

## **Aplicação de técnicas de processamento digital de imagens usando a extensão espacial *PostGIS Raster* em imagens de sensoriamento remoto**

Adeline Marinho Maciel<sup>1</sup>

Lúbia Vinhas<sup>1</sup>

Gilberto Câmara<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Caixa Postal 515 – 12227-010 – São José dos Campos - SP, Brasil  
adelsud6@gmail.com, lubia@dpi.inpe.br, gilberto.camara@inpe.br

**Abstract.** Remote sensing images are largely used for monitoring and combat deforestation at Brazil. One example of environmental monitoring project, based in remote sensing images is the PRODES Project that detects the deforestations and performs the processing necessary for that deforestation data can be used in different studies, for example, study about land use and cover changes. Some of the techniques used in this process consist in extracting information about deforestation polygons detected. This information helps in the identification of deforestation patterns and understanding of processes and actors involved in the land use and cover changes. With advance of the research the Database Management Systems (DBMS) offer spatial extension which allow that the spatial data management, raster and geometry kind, be done by the DBMS. This paper uses functionalities of the PostGIS Raster spatial extension for applying image digital processing techniques, such as, enhancement, classification and feature extraction with landscape metrics in remote sensing image. The results show that use spatial extension is possible for a well-defined study domain, such as deforestation. Furthermore, the extraction of landscape metrics for deforestation objects through PostGIS showed be a promising and important alternative to the use of spatial extents in terms of interoperability among systems.

**Keywords:** feature extraction, landscape metrics, classification, extração de atributos, métricas da paisagem, classificação

### **1. Introdução**

O combate ao desmatamento no Brasil é uma prioridade para o governo, para a sociedade e para as organizações ambientais. O primeiro passo para isto é a criação de metodologias e técnicas que possibilitem monitorar, de forma eficiente e a custos razoáveis, áreas de desmatamento em grandes biomas como, por exemplo, o bioma amazônico. Para isto, as Imagens de Sensoriamento Remoto são amplamente utilizadas para fazer esse monitoramento, pois representam uma fonte de dados atualizada sistematicamente e capaz de abranger grandes extensões do espaço.

Um exemplo de projeto de monitoramento ambiental, baseado em imagens de sensoriamento remoto é o PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (VALERIANO et al., 2004). O PRODES é o maior projeto de monitoramento de florestas do mundo e desde 1988 vem produzindo as taxas anuais de desflorestamento na Amazônia Legal. A metodologia PRODES em vigor atualmente é semi-automatizada. A cada ano são processadas 220 imagens de satélite da classe LANDSAT, selecionadas de maneira a minimizar a cobertura de nuvens sobre área de estudo. Essas imagens são georreferenciadas, passam por algoritmos para realce de contraste e detecção de nuvens e finalmente um foto interprete responsável faz a delimitação dos polígonos de desmatamento diretamente na tela do computador (CÂMARA et al., 2013). O PRODES é implementado com o uso de um sistema dedicado chamado TerraAmazon (FREITAS et al., 2007).

Esse trabalho visa estudar uma solução usando o *PostGIS Raster* como uma alternativa para

construção de sistemas que integram funcionalidades de processamento de imagens e extração de métricas da paisagem para serem usadas em estudos que utilizam mineração de dados espaciais. Um protótipo foi desenvolvido, o qual possibilita recuperar imagens armazenadas no banco e a extração das métricas da paisagem.

## 2. Materiais e Métodos

Essa seção apresenta o conjunto de procedimentos realizados para processar as imagens de sensoriamento remoto a fim de definir as unidades de paisagem e sobre elas fazer a extração das métricas da paisagem. As etapas seguintes foram realizadas Figura 1: escolha da base de dados contendo as imagens de satélite; seleção da cena que cobre o município escolhido; inserção da cena e dados auxiliares no *PostGIS Raster*; criação de consultas visando aplicar técnicas de processamento digital de imagens; classificação e transformação da imagem, da representação matricial para representação vetorial; e extração e normalização das métricas da paisagem. A recuperação das imagens e extração das métricas da paisagem podem ser realizadas usando o protótipo desenvolvido *PostGIS View*.

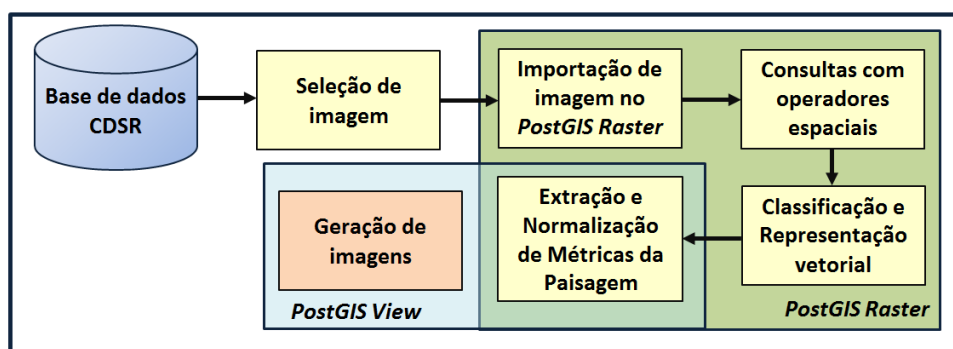


Figura 1: Metodologia

Do Catálogo de Imagens do INPE foram selecionadas as bandas 5, 4 e 3 da cena do satélite Landsat 7, sensor ETM, identificada pela órbita 231, ponto 67, com data de passagem do satélite em 17 de junho de 2002. Essa imagem cobre a área do município de Vale do Anari, estado de Rondônia, Brasil. As imagens são distribuídas em formato GeoTIFF e georreferenciadas na projeção UTM, Datum WGS84, que pode ser identificada pelo código 32720 do sistema EPSG. Possuem resolução espacial de 30 metros e resolução radiométrica de 256 níveis de cinza codificados em 8-bits.

### 2.1. Preparação dos dados

O Centro de Dados de Sensoriamento Remoto (CDSR) distribui as imagens em cenas, onde cada banda de cada cena é disponibilizada em um arquivo comprimido \*.zip. A recuperação de uma imagem multiespectral em um único arquivo foi feita através da composição colorida (falsa cor) associando cada banda em um canal, banda 5 no canal vermelho, banda 4 no canal verde e banda 3 no canal azul, gerando uma imagem multiespectral denominada “imagem\_RGB”, que foi utilizada como base para este trabalho. A combinação dessas bandas permite distinguir áreas com solo exposto, vegetação e água, como também áreas que sofreram degradação provocada por atividades de agentes não naturais como, por exemplo, extração madeireira, criação de assentamento e áreas urbanas. Além disso, foi utilizado o mapa de municípios do Brasil em formato digital *shapefile*. Esses dois conjuntos de dados foram inseridos em um servidor PostGIS formando o banco de dados de trabalho usado nesse artigo.

A inserção da imagem\_RGB no banco de dados foi realizada utilizando o script “raster2pgsql” que faz o processamento de uma ou mais imagens, produzindo como saída um arquivo de comandos SQL que deve ser submetido ao servidor (VINHAS; FERREIRA, 2013). No banco de dados, a imagem\_RGB foi armazenada em uma tabela com coluna do tipo *raster* e cada arquivo de imagem foi dividido entre blocos regulares de 512x512 *pixels*, escolhido após testes realizados com diferentes medidas.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Aplicação de Técnicas de Processamento Digital de Imagens

Processamento Digital de Imagens (PDI) pode ser entendido como o conjunto de técnicas utilizadas para manipulação de imagens digitais no sentido de facilitar a extração de informações. Essas técnicas possibilitam a exploração de detalhes que são inacessíveis pelos métodos tradicionais e permitem destacar e realçar aspectos de interesse específico a determinados temas e objetos (IBGE, 1999).

A aplicação de técnicas de PDI foi realizada por meio de um conjunto de consultas que assemelham-se as técnicas para manipulação de imagens. Numa primeira etapa, foi realizado o recorte da imagem\_RGB pelo limite do município de Vale do Anari. A Figura 2 mostra os comandos utilizados para o recorte, com a atualização de uma nova coluna *raster* com valores da imagem recortada. A Figura 3 exibe o resultado deste recorte para o bloco 89. Os blocos 88 e 89 foram utilizados como base para os outros procedimentos.

```
1 ALTER TABLE land7 ADD COLUMN clip_rast raster;
2 UPDATE land7 SET clip_rast=ST_Clip(rast,vale_do_anari_pol.geom,false) FROM
  vale_do_anari_pol WHERE land7.rid=89 and vale_do_anari_pol.name_2='Vale
  do Anari';
```

Figura 2: Comandos para recortar imagem RGB de acordo com os limites do município

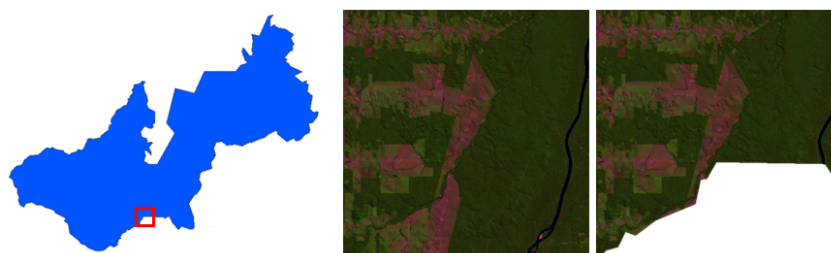


Figura 3: Resultado do recorte para bloco 89

Em seguida, foi aplicado o realce de contraste que visa aprimorar a qualidade da imagem, permitindo uma melhor discriminação dos objetos e melhor qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano (INPE, 2006). Neste caso, foi utilizada uma função linear que altera os valores de cada *pixel* de acordo com um ganho e parâmetro *offset* pré-definido. A Figura 4 mostra os comandos utilizados para realizar o realce. Na Figura 5 temos o resultado do realce aplicado para o bloco 88, considerando apenas a banda 5, que no sistema é representada por 1.

O *PostGIS Raster* também possibilita utilizar apenas uma das bandas da imagem para realizar operações, pois é possível extrair bandas que compõem uma imagem de entrada, se esta for multi-espectral. A partir da imagem multi-espectral de entrada é possível realizar diferentes

```

1 ALTER TABLE land7 ADD COLUMN realce_rast raster;
2 UPDATE land7 SET realce_rast=ST_MapAlgebraExpr(clip_rast,1,NULL, '[rast
] *2.1-29.3') WHERE rid=88;

```

Figura 4: Comandos realizados para realce da imagem RGB, considerando banda 5

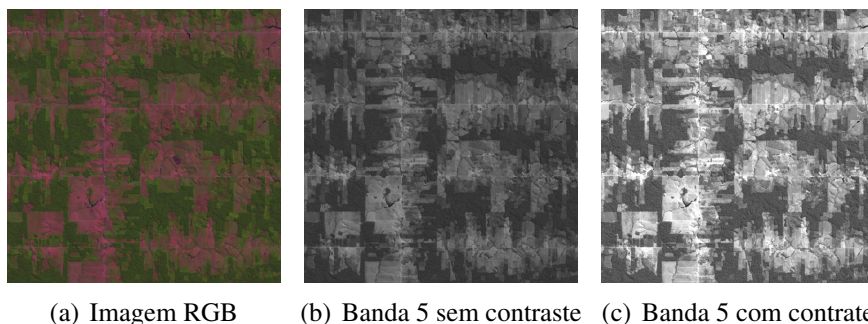


Figura 5: Resultado do realce de contraste aplicado a imagem de banda 5

composições coloridas (falsa cor) com as bandas da imagem. A Figura 6 mostra os comandos que possibilitam extrair cada banda que compõem a imagem\_RGB e para criação de uma nova imagem falsa cor. Por exemplo, a Figura 7, exhibe cada banda da imagem\_RGB e uma nova composição colorida com as bandas 3(R), 5(G) e 4(B).

```

1 ALTER TABLE land7 ADD COLUMN band_rast raster; --cada banda
2 UPDATE land7 SET band_rast= ST_Band(rast, 1) WHERE rid=88;
3 UPDATE land7 SET band_rast= ST_Band(rast, 2) WHERE rid=88;
4 UPDATE land7 SET band_rast= ST_Band(rast, 3) WHERE rid=88;
5 --Nova imagem falsa cor
6 ALTER table land7 ADD COLUMN band_rast raster;
7 UPDATE land7 SET band_rast= ST_Band(rast, ARRAY[3,1,2]) WHERE rid=88;

```

Figura 6: Consultas para extração das bandas da imagem\_RGB. Geração de nova composição colorida com as bandas 3(R), 5(G) e 4(B), representadas no sistemas pelos valores 3, 1 e 2

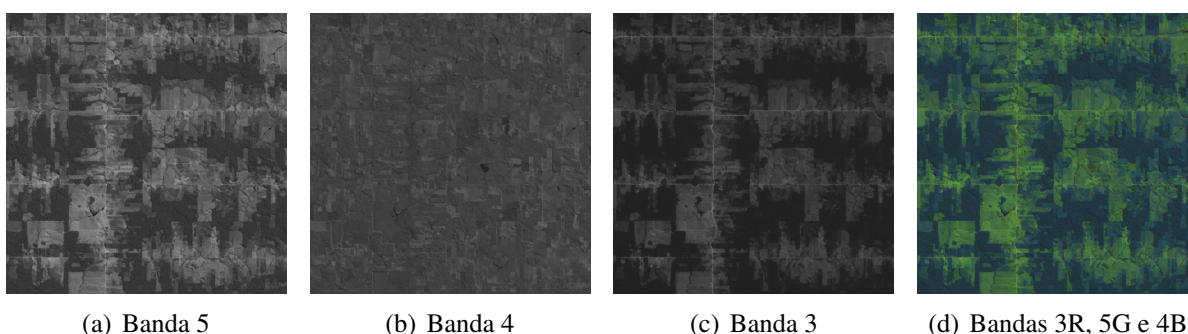


Figura 7: Resultado da extração das bandas da imagem\_RGB. Em d) temos composição colorida, falsa cor, com bandas 3(R), 5(G) e 4(B)

### 3.2. Classificação e Representação Vetorial

Classificação é o processo de extrair informação em imagens para reconhecimento de padrões e objetos homogêneos, que são utilizados em sensoriamento remoto para realizar o

mapeamento de áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse (INPE, 2006). De acordo com o processo de classificação, os classificadores podem ser divididos em classificadores *pixel a pixel*, que utilizam apenas a informação espectral, isoladamente, de cada *pixel* para encontrar regiões que sejam homogêneas; e classificadores por regiões que abordam a informação espacial que abrange a relação entre os *pixels* e seus vizinhos, além da informação espectral (KORTING, 2006).

Com o *PostGIS Raster* é possível executar um processo simplificado de classificação *pixel a pixel*, por meio da função *ST\_Reclass*. Essa função realiza a divisão entre intervalos de valores de *pixel* da imagem para um valor que represente uma classe temática. Os intervalos de valores de *pixel* podem ser definidos por meio da observação do histograma.

Neste trabalho foram realizadas duas classificações, com classes de interesse para os blocos 88 e 89. Para isso, foi utilizada a função *ST\_Reclass*, que gera uma classificação em escala de cinza, e a função *ST\_ColorMap*, que atribui cores para a classificação previamente realizada, proporcionando melhor distinção visual entre os objetos.

A Figura 8 apresenta a consulta para o bloco 88, em que foi utilizado a banda 5 da imagem\_RGB e os intervalos de *pixels*, com base no histograma, para duas classes de interesse, desmatamento e floresta. A Figura 9 exibe o resultado da classificação realizada para o bloco 88 e 89. Além disso, foi realizada uma classificação mais particular para a classe de desmatamento, para mais intervalos de *pixels*. As Figuras 9(e), 9(f), 9(g) e 9(h) apresenta o mesmo processo de classificação para o bloco 89, porém neste caso foi feita a distinção entre três classes alvo: rio, desmatamento e floresta.

```

1 SELECT (info).* FROM (SELECT rid, ST_Histogram(realce_rast, 1, 2) AS info FROM
   land7 WHERE rid=88) AS ima;
2 UPDATE land7 SET rast_class=ST_Reclass(realce_rast, 1, '0-115:1, 115-256:255',
   '8BUI', 0) WHERE rid=88; --(2 classes)
3 UPDATE land7 SET color_rast=ST_ColorMap(rast_class, 1, 'pseudocolor') WHERE
   rid=88;

```

Figura 8: Consultas para o bloco 88, para duas classes

Para a representação vetorial, foram utilizadas as classificações das Figuras 9(d) e 9(h), com mais intervalos de valores de *pixels* para o desmatamento, o que gerou mais polígonos. A Figura 10 apresenta a consulta realizada para criação da representação vetorial e a Figura 11 exibe os polígonos gerados para os blocos 88 e 89.

### 3.3. Extração de Atributos e Normalização de Valores

A extração de atributos é responsável pela mensuração dos atributos dos objetos que pertencem a uma imagem e são utilizados para identificar uma classe de padrão. Isso permite caracterizar o objeto por meio de medidas que, posteriormente, serão utilizadas na classificação da imagem (OLIVEIRA et al., 2009). Nesta abordagem foram utilizadas métricas da paisagem, que consistem em informações que caracterizam elementos da paisagem de acordo com propriedades geométricas, topológicas, entre outras. Para isso, selecionou-se seis métricas (*perimeter*, *area*, *para*, *shape*, *circle* e *frac*) (MCGARIGAL; MARKS, 1995). A extração das métricas foi realizada utilizando-se um arranjo de consultas mais elaborado (Figura 12).

Além disso, foi realizado a normalização das métricas pelo método de Normalização Min-Max (Mínimo-Máximo), que realiza uma transformação linear no dado original. Assumindo que *minA* e *maxA* são os valores mínimo e máximo de um atributo *A*. A Normalização Min-Max mapeia um valor, *v* de *A* para *v'* em um intervalo [*new\_minA*, *new\_maxA*], em que são



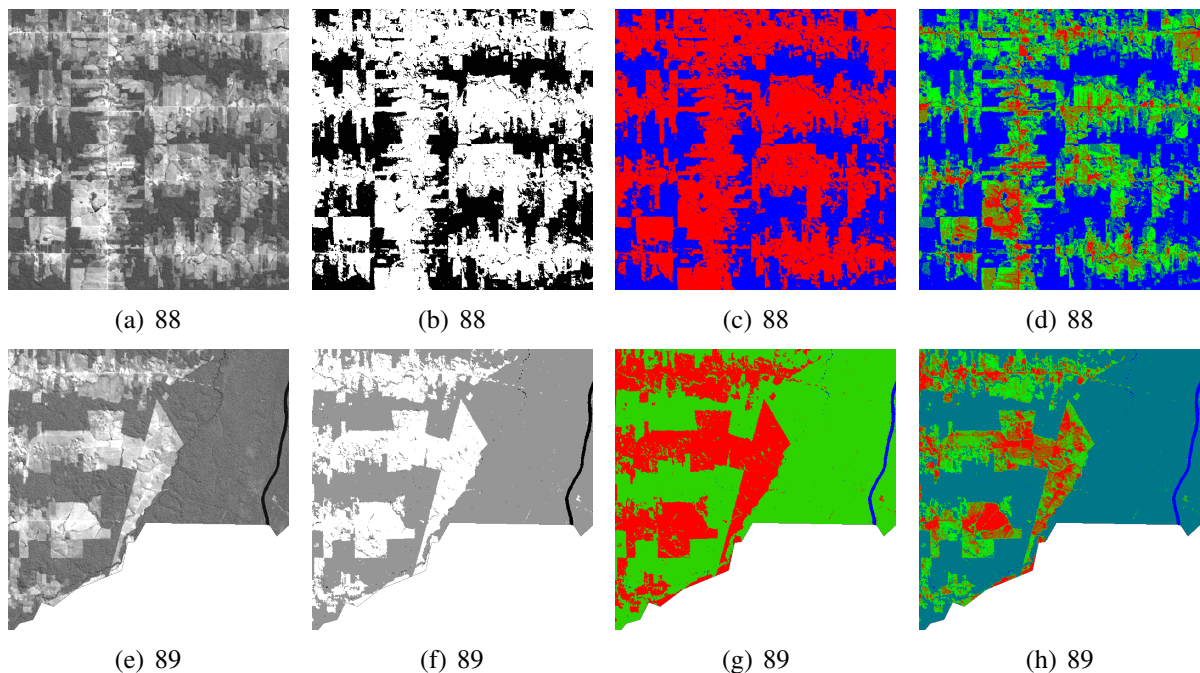


Figura 9: Resultado da classificação para o bloco 88 e 89. (a)(e) Banda 5 com contraste. (b)(f) Imagem classificada. (c)(g) Com função de atribuição de cores para classificação. (d) Duas classes de interesse: Desmatamento e Floresta. (h) Três classes: Desmatamento, Floresta e Água.

```

1 CREATE TABLE anari_muni89_6 (gid serial primary key, classe integer, geom
  geometry);
2 INSERT INTO anari_muni89_6(classe,geom) SELECT val, ST_GeomFromText(
  ST_AsText(geom), 32720) FROM (select (ST_DumpAsPolygons(rast_class1)).*
  FROM land7 WHERE rid=89) AS aux order by val;
  
```

Figura 10: Consulta para criação da representação vetorial

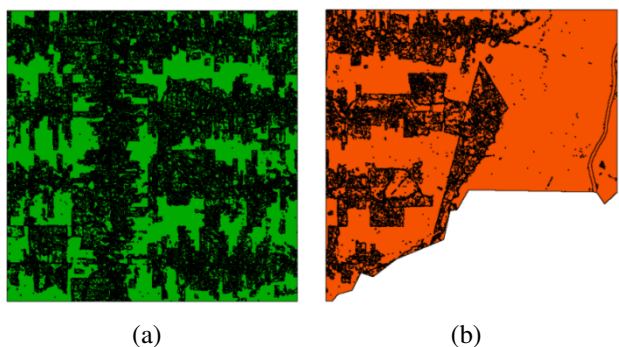


Figura 11: Representação vetorial dos polígonos

definidos os novos valores de intervalo (HAN; KAMBER; PEI, 2011), pela (Equação 1):

$$v' = \frac{v - min_A}{max_A - min_A} (new\_max_A - new\_min_A) + new\_min_A \tag{1}$$

A Figura 13 apresenta um exemplo de bloco de consulta para normalização da métrica perímetro, “perimeter”, de forma similar aplicada as demais métricas. Neste caso, foi assumido

```

1 UPDATE anari_muni89_6 SET perimetro_m = ST_Perimeter(geom);
2 UPDATE anari_muni89_6 SET area_m2 = ST_Area(geom);
3 UPDATE anari_muni89_6 SET para = (ST_Perimeter(geom)/ST_Area(geom));
4 UPDATE anari_muni89_6 SET shape = ((0.25*(ST_Perimeter(geom)))/(sqrt(
  ST_Area(geom))));
5 UPDATE anari_muni89_6 SET frac = ((2*ln(0.25*(ST_Perimeter(geom))))/(ln(
  ST_Area(geom))));
6 UPDATE anari_muni89_6 SET circle = (select (1-((ST_Area(a.geom))/(min(
  ST_Area(b.geom))))) AS circle FROM anari_muni89_6 AS a, anari_muni89_6
  AS b WHERE ST_Touches(a.geom, b.geom) AND a.gid= anari_muni89_6.gid
  GROUP BY a.geom) WHERE EXISTS (SELECT * FROM anari_muni89_6 AS a WHERE a
  .gid= anari_muni89_6.gid);

```

Figura 12: Consultas para extração de métricas da paisagem

que o valor mínimo e máximo está no intervalo [0,1]. O resultado final da extração de atributos e suas respectivas métricas normalizadas é exibido na Figura 14.

```

1 CREATE TEMPORARY TABLE min_perim AS SELECT min(perimetro_m) AS min_pe FROM
  anari_muni89_6 WHERE classificacao='desmatamento';
2 CREATE TEMPORARY TABLE max_perim AS SELECT max(perimetro_m) AS max_pe FROM
  anari_muni89_6 WHERE classificacao='desmatamento';
3 UPDATE ANARI_muni89_6 SET n_perim = (SELECT (((a.perimetro_m)-(min_pe))/((
  max_pe)-(min_pe)))*(1-0)+0) AS n_perim FROM anari_muni89_6 AS a,
  min_perim, max_perim WHERE a.classificacao='desmatamento' AND a.gid=
  anari_muni89_6.gid) WHERE EXISTS (SELECT* FROM anari_muni89_6 AS a WHERE
  a.classificacao='desmatamento' AND a.gid=anari_muni89_6.gid);

```

Figura 13: Consultas para normalização de métricas da paisagem, exemplo para métrica *perimeter*

	gid integer	classe integer	geom geometry	classificacao character varying	perimetro_m double precision	area_m2 double precision	para double precision	shape double precision	frac double	circle double	n_perim double precision	n_area double precision	n_para double precision	n_shape double precision	n_frac double precision	n_circle double precision
5376	4218	160	01030000	desmatamento	120	900	0.133333	1	1	0	0	0	1	0	0	0.999566
5377	4220	160	01030000	desmatamento	120	900	0.133333	1	1	0	0	0	1	0	0	0.999566
5378	4221	160	01030000	desmatamento	240	2700	0.088888	1.154700	1.0364	-2	0.0048309	0.000862	0.63382	0.031717	0.13071	0.998706
5379	4222	160	01030000	desmatamento	180	1800	0.1	1.060660	1.0157	-1	0.0024154	0.000431	0.72536	0.012436	0.05641	0.999137
5380	4223	160	01030000	desmatamento	240	2700	0.088888	1.154700	1.0364	-2	0.0048309	0.000862	0.63382	0.031717	0.13071	0.998706
5381	4225	160	01030000	desmatamento	420	8100	0.051851	1.166666	1.0342	-3.5	0.0120772	0.003451	0.32867	0.034170	0.12298	0.998056
5382	4226	160	01030000	desmatamento	120	900	0.133333	1	1	0	0	0	1	0	0	0.999566
5383	4227	160	01030000	desmatamento	120	900	0.133333	1	1	0	0	0	1	0	0	0.999566
5384	4228	160	01030000	desmatamento	300	3600	0.083333	1.25	1.0545	-1	0.0072463	0.001294	0.58805	0.051256	0.19565	0.999137

Figura 14: Conjunto de métricas da paisagem geradas por consultas SQL (*perimeter*, *area*, *para*, *shape*, *circle* e *frac*) e métricas normalizadas

#### 4. Conclusões

Neste estudo foi abordado a possibilidade de integrar sistemas com funcionalidades de processamento digital de imagens e extração de atributos, considerando métricas da paisagem, usando dados de sensoriamento remoto, por meio da extensão espacial *PostGIS Raster*. O estudo foi realizado por meio de consultas submetidas ao gerenciador de banco de dados, em conjunto com um protótipo desenvolvido, em que foi verificada a flexibilidade dessa extensão.

Com o emprego e combinação de funções do *PostGIS Raster* foi observado a possibilidade de reproduzir algumas das técnicas de processamento digital de imagens utilizando funções

com objetivos semelhantes, o que gerou resultados satisfatórios para o estudo em questão. Além disso, é possível gerenciar tanto dados espaciais do tipo *raster* como geométricos, o que possibilita executar processos que envolvam os dois tipos de dados na mesma consulta.

O uso da extensão espacial como uma alternativa a utilização de ferramentas SIG é viável dentro de um estudo bem definido, como desmatamento, o que possibilita aplicar eficientemente técnicas de processamento e gerenciamento de dados. Entretanto são necessários conhecimentos prévios sobre linguagem SQL e banco de dados.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro

### Referências

- CÂMARA, G. et al. Metodologia para Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal. Coordenadoria Geral de Observação da Terra, Programa Amazônia - Projeto PRODES, 2013. Disponível em: <[http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia\\_TaxaProdes.pdf](http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia_TaxaProdes.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2014.
- FREITAS, U. M. et al. The amazon deforestation monitoring system a large environmental database developed on terralib and postgresql. *OSGeo Journal*, 2007.
- HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. *Data Mining: Concepts and Techniques*. 3rd. ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2011. 744 p. ISBN 0123814790, 9780123814791.
- INPE. *SPRING: Tutorial de Geoprocessamento*. SPRING-DPI/INPE, 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Acesso em: 27 dez 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Introdução ao processamento digital de imagens: Manuais Técnicos em Geociências número 9*. 2. ed. Primeira Divisão de Geociências do Nordeste, Rio de Janeiro, 1999. 94 p.
- KORTING, T. S. Classificação de imagens por regiões. *INPE, São José dos Campos*, 2006.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Portland, Or.: Pacific Northwest Research Station General Technical, 1995. 132 p.
- OLIVEIRA, J. d. A. et al. Extração de atributos de forma para classificação de imagens de alta resolução do satélite hrc/cbers-2b. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 25-30 abr. 2009, Natal. *Anais...* São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2009. p. 7015–7022. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.22.33>>.
- VALERIANO, D. d. M. et al. Monitoring tropical forest from space: The prodes digital project. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING (ISPRS), Istanbul, Turkey. *Proceedings...* 2004. v. 35 part. b. Technical Commission VIII, WG VII/3 Integrated Monitoring Systems for Resource Management I. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/09.23.13.44>>. Acesso em: 13 out. 2014.
- VINHAS, L.; FERREIRA, K. R. Explorando a extensão wkt raster do postgis para armazenamento e manipulação de imagens de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR), Foz do Iguaçu. *Anais...* São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013. p. 4700–4707. ISBN 978-85-17-00066-9 (Internet) and 978-85-17-00065-2 (DVD). Disponível em: <<http://marte2/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.09.22>>. Acesso em: 14 out. 2014.