obtidas por sensoriamento remoto mostra ser a alternativa ideal para este estudo. As imagens do satélite IKONOS e do satélite Quickbird oferecem o necessário detalhamento para investigações acerca das superfícies urbanas na escala do uso do solo.

Por outro lado, é importante salientar o fato de que os estudos que envolvem imagens obtidas por satélites com alta resolução dependem da disponibilidade dos dados geográficos e alfanuméricos para viabilização de uma investigação neste escopo, estes que apresentam, atualmente, dificuldades para o acesso, ou por restrições ao uso acadêmico, ou, até mesmo, pela inexistência destes dados para os centros urbanos brasileiros. Por fim, o impacto ambiental devido à urbanização é um tema cada vez mais investigado na produção científica mundial, tornando iminente no Brasil o desenvolvimento de estudos mais complexos envolvendo a questão da impermeabilidade urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnold Jr., C.L.; Gibbons, C.J. 1996. Impervious surface coverage: the emergency of a key environmental indicator. *Journal of American Planning Association*, Chicago, v.62, n.2, p.243-258.
- Brasil, 2003. *Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil*. Software - versão 1.0.1. 8.20 MB. Aplicativo – Formato .EXE. Brasil: PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas; FJP – Fundação João Pinheiro.
- Campana, N, 1995. *Impacto da Urbanização nas Cheias Urbanas*. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre.
- Cirilo, J.A.; Mendes, C.A.B. , 2001 *Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, integração e aplicação*. Porto Alegre: ABRH.
- Eastman, J.R. , 1998 *IDRISI for Windows: Introdução e Exercícios tutoriais*. Editores da versão em português: Hasenack, H.; Weber, E. Porto Alegre: UFRGS – Centro de Recursos Idrisi, 1998. 240p.

- ENVI - Environment for Visualizing Images, 2000. *ENVI Online Help*. Ajuda do software ENVI 4.0.
- Garotti, L. M.; Barbassa, A. P., 2005. Caracterização do uso do solo urbano e impactos hidrológicos e urbanísticos de lotes verticalizados em Ribeirão Preto – SP. In: *Anais do 1º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável - PLURIS*. São Carlos, 28 a 30 set. 2005. 1 CD-ROM.
- Goetz, S.J.; Wright, R.K.; Smith, A.J.; Zineck, E.; Schau, E., 2003. IKONOS imagery for resource management: Tree cover, impervious surfaces, and riparian buffer analyses in the Mid-Atlantic Region. *Remote Sensing of Environment*, v.88, p.195–208.
- Iwai, O. K., 2003. *Mapeamento do uso do solo urbano de São Bernardo do Campo, através de imagens de satélites*. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Pauleit, S.; Duhme, F., 2000. Assessing the environment performance of land cover types for urban planning. *Landscape and Urban Planning*, v. 52, issue 1, p. 1-20.
- Sawaya, K.E.; Olmanson, L.G.; Heinert, N.J.; Brezonik, P.L.; Bauer, M.E., 2003. Extending satellite remote sensing to local scales: land and water resource monitoring using high-resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*. v.88, p. 144–156.
- Stone Jr, B., 2004. Paving over paradise: how land use regulations promote residential imperviousness. *Landscape and Urban Planning*, v.69, p.101–113.
- Tucci, C., 1995. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C.; PORTO, R.; BARROS, M. *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: ABRH/ Editora da Universidade/ UFRGS, 1995. p.15-36.
- _____(org.), 2000. *Hidrologia – Ciência e Aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: Ed.Universidade/ UFRGS/ ABRH.

APPLICATION OF GEOPROCESSING FOR STUDYING THE URBAN IMPERVIOUS SURFACE

Rochele Amorim Ribeiro – rochribeiro@yahoo.com.br
José Luis Farinatti Aymone – aymone@ufrgs.br
Simone Zarpelon Leão – leao_simone@yahoo.com
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional- PROPUR
Sarmiento Leite, 320 5º andar
Porto Alegre - RS - Brasil CP 90050-170

Abstract. *The environmental impact of urbanization due to the surface impervious growing and inadequacy of urban occupation induces to a significant increase of inundation events in every urban center. Hence, this paper focuses the concept of impervious surface as an indicator of environment impact, expressed through the changing of pervious areas in impervious areas by paving cover or building occupation. It is taken as a case study 13 areas pertaining to Canoas City, Rio Grande do Sul – Metropolitan area of Porto Alegre, Brazil. The main goal of the methodology process is to achieve information about types of land cover for studying the association with urban impermeability level. Therefore, the manipulation of municipal digital cartographic base of Canoas City with aerial photographs, through the geoprocessing applied in geographic information system toolbox (GIS), allows this research to produce data about of urban impervious areas generation. These results could help the urban settlement planning to reduce the impervious cover and the hydrological impact in its implementation.*

Key words. *Geoprocessing, geographic information system, urban impermeability, urban planning*