



**UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**

# **CONTINENTES**

**Revista de Geografia do Programa de Pós-Graduação  
em Geografia e do Departamento de Geociências**

**Ano 7, N.º 13, Jul./ Dez. 2018**



LEAL FOTOGRAFIA

# CONTINENTES

Revista de Geografia do Programa de Pós-Graduação em  
Geografia e do Departamento de Geociências  
UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

---ESPECIAL JGEOTEC---  
CARTOGRAFIA TEMÁTICA  
GEOTECNOLOGIAS  
SENSORIAMENTO REMOTO  
EDUCAÇÃO CARTOGRÁFICA

**Ano 7, N.º 13, Jul./Dez. 2018**

**Créditos da capa:** Sthepanie Leal

**Título:** Fotografia aérea do Prédio do Geociências da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Campus Seropédica.

# CONTINENTES

Revista de Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do  
Departamento de Geociências  
UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Ano 7, N.º 13, Jul./ Dez. 2018

[http://www.tiagomarino.com/continentes/  
continentes@ufrj.br](http://www.tiagomarino.com/continentes/continentes@ufrj.br)

**CONTINENTES: Revista de Geografia da UFRRJ**

Revista Semestral – Jul / Dez. 2018, Ano 7, número 13.

ISSN 2317-8825

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**

**Instituto de Agronomia – Departamento de Geociências**

**Curso de Geografia (Licenciatura e Bacharelado)**

Reitor: Ricardo Luiz Louro Berbara

Vice-Reitor: Luiz Carlos de Oliveira Lima

Diretor do IA: Alexis Rosa Nummer

Chefe do DEGEO: Heitor Soares de Farias

Coordenador do Curso de Geografia: Andrea Carmo Sampaio

Coordenação PPGGEO – Clézio dos Santos e Marcio Rufino Silva

**Coordenação Editorial:**

André Santos da Rocha (DEGEO-UFRRJ)

Guilherme Ribeiro (DEGEO-UFRRJ)

Leandro Dias de Oliveira (DEGEO-UFRRJ)

Maurilio Lima Botelho (DEGEO-UFRRJ)

**Coordenação Técnico-Executiva:**

Tiago Badre Marino (DEGEO-UFRRJ)

**Conselho Editorial:**

Ambrosina H. G. Pascutti (DEGEO-UFRRJ)

André Santos da Rocha (DEGEO-UFRRJ)

Andréa Carmo Sampaio (DEGEO-UFRRJ)

Andrews José de Lucena (DEGEO-UFRRJ)

Francisco Carlos de Francisco (DEGEO-UFRRJ)

Guilherme Ribeiro (DEGEO-UFRRJ)

Gustavo Mota de Sousa (DEGEO-UFRRJ)

Leandro Dias de Oliveira (DEGEO-UFRRJ)

Lirian Melchior (DEGEO-UFRRJ)

Marcio Rufino Silva (DEGEO-UFRRJ)

Maria Hilde de Barros Goes (DEGEO-UFRRJ)

Maurilio Lima Botelho (DEGEO-UFRRJ)

Pablo Ibañez (DEGEO-UFRRJ)

Regina Cohen Barros (DEGEO-UFRRJ)

Tiago Badre Marino (DEGEO-UFRRJ)

**Conselho Científico:**

Ana Cristina da Silva (UFG)

Ana Maria Lima Daou (UFRJ)

Ana Maria Marques Santos (UFRRJ)

Anita Loureiro de Oliveira (UFRRJ)

Arlete Moysés Rodrigues (UNICAMP)

Carlo Eugênio Nogueira (UFMT)

Clarice Cassab (UFJF)

Cleber Marques de Castro (UERJ; PUC-RJ)

Clézio dos Santos (UFRRJ)

Cristiane Cardoso (UFRRJ)

Dante Flávio da Costa Reis Jr. (UnB)

Denizart Fortuna (UFF)

Edu Silvestre de Albuquerque (UFRN)

Eduardo José Marandola Jr. (UNICAMP)

Eduardo Vedor de Paula (UFPR)

Ericson Hayakawa (UNIOESTE)

Eustógio Wanderley C. Dantas (UFC)

Federico Ferretti (Univ. de Genebra)

Florian José Godinho de Oliveira (UERJ)

Gilmar Mascarenhas de Jesus (UERJ)

Hector Mendoza Vargas (UNAM)

Heitor Soares de Farias (DEGEO-UFRRJ)

Helena Pina (Univ. do Porto)

Jader de Oliveira Santos (UFC)

Jean Carlos Rodrigues (UFT)

Jerusa Vilhena de Moraes (UNIFESP)

Jorge Soares Marques (UERJ)

Juliana Menezes (UFF)

Jurandyr Ross (USP)

Laura Delgado Mendes (UFRRJ)

Leonardo Arantes (UFF)

Leonardo Civale (UFV)

Luciano Ximenes Aragão (UERJ/FEBF)

Luís Ângelo dos Santos Aracri (UFJF)

Marco Antonio Sampaio Malagodi (UFF)

Marcos Antônio Silvestre Gomes (UFTM)

Maria do Socorro Bezerra de Lima (UFF)

Marisa Silva Amaral (UFU)

Monika Richter (UFRRJ)

Paul Claval (Paris IV - Sorbonne)

Renato Leone Miranda Léda (UESB)

Roberto Silva de Souza (UNEAL)

Rodrigo Hidalgo Dattwyler (PUC-Chile)

Rodrigo Teixeira (PUC-MG)

Tony Vinicius Moreira Sampaio (UFPR)

William Ribeiro da Silva (UFRJ)

# SUMÁRIO

## 1 EDITORIAL

### ARTIGOS

- 8 *MAPEAMENTO MULTITEMPORAL DE ÁREAS DE SALINAS A PARTIR DE FOTOGRAFIAS AÉREAS E IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL*  
Evelyn de Castro Porto Costa  
Mikaella Pereira dos Santos  
Jéssica Gonçalves Oliveira da Silva  
Vinicius da Silva Seabra
- 20 *GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NA AVALIAÇÃO DE CONFLITOS AMBIENTAIS EM ÁREAS PROTEGIDAS: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO RIO JOÃO MENDES, NITERÓI - RJ*  
Thiago dos Santos Leal  
Otávio Miguez da Rocha-Leão
- 34 *MORFOMETRIA DE BACIA HIDROGRÁFICA URBANIZADA: UMA ANÁLISE DO RIO IGUAÇU-SARAPUÍ, NA BAIXADA FLUMINENSE (RJ), PARA AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE SUSCETIBILIDADE À OCORRÊNCIA DE ENCHENTE E INUNDAÇÃO*  
Pâmela Suelen Pereira Mendanha Lopes Pereira  
Laura Delgado Mendes
- 49 *ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO DESASTRE AMBIENTAL EM MARIANA-MG A PARTIR DAS GEOTECNOLOGIAS*  
Gabriella Ferreira da Silva  
Marcus Vinícius Alves de Carvalho  
Carla Bernadete Madureira Cruz
- 68 *ESCOLHA DO MELHOR DESCRITOR PARA A DETECÇÃO DE TRAJETÓRIAS EM FLORESTAS TROPICAIS UTILIZANDO OS ALGORITMOS LANDTREND*  
Rômulo Weckmüller  
João Victor J. Zebende  
Raúl Sánchez Vicens

- 85**            *ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE DESLIZAMENTOS NO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS (RJ) ENTRE 1940 A 2015*  
Andressa Karen da Silva Nemirovsky  
Luciana Viana Neves  
Manoel do Couto Fernandes
- 97**            *ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO APOIADA POR CLASSIFICAÇÃO DE IMAGEM ORBITAL: UMA APLICAÇÃO PEOPLE IN PIXEL*  
Lucas Martins de Souza  
Vitor Vargas Rodrigues  
Gabriel dos Santos Duarte  
Ana Paula de Oliveira  
Rafael Silva de Barros
- 117**           *CARTOGRAFIA TÁTIL: PROPOSTA DE ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO EM ESCOLA DA BAIXADA FLUMINENSE*  
Érika Medina de Medeiros  
Gustavo Mota de Sousa
- 131**           *ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA DO CÓRREGO ÁGUA DAS FURNAS: UMA PROPOSTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS NA ESCOLA*  
Lauriane Rodrigues  
Maryna Silva Bueno  
Anderson Oliveira de Araújo  
Carla Cristina Reinaldo Gimenes de Sena

# SUMMARY

## 1 EDITORIAL

### ARTICLES

- 8 MULTITEMPORAL MAPPING OF AREAS OF SALINAS FROM AERIAL PHOTOGRAPHS AND HIGH SPACE RESOLUTION IMAGE  
Evelyn de Castro Porto Costa  
Mikaella Pereira dos Santos  
Jéssica Gonçalves Oliveira da Silva  
Vinicius da Silva Seabra
- 20 *GEOTECHNOLOGIES APPLIED IN THE EVALUATION OF ENVIRONMENTAL CONFLICTS IN PROTECTED AREAS: A CASE STUDY IN THE JOÃO MENDES RIVER BASIN, NITERÓI – RJ*  
Thiago dos Santos Leal  
Otávio Miguez da Rocha-Leão
- 34 *MORPHOMETRY OF URBANIZED HYDROGRAPHIC BOWL: AN ANALYSIS OF THE IGUAÇU-SARAPUÍ RIVER, IN BAIXADA FLUMINENSE (RJ), FOR THE EVALUATION OF PARAMETERS OF SUSCETIBILITY TO FLOOD AND FLOOD OCCURRENCE*  
Pâmela Suelen Pereira Mendanha Lopes Pereira  
Laura Delgado Mendes
- 49 *SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL DISASTER IN MARIANA-MG FROM GEOTECHNOLOGIES*  
Gabriella Ferreira da Silva  
Marcus Vinícius Alves de Carvalho  
Carla Bernadete Madureira Cruz
- 68 *PERFORMANCE ANALYSIS OF SPECTRAL VARIABLES FOR TRAJECTORY-BASED CHANGE DETECTION IN BRAZILIAN TROPICAL RAINFOREST*  
Rômulo Weckmüller  
João Victor J. Zebende  
Raúl Sánchez Vicens

- 85**            *ANALYSIS OF THE SPACE DISTRIBUTION OF SLIDES IN THE MUNICIPALITY OF PETRÓPOLIS (RJ) FROM 1940 TO 2015*
- Andressa Karen da Silva Nemirovsky  
Luciana Viana Neves  
Manoel do Couto Fernandes
- 97**            *POPULATION ESTIMATOR BASED ON CLASSIFICATION OF ORBITAL IMAGE: A PEOPLE IN PIXEL APPLICATION*
- Lucas Martins de Souza  
Vitor Vargas Rodrigues  
Gabriel dos Santos Duarte  
Ana Paula de Oliveira  
Rafael Silva de Barros
- 117**           *TACTILE CARTOGRAPHY: ANALYSIS OF THE PERCEPTION OF THE GEOGRAPHICAL SPATIAL IN THE SCHOOL OF BAIXADA FLUMINENSE*
- Érika Medina de Medeiros  
Gustavo Mota de Sousa
- 131**           *WATER QUALITY ANALYSIS OF THE FURNAS WATER STREAM: A PROPOSAL FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION USING GEOTECHNOLOGY IN THE SCHOOL*
- Lauriane Rodrigues  
Maryna Silva Bueno  
Anderson Oliveira de Araújo  
Carla Cristina Reinaldo Gimenes de Sena



# SOMMAIRE

## 1 ÉDITORIAL

### ARTICLES

## 8 CARTOGRAPHIE MULTITEMPORELLE DE ZONES DE SALINES À PARTIR DE PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES ET D'IMAGES EN HAUTE RÉOLUTION SPATIALE

Evelyn de Castro Porto Costa  
Mikaella Pereira dos Santos  
Jéssica Gonçalves Oliveira da Silva  
Vinicius da Silva Seabra

## 20 GÉOTECHNOLOGIES APPLIQUÉES DANS L'ÉVALUATION DES CONFLITS ENVIRONNEMENTAUX DANS LES ZONES PROTÉGÉES : ÉTUDE DE CAS DANS LE BASSIN DU FLEUVE JOÃO MENDES À NITERÓI-RJ

Thiago dos Santos Leal  
Otávio Miguez da Rocha-Leão

## 34 MORPHOMÉTRIE D'UN BASSIN HYDROGRAPHIQUE URBANISÉ: L'ANALYSE DU FLEUVE IGUAÇU-SARAPUÍ POUR L'ÉVALUATION DES PARAMÈTRES DE SUSCEPTIBILITÉ À L'OCCASION DE DÉBORDEMENTS ET D'INONDATIONS À BAIXADA FLUMINENSE-RJ

Pâmela Suelen Pereira Mendanha Lopes Pereira  
Laura Delgado Mendes

## 49 ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE DE LA CATASTROPHE ENVIRONNEMENTALE À MARIANA-MG À PARTIR DE GÉOTECHNOLOGIES

Gabriella Ferreira da Silva  
Marcus Vinícius Alves de Carvalho  
Carla Bernadete Madureira Cruz

## 68 CHOISIR LE MEILLEUR DESCRIPTEUR POUR LA DÉTECTION DE TRAJECTOIRE DANS LES FORÊTS TROPICALES À L'AIDE DES ALGORYTHMES LANDTRENDR

Rômulo Weckmüller

João Victor J. Zebende  
Raúl Sánchez Vicens

**85** ANALYSE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DE GLISSEMENTS DE  
TERRAIN DANS LA MUNICIPALITÉ DE PETRÓPOLIS-RJ ENTRE 1940  
ET 2015

Andressa Karen da Silva Nemirovsky  
Luciana Viana Neves  
Manoel do Couto Fernandes

**97** *ESTIMATION DE LA DENSITÉ POPULATIONELLE À PARTIR DE LA  
CLASSIFICATION D'IMAGE ORBITALE : UNE APPLICATION  
« PEOPLE IN PIXEL »*

Lucas Martins de Souza  
Vitor Vargas Rodrigues  
Gabriel dos Santos Duarte  
Ana Paula de Oliveira  
Rafael Silva de Barros

**117** *CARTOGRAPHIE TACTILE: PROPOSITION D'ANALYSE DE LA  
PERCEPTION DE L'ESPACE GÉOGRAPHIQUE DANS UN LYCÉE À  
BAIXADA FLUMINENSE - RJ*

Érika Medina de Medeiros  
Gustavo Mota de Sousa

**131** *ANALYSE DE LA QUALITÉ DE L'EAU DU RUISSEAU « ÁGUA DAS  
FURNAS » : PROPOSITION D'ÉDUCATION ENVIRONNEMENTALE  
SCOLAIRE À L'AIDE DE LA GÉOTECHNOLOGIE*

Lauriane Rodrigues  
Maryna Silva Bueno  
Anderson Oliveira de Araújo  
Carla Cristina Reinaldo Gimenes de Sena

## **EDITORIAL: IV JGEOTEC – AMPLIANDO AS FRONTEIRAS DO CONHECIMENTO GEOESPACIAL**

O décimo terceiro número da Revista Continentes, vem ao público neste ano de 2018, consolidando o sétimo ano de publicação de atividade, hoje ligada ao programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO-UFRRJ). Essa edição traz consigo os desafios técnicos, filosóficos e políticos da atual conjuntura. Neste contexto, percebemos inúmeros ataques as instituições Públicas de Ensino Superior conjuntamente com a cruzada em favor da deslegitimação da ciência que se constitui pelo desapego a história da ciência e dos fatos, que ganham fundamentação em informações falsas e descontextualizadas, sem referências teóricas, métodos e procedimentos balizadores. Há um pronunciamento de um risco “ideológico”, no qual, para alguns, seria o demiurgo dos problemas educacionais e científicos experimentados pela sociedade brasileira, e, portanto, sendo necessária uma onda de censura a produção do saber acadêmico e pedagógico.

Na contramão de todos esses discursos, há uma crescente produção acadêmica e técnica no Brasil, que se faz independente politicamente e se materializa, por exemplo, na consolidação das instituições de pesquisa, nas inúmeras atividades didático-pedagógicas que são parte de ações do PIBIC, PIBID, PET, projetos de pesquisas financiadas pelo CNPq e CAPES, entre outras agências de fomento; e nos inúmeros escritos – livros, revistas, trabalhos, relatórios, entre outros - que são publicados periodicamente; e na disseminação de eventos pedagógicos e acadêmicos que servem para popularização do conhecimento e divulgação científica. Muitos dessas ações são invisíveis a grande parte da sociedade porque não circulam no whatsapp ou outras redes sociais.

É oportuno indicar que a maior parte destas produções são realizadas em meio aos reais problemas estruturais da ciência e da educação no Brasil que então contidas no déficit de profissionais e na descontinuidade de políticas formação de novos quadros, nos baixos salários e desvalorização dos profissionais de educação, na falta de estrutura técnica que se alimenta dos contínuos cortes de orçamento das instituições de pesquisa, nas ações clientelistas/coronelistas nas diferentes escalas de gestão da educação, na delapidação do patrimônio cultural brasileiro; na desfiliação Escola-Universidade-Sociedade, na crença que a tecnologia é fonte inesgotável de redenção em detrimento a necessidade de transformação das realidades políticos-sociais de onde o saber é produzido, entre outras. A resolução destes problemas, por vezes, não é tratada com a devida atenção pelos que produzem as políticas públicas, mas servem de prumo para quem experimenta a Universidade e a escola e para quem pratica Ensino-Pesquisa-extensão em seu cotidiano na tentativa da transformação de suas realidades. Destarte, é neste enredo que a *Continentes*, assim como outras revistas acadêmicas, se tornam parte deste processo de expansão da ciência no Brasil em meio aos muitos problemas enfrentados. O formato de divulgação digital é ao mesmo tempo uma saída a perspectiva de ausência de recursos financeiros e uma adequação para a sociedade cada vez mais tecnológica. E mesmo diante dos ataques ao ensino e a ciência a revista permanece com o objetivo de permitir o acesso gratuito e possibilitar a disseminação da produção científica de forma livre, garantido através da política de avaliação por pares, a publicação de artigos na área de geografia e outras afins e também fazer a divulgação de atividades de pesquisa que se desenvolvem no estado do Rio de Janeiro e nas demais unidades da federação.

Assim, a *Revista Continentes* apresenta nesse número uma seleção de artigos apresentados na IV Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro – IV JGEOTEC que aconteceu nos dias 05 a 08 de novembro de 2018 no Campus Seropédica da UFRRJ. Este evento contou com o apoio do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRRJ (PPGGEO/UFRRJ) e realizou a divulgação de trabalhos de diversas instituições da Região Sudeste seguindo o tema “Ampliando as fronteiras do conhecimento geoespacial” que abarcou diferentes temáticas ligadas à área das geotecnologias.

Os artigos deste dossiê trazem assuntos de diversas áreas que envolvem o Geoprocessamento, novas técnicas de Sensoriamento Remoto além do uso de geotecnologias no ensino de Geografia. O primeiro artigo observa as mudanças da paisagem ao longo do tempo com o título *“Mapeamento multitemporal de áreas de salinas a partir de fotografias aéreas e imagens de alta resolução espacial”* que tem como autores Evelyn de Castro Porto Costa, Mikaela Pereira dos Santos, Jéssica Gonçalves Oliveira da Silva e Vinicius da Silva Seabra, integrantes do Laboratório de Dinâmicas Ambientais e Geoprocessamento (DAGEOP) da Faculdade de Formação de Professores da UERJ São Gonçalo (UERJ-FFP). Esse estudo foi realizado no município de Araruama, Região dos Lagos/RJ e busca fazer comparativos, entre dois períodos em 1976 e 2017, através de fotografias aéreas e imagens de satélite Worldview 2 que possuem grandes detalhamentos das feições do terreno. Os resultados mostram que as salinas, que são características muito presentes nessa região, durante esse espaço de tempo, apresentaram diferenciações que vão desde a regeneração natural até o avanço do crescimento urbano por sobre essas áreas.

O segundo artigo desse dossiê é intitulado *“Geotecnologias aplicadas na avaliação de conflitos ambientais nas áreas protegidas na bacia do rio João Mendes, Niterói – RJ”*, também desenvolvido na UERJ-FFP, foi realizado por Thiago dos Santos Leal e Otávio Miguez da Rocha-Leão. Esse texto aborda o conflito entre as áreas de expansão urbana dentro de bacias hidrográficas que são observadas a partir do mapeamento do uso do solo sobreposto aos limites das áreas protegidas existentes que merecem atenção demonstrada por diferentes análises quantitativas.

Outra abordagem com enfoque em área de bacia hidrográfica relacionada ao crescimento da urbanização nas grandes cidades é o registro feito pelo trabalho *“Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: Uma análise do rio Iguaçu-Sarapuí, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundação”* desenvolvido por Pâmela Suelen Pereira Mendanha Lopes Pereira e Laura Delgado Mendes do Instituto Multidisciplinar da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (IM/UFRRJ). Esse estudo faz a utilização de parâmetros morfométricos extraídos de imagens SRTM com base em técnicas apresentadas por

diversos autores visando a obtenção da suscetibilidade às inundações que é bastante presente nos municípios da região da Baixada Fluminense/RJ.

A observação da terra em estudos temporais visando o registro de danos ocorridos em bacias hidrográficas também é visto por Gabriella Ferreira da Silva, Marcus Vinícius Alves de Carvalho e Carla Bernadete Madureira Cruz, que fazem parte do Laboratório Espaço de Estudos Ambientais da UFRJ, através do artigo *“Análise espaço-temporal do desastre ambiental em Mariana-MG a partir das geotecnologias”*. O estudo realiza uma análise temporal com imagens de satélite do desastre ambiental, que aconteceu em novembro de 2015, devido ao rompimento da barragem da empresa Samarco, que devastou uma grande área que foi analisada através de técnicas de processamento digital de imagens. A metodologia realizada tornou possível uma avaliação dos danos causados neste incidente que ficou na história como o maior desastre ambiental que aconteceu no mundo e que resultou na destruição da bacia hidrográfica do rio Doce.

Ainda na linha de Sensoriamento Remoto está o estudo *“Validação de descritores de vegetação para detecção de trajetórias evolutivas florestais utilizando o algoritmo LandtrendR”* que faz uma reconstrução histórica das mudanças na cobertura florestal dos últimos 30 anos em áreas do estado do Rio de Janeiro demonstrando quais descritores são mais eficientes para o estudo de trajetórias evolutivas. Este trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal Fluminense (UFF) pelos autores João Victor J. Zebende, Rômulo Weckmuller e Raúl Sánchez Vicens que seguem a linha da abordagem de classificação de imagens de Sensoriamento Remoto para estudos de detecção de mudanças.

Outra forma de observar registros passados de deslizamentos visando propiciar tomadas de decisão futuras podem ser apontados a partir dos estudos da Cartografia Histórica que apresenta o município de Petrópolis através do artigo *“Análise da distribuição espacial de deslizamentos no município de Petrópolis (RJ) entre 1940 a 2015”*. O texto foi desenvolvido pelos autores Andressa Karen da Silva Nemirovsky, Luciana Viana Neves e Manoel do Couto Fernandes que fazem parte do Laboratório de Cartografia da UFRJ (Geocart/UFRJ). Esse estudo demonstra a história e a distribuição dos deslizamentos que são recorrentes na Cidade Imperial e que foram levantados

através de documentos históricos, além do acréscimo de dados vindos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT-SP), que foram distribuídos por meio da estatística espacial com auxílio do estimador de intensidade Kernel em software de SIG.

A contagem da população é realizada por meio de pesquisas domiciliares realizadas pelo Censo IBGE em períodos determinados de dez em dez anos por todo o Brasil, o texto desenvolvido por Lucas Martins de Souza, Ana Paula de Oliveira, Vitor Vargas de Rodrigues, Gabriel dos Santos Duarte e Rafael Silva de Barros busca realizar uma estimativa de contagem da população através de imagens de satélite. O texto intitulado *“Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: Uma aplicação people in pixel”* busca auxiliar as pesquisas de contagem da população a partir de imagens do satélite Landsat 5 que possuem bandas espectrais diferenciadas na faixa do infravermelho. A pesquisa foi realizada no município de Cabo Frio/RJ e traz a possibilidade de refinamento da estimativa de população em localidades específicas como bairros e regiões administrativas municipais.

A educação especial é apresentada na temática *“Cartografia Tátil: Proposta de análise da percepção do espaço geográfico em escola da Baixada Fluminense”* realizada por Érika Medina de Medeiros e Gustavo Mota de Sousa do Departamento de Geografia da UFRRJ (DGG/IA/UFRRJ) e Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO/UFRRJ). Nesse estudo, a Cartografia tátil está aliada às geotecnologias para analisar a percepção das crianças cegas e que possuem baixa visão que se encontram em escolas regulares dos municípios fluminenses e, os resultados tornaram possível a construção de maquetes táteis com o auxílio de folhas EVA e outros materiais com preço e disponibilidade acessível. Diante disso, foram utilizados questionários para medir a qualidade dessas maquetes e mapas táteis produzidos na busca por uma melhor percepção do espaço geográfico em que esses alunos vivenciam.

Seguindo a linha de ensino, fechando essa Edição da Revista Continentes, temos um estudo de Educação Ambiental que deve ser sempre ressaltada nos currículos escolares para diferentes disciplinas. O estudo realizado no curso de Geografia da UNESP-Ourinhos/SP *“Análise da qualidade de água do córrego Água das Furnas: Uma proposta de educação ambiental utilizando geotecnologia na escola”* elaborado por Lauriane

Rodrigues, Maryna Silva Bueno, Anderson Oliveira de Araújo e Carla Cristina Reinaldo Gimenes de Sena, segue a proposta de utilização de novas técnicas com a inserção das geotecnologias com alunos do ensino médio em uma escola municipal.

Desejamos uma excelente leitura nos textos que abordam diferentes temáticas das geotecnologias e que propiciaram mais uma oportunidade para alunos dos cursos de Geografia, Geologia, Engenharia de Agrimensura e Cartográfica e outros que buscam através da temática ambiental avançar nas fronteiras do conhecimento geográfico!

Boa leitura!

Por: Gustavo Mota de Sousa e André Santos da Rocha.





# ARTIGOS

## MAPEAMENTO MULTITEMPORAL DE ÁREAS DE SALINAS A PARTIR DE FOTOGRAFIAS AÉREAS E IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL

Evelyn de Castro Porto Costa<sup>1</sup>

Mikaella Pereira dos Santos<sup>2</sup>

Jéssica Gonçalves Oliveira da Silva<sup>3</sup>

Vinicius da Silva Seabra<sup>4</sup>

8

**Resumo.** O presente trabalho faz parte de uma proposta maior, cujo objetivo é realizar mapeamentos multitemporais do entorno da Lagoa de Araruama. Os mapeamentos foram elaborados por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, sendo utilizadas fotografias aéreas do ano de 1976, e cenas de imagens de satélite WorldView 2 do ano de 2017. Dessa forma, foram realizados processos de georreferenciamento, segmentação e classificação visual, a fim de identificar as áreas de salinas, bem como, suas substituições por novos usos e coberturas. Como resultado foram gerados mapeamentos temáticos de 1976 e 2017, possibilitando a análise da distribuição das salinas ao entorno da laguna em uma perspectiva temporal, sendo possível identificar onde sucederam as principais substituições de usos e coberturas, identificando as áreas onde ocorreram regenerações de vegetação natural e as áreas que tem sofrido especulação imobiliária, com avanço urbano sobre as salinas.

**Palavras-chave:** Fotografia aérea, WorldView 2, Segmentação, Salinas.

### MULTITEMPORAL MAPPING OF AREAS OF SALINAS FROM AERIAL PHOTOGRAPHS AND HIGH SPACE RESOLUTION IMAGE

---

<sup>1</sup> Mestranda em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores (UERJ/FFP), evelynportocosta@yahoo.com.br;

<sup>2</sup> Graduanda em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores (UERJ/FFP), pmikaella2@gmail.com;

<sup>3</sup> Graduanda em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores (UERJ/FFP), jessica.oliveira.jsc.g@gmail.com;

<sup>4</sup> Docente do Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores (UERJ/FFP), vinigeobr@yahoo.com.br.

**Abstract.** The present work is part of a larger proposal, whose objective is to carry out multitemporal mapping of the surroundings of the Araruama Lagoon. The mappings were elaborated using remote sensing and geoprocessing techniques, using aerial photographs of the year 1976 and scenes of WorldView 2 satellite images from the year 2017. In this way, georeferencing, segmentation and visual classification processes were performed, in order to identify saline areas as well as their substitutions for new uses and coverages. As a result, thematic mappings of 1976 and 2017 were generated, making it possible to analyze the distribution of salinas to the lagoon environment in a temporal perspective. It was possible to identify where the main substitutions of uses and coverages occurred, identifying the areas where regenerations of natural vegetation occurred and the areas that have suffered real estate speculation, with urban advancement in salina areas.

**Keywords:** Aerial photography, World View, Segmentation, Classification, Salinas.

#### **MAPEAMIENTO MULTITEMPORAL DE ÁREAS DE SALINAS A PARTIR DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS E IMÁGENES DE ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL**

**Resumen.** El presente trabajo forma parte de una propuesta mayor, cuyo objetivo es realizar mapeos multitemporales del entorno de la Laguna de Araruama. Los mapeos fueron elaborados por medio de técnicas de sensorización remota y geoprocésamiento, siendo utilizadas fotografías aéreas del año 1976, y escenas de imágenes de satélite WorldView 2 del año 2017. De esa forma, se realizaron procesos de georreferenciación, segmentación y clasificación visual, a fin de identificar las áreas de salinas, así como sus sustituciones por nuevos usos y cubiertas. Como resultado se generaron mapeamientos temáticos de 1976 y 2017, posibilitando el análisis de la distribución de las salinas al entorno de la laguna en una perspectiva temporal, siendo posible identificar dónde sucedieron las principales sustituciones de usos y coberturas, identificando las áreas donde ocurrieron regeneraciones de vegetación natural y las áreas que han sufrido especulación inmobiliaria, con avance urbano sobre las salinas.

**Palabras clave:** Fotografía aérea, WorldView 2, Segmentación, Salinas.

#### **Introdução**

Estudos voltados para a compreensão das transformações da paisagem constituem-se como instrumentos essenciais para a Geografia e demais ciências ambientais, já que nos ajudam a observar a organização do espaço e suas mudanças ao

Costa et al, Mapeamento Multitemporal de Áreas de Salinas a partir de Fotografias Aéreas e Imagens de Alta Resolução Espacial

longo do tempo. Além disso, pode dar subsídios ao planejamento ambiental e urbano, apontando quais são as pressões sofridas com essas transformações, podendo prognosticar as consequências que essas mudanças podem resultar (SEABRA, 2012).

O litoral compreende uma área dinâmica que necessita ser planejada e gerida de modo equilibrado e sistêmico, abrangendo as relações entre sociedade e natureza e as transformações sofridas temporalmente. Os diferentes usos do espaço litorâneo para fins de atividades econômicas e ocupação urbana, sem o prévio planejamento e gerenciamento, podem comprometer os ecossistemas litorâneos e sujeitar a população que a ocupa a diversos riscos.

A planície costeira da Lagoa de Araruama está situada no litoral leste fluminense, abrangendo a Lagoa de Araruama e seu entorno, composta por municípios como Araruama, Saquarema, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio e Arraial do Cabo. Esse litoral está inserido em um contexto complexo de sistemas lagunares e ecossistemas vulneráveis, tais como restingas, dunas e cordões arenosos. Além disso, esse litoral possui a presença marcante das salinas ao entorno da laguna de Araruama, que são áreas onde ocorre a cristalização da água salgada para a produção do sal (figura 1).



Figura 1. Ilustração e imagem de satélite das salinas.

No entorno da Lagoa de Araruama a paisagem foi constituída através de mudanças em pequenos e longos intervalos de tempo, ocasionadas pela natureza e pelo homem. Segundo Santos (1988) a paisagem não se cria de uma vez só, mas por acréscimos, substituições; a lógica pela qual se fez um objeto no passado era a lógica da produção daquele momento. Lang & Blaschke (2009), também destacam as mudanças

Costa et al, Mapeamento Multitemporal de Áreas de Salinas a partir de Fotografias Aéreas e Imagens de Alta Resolução Espacial

relacionadas aos sistemas ambientais, em que as paisagens estão submetidas a uma mudança natural gradual, isso vale independentemente da influência humana.

Historicamente, a atividade econômica mais forte da região era a produção de sal, devido a peculiaridade físico-química da Lagoa de Araruama e do clima semiárido da região. Segundo Christovão (2011), com o fechamento da Alcalis, em Arraial do Cabo, na década de 80 ocorre o declínio das atividades salineiras nessa região, impulsionando o avanço do turismo e dos agentes imobiliários. Com o caimento das atividades salineiras, grande parte das salinas encontram-se desativadas e em desuso, fazendo como que gradualmente as salinas sejam substituídas por novos usos.

Uma das problemáticas envolvidas na transformação dessa paisagem são os novos usos dados às áreas de salinas, que sofrem constantes pressões socioeconômicas e acabam se tornando loteamentos e empreendimentos comerciais às margens da laguna. Tais transformações alteram a paisagem local e impactam diretamente os sistemas lagunares e seus ecossistemas, podendo ocasionar prejuízos como a poluição das águas da laguna e promover a intensificação do seu assoreamento.

Segundo Castro (1995), alguns dos problemas envolvidos no aterramento de salinas para a ocupação estão relacionados à alteração do sistema lagunar, mudanças na paisagem, e aumento do assoreamento da laguna, causando a redução do espelho d'água. Muehe (2001) também destaca os problemas associados a expansão da ocupação humana no entorno da Lagoa de Araruama, que desequilibra sistemas naturais, ocasionando desdobramentos tais como: balanço hídrico da laguna, intensificação da erosão marinha, alterações na morfologia da laguna, redução das margens lagunares e intervenções de sedimentos, entre outros.

A partir das leituras dos autores que possuem conhecimentos relacionados a área de estudos, é possível avaliar que as problemáticas ambientais associadas as transformações da paisagem são diversas, tais como: alteração no pH da água (GUERRA, 2008); desenvolvimento de esporões e sedimentação (ALVES, 2006); aumento da vulnerabilidade de aquíferos costeiros (SEABRA, 2007); e alteração na batimetria da laguna (BEZERRA, 2014).

Costa et al, Mapeamento Multitemporal de Áreas de Salinas a partir de Fotografias Aéreas e Imagens de Alta Resolução Espacial

Nesse sentido, a elaboração de mapeamentos temáticos multitemporais, contribui para a análise das principais transformações na paisagem, avaliando o avanço urbano e regeneração de ecossistemas naturais. Tal estudo visa contribuir com o planejamento ambiental e urbano, pois possibilita a compreensão das dinâmicas ambientais e socioeconômicas que essas áreas sofreram, e vem sofrendo, ao longo de 41 anos.

## **Materiais e Métodos**

A elaboração do mapeamento de 1976 foi realizada por meio das fotografias aéreas, do voo de 1976 da Força Aérea Brasileira (FAB). As fotografias aéreas foram solicitadas ao Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro e disponibilizadas gratuitamente em meio digital. Ao todo, foram fornecidas 56 fotografias aéreas, que contemplam a área da Lagoa de Araruama e seu entorno.

Para ser possível manusear as fotografias em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), elas passaram pelo processo de georreferenciamento no software *ArcGis*, tendo como referência as imagens de satélite *WorldView 2*, que possui resolução similar a da fotografia aérea. O georreferenciamento foi realizado em coordenadas geográficas, no sistema geodésico WGS 84.

As fotografias aéreas utilizadas possuem boa resolução espacial, o que possibilitou uma análise mais detalhada da área de estudos. Entretanto, ela apresenta uma baixa resolução espectral, com apenas uma banda pancromática. Além disso, é importante mencionar que, devido ao seu armazenamento e desgaste, as imagens obtidas encontram-se com rasuras e degradações, o que influenciou diretamente no seu tratamento digital e classificação.

O mosaico de fotografias aéreas foi elaborado pelo software *Erdas* (figura 2), através da ferramenta *MosaicPro*, realizando assim, um excelente resultado de agrupamento das fotografias aéreas em um único mosaico, facilitando o manuseio das fotografias para os processos seguintes.

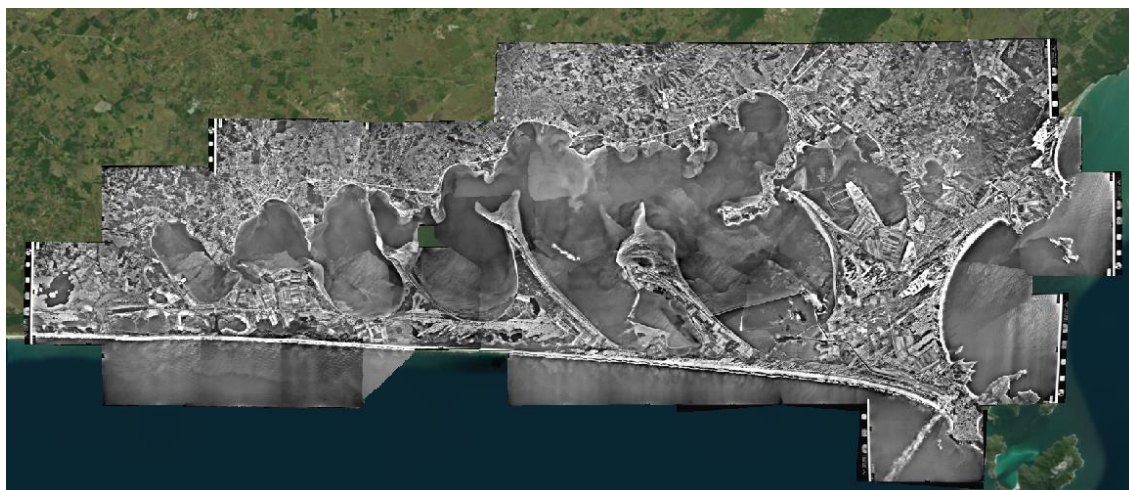


Figura 2. Mosaico das fotografias aéreas utilizadas.

As limitações relacionadas à resolução espectral das fotografias aéreas dificultaram o processo de classificação automatizada, devido à baixa possibilidade de recursos para o processo de modelagem. Assim, o mosaico criado foi inserido no software *eCognition*, para ser trabalhado o processo de segmentação da fotografia.

Segundo Florenzano (2011), a segmentação de imagens é um processo computacional que permite dividir a imagem em regiões espectralmente homogêneas. Dessa forma, deu-se a segmentação da imagem, que consiste na criação de polígonos que agrupam pixels semelhantes segundo os padrões identificadores. Neste projeto, a segmentação ocorreu com o padrão *multiresolution*, com pesos iguais para todas as bandas utilizadas, admitindo parâmetro de escala 100, forma 0,1 e compacidade 0,5.

Devido às limitações das fotografias abordadas anteriormente, não foi possível realizar uma classificação automatizada, com processos de modelagem do conhecimento e demais recursos. Logo, o processo de segmentação proporcionou a facilitação da etapa de classificação visual, que foi realizado pelo software *Arcgis*, através da ferramenta de edição.

A partir do mosaico de fotografias aéreas, foram classificadas visualmente as áreas de água e salinas, armazenados em formato *shapefile*, possibilitando assim, um mapeamento temático de 1976. Após, foi utilizado o *shapefile* histórico para a classificação visual das áreas recentemente modificadas, a partir das imagens de satélite

WorldView 2, do ano de 2017. Tendo as salinas anteriormente classificadas substituídas por classes como o urbano e restinga.

É importante enfatizar que as áreas classificadas como salinas são áreas que formam o complexo salineiro, como os diques, marnéis e tanques de cristalização de cloreto de sódio. Que segundo Castro (1995), são definidos como:

- Diques: barragem feita de materiais diversos para desviar ou conter a invasão da água do mar ou de rio.
- Marnéis: pré-concentrados de sal, podendo se constituir em valas de infiltração abertas paralelamente a lagunas ou enseadas ou em braços de água barrados com diques.
- Tanques de Cristalização: local em que a água é armazenada para ser cristalizada para a produção do sal.

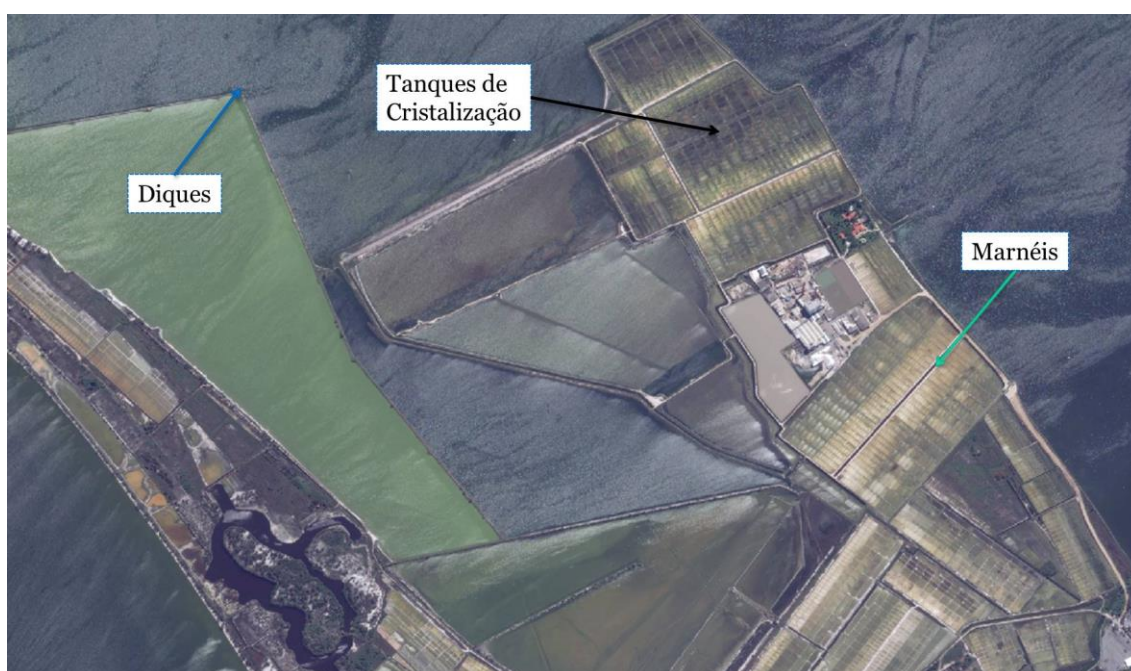


Figura 3. Identificação dos elementos que compõem as classes de salinas.

Os tanques de cristalização são as principais áreas que compõem as salinas, logo, compõem a maior parte da classificação. Os marnéis são áreas estreitas entre os tanques, sendo as áreas que levam a água até os mesmos. Já os diques são as áreas onde a água da laguna é contida para ser bombeada aos marnéis e tanques, logo, estão

Costa et al, Mapeamento Multitemporal de Áreas de Salinas a partir de Fotografias Aéreas e Imagens de Alta Resolução Espacial



presentes na margem lagunar e avançam para dentro da laguna, pois são construções existentes dentro da laguna para conter a água, impedindo a sua livre circulação.

### Resultados e Discussões

Como resultado foram elaborados mapas temáticos do ano de 1976 e 2017, sendo classificados inicialmente as áreas dos corpos hídricos e salinas para o ano de 1976. Para o ano de 2017 gerou-se como resultado novas classes, tais como, urbano e restinga (figura 4).

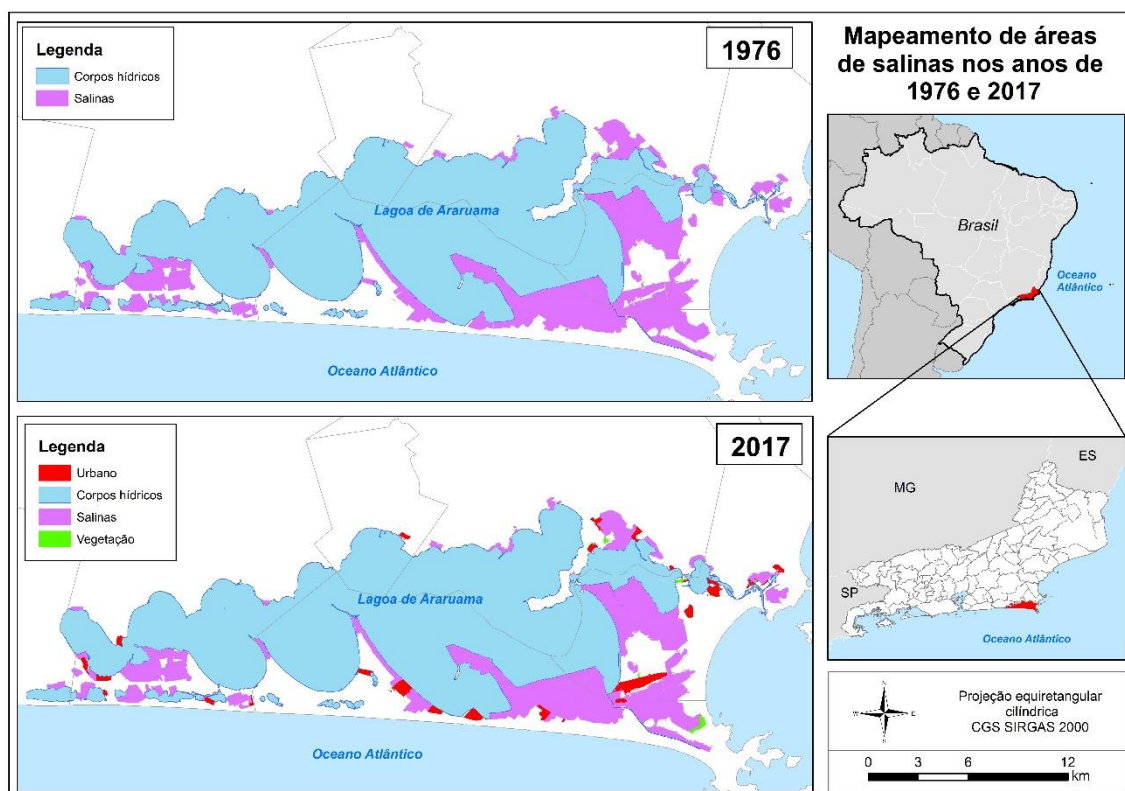


Figura 4. Mapeamento do ano de 1976 e 2017 da área de estudos.

Como é possível observar através do mapa, as salinas encontram-se distribuídas em todo entorno da área da laguna, principalmente no eixo sul e sudeste, estando presente em todos os municípios contemplados pela Lagoa de Araruama.

No mapeamento do ano de 2017, é visto que as salinas perdem seu espaço para as áreas urbanas, o que pode ser explicado pelo crescente avanço do turismo sobre as áreas de antigas salinas e a contínua especulação imobiliária dessas áreas, que são privilegiadas pela sua localização estratégica, próxima às áreas de praias.

Costa et al, Mapeamento Multitemporal de Áreas de Salinas a partir de Fotografias Aéreas e Imagens de Alta Resolução Espacial

Os maiores grupamentos de áreas de salinas estão localizados nos municípios de Araruama, Arraial do Cabo e Cabo Frio, este último, sendo onde está situada a indústria salineira “Sal Cisne”, ainda em plena atividade. Os locais onde se encontram áreas urbanas são áreas de antigas salinas, que hoje se encontram desativadas, e que foram substituídas por empreendimentos e construções.

**TABELA 1: DADOS QUANTITATIVOS DOS MAPEAMENTOS.**

Ano	1976		2017	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Água	210,38	76,01	210,72	76,37
Vegetação			0,56	0,20
Salina	65,79	23,77	61,99	22,47
Urbano			2,63	0,95
<b>TOTAL</b>	<b>276,77</b>	<b>100,00</b>	<b>275,91</b>	<b>100,00</b>

Conforme aponta a tabela 1, as áreas de salinas que possuíam 65,79km<sup>2</sup> hoje possuem 61,99 km<sup>2</sup>, resultado esse explicado pela perda de 1,3% de áreas de salinas substituídas por novos usos e coberturas, principalmente uso urbano e a presença de vegetação. As áreas urbanas substituíram cerca de 2,63 km<sup>2</sup> de áreas de antigas salinas, o que corresponde a aproximadamente 1% das áreas de salinas substituídas.

É importante salientar que as áreas urbanas estão distribuídas em diferentes municípios da área de estudo, ou seja, houve perdas de salinas em todos os municípios. Pode ser analisado através do mapa, que as áreas de salina ao entorno das classificações urbanas, tendem a serem substituídas por urbano com o passar dos anos, devido à forte pressão que esses pequenos núcleos tendem a ocasionar.

Outra classe que substituiu as salinas foram as áreas classificadas como casuarinas, que estão distribuídas em 0,20% da área de antigas salinas. Como pode ser analisado no eixo sudeste, na localidade de Arraial do Cabo, tem ocorrido a sinalização da presença de vegetações da espécie exótica. Inicialmente, foram identificadas como restingas, entretanto, após a realização de um trabalho de campo na área de estudos, foi possível identificar que essa vegetação se trata da espécie exótica identificada como casuarinas, que é uma espécie exótica que têm se dissipado muito rapidamente nesse litoral, ocupando áreas de antigos tanques de cristalização de salinas.

A partir do mapa síntese (figura 5), é possível identificar as áreas que eram salinas e hoje são áreas urbanas ou vegetações.

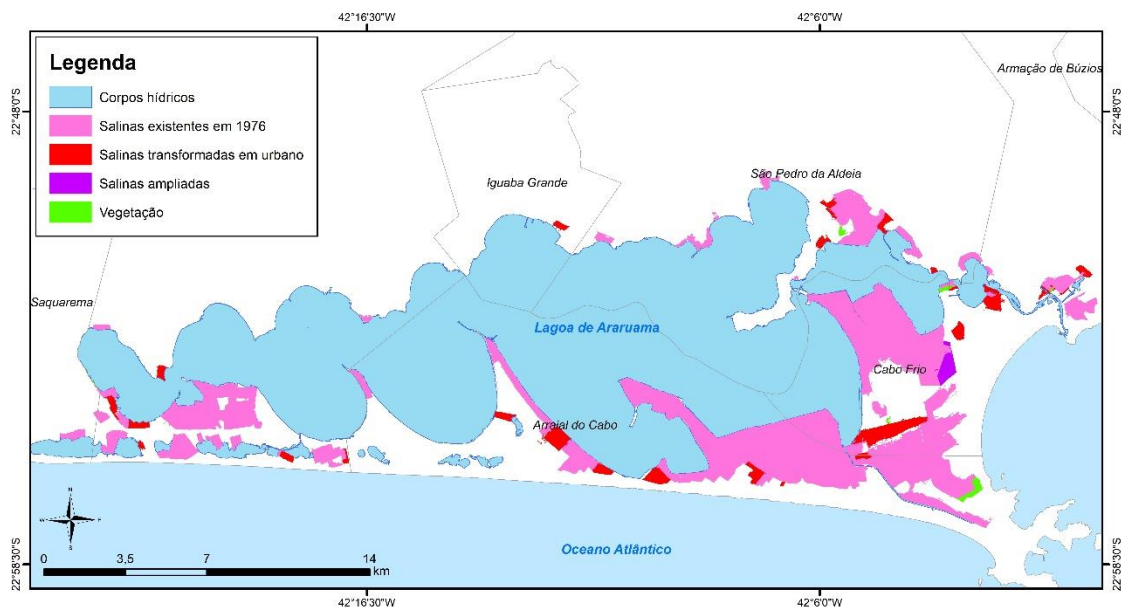


Figura 5. Mapeamento multitemporal das transformações da paisagem ao entorno da Lagoa de Araruama entre os anos de 1976 a 2017.

### Conclusões

Tendo em vista as limitações encontradas para a realização do mapeamento, as metodologias adotadas se mostraram satisfatórias e contemplaram o seu objetivo. A partir das análises realizadas através dos mapas, é possível considerar que a presença predominante de áreas urbanas em locais que anteriormente eram salinas ocasiona uma expressiva vulnerabilidade socioambiental a Lagoa de Araruama, visto que esse avanço tende a comprometer ainda mais a saúde da laguna, que pode vir a sofrer com despejo de esgotos não tratados, intensificação do processo de assoreamento, contaminação de aquíferos, alteração do pH da água, entre outros.

Atualmente, as salinas resguardam parte do entorno sul e leste da Lagoa de Araruama, tendo em vista que a região norte da margem lagunar é tomada por construções de condomínios e loteamentos. Dessa forma, as salinas ainda existentes, ainda que desativadas, ajudam a resguardar parte do corpo hídrico e suas áreas de APP de lagoa.

É importante ressaltar que esse trabalho faz parte de um projeto inicial de mapeamento multitemporal de uso e cobertura da terra, que visa analisar as substituições de usos e coberturas presentes na planície costeira da Lagoa de Araruama, possibilitando estudos mais aprofundados sobre as dinâmicas da paisagem nessa área de grande demanda turística e constantes transformações.

Como desdobramentos futuros, pretende-se realizar mapeamentos que identifique as salinas em atividade e as desativadas. Além disso, pretende-se aumentar a amplitude temporal em estudo, mapeando as áreas de salinas em fontes históricas anteriores a 1976, a fim de mapear a evolução das áreas de salinas, desde sua implementação até a sua substituição, possibilitando análises em projeções futuras.

### Referências Bibliográficas

ALVES, A. *Modelagem numérica aplicada ao estudo da origem e evolução morfológica dos esporões da lagoa de Araruama-RJ*. Rio de Janeiro, Brasil: Universidade Federal Fluminense, Tese de Doutorado, 99p, 2006.

BEZERRA, Y. *Sísmica rasa de alta resolução na Lagoa de Araruama*. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2014.

CASTRO, D. *Gestão Ambiental: aspectos técnico-científicos e políticos-institucionais. Caso Região dos Lagos, RJ*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 1995. 140p.

CHRISTÓVÃO, J.H. O. *Do sal ao sol: a construção social da imagem do turismo em Cabo Frio*. Dissertação (Mestrado em História Social). São Gonçalo: UERJ/FFP. 2011. 145p.

FLORENZANO, T.G. *Iniciação em Sensoriamento Remoto*. 3ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128p.

GUERRA, L. V. *Processos microbiológicos e composição da matéria orgânica relacionados à eutrofização de uma lagoa costeira hipersalina*. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2008.

Costa et al, Mapeamento Multitemporal de Áreas de Salinas a partir de Fotografias Aéreas e Imagens de Alta Resolução Espacial

LANG, S.; BLASCHKE, T. *Análise da Paisagem com SIG*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MUEHE, D. 1994. *Lagoa de Araruama: geomorfologia e sedimentação*. Cadernos de Geociências. p. 53-62. Rio de Janeiro, IBGE, 1994.

SANTOS, M. *Metamorfose do espaço habitado*. São Paulo: HUCITEC. 1988.

SEABRA, V.S. *Utilização de Técnicas de Geoprocessamento no Estudo de Vulnerabilidade dos Aquíferos Costeiros do Leste Fluminense*. Rio de Janeiro, UFRJ/PPGL, 126p. 2007.

SEABRA, V.S. *Análise da Paisagem em apoio aos estudos de favorabilidade à recuperação florestal na Bacia Hidrográfica do Rio São João*. Tese (Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. 244p.

**Data de Submissão: 20/11/2018**

**Data da Avaliação: 10/12/2018**

## GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NA AVALIAÇÃO DE CONFLITOS AMBIENTAIS EM ÁREAS PROTEGIDAS: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO RIO JOÃO MENDES, NITERÓI - RJ

Thiago dos Santos Leal <sup>1</sup>

Otávio Miguez da Rocha-Leão <sup>2</sup>

20

**Resumo.** A expansão gradativa das áreas urbanas em relação às áreas protegidas do ponto de vista ambiental tem gerado um sem número de problemas socioambientais. O presente estudo objetiva quantificar e avaliar o conflito de uso do solo na bacia do Rio João Mendes, no município de Niterói- RJ, buscando subsidiar o planejamento e gestão ambiental na bacia. Para tanto foi elaborado o mapa de área edificada e cobertura vegetal da bacia. Por meio de geotecnologias foram delimitadas áreas de preservação permanentes (APPs) de cursos d'água, lagoas, declividade de encostas e também duas unidades de conservação de proteção integral as quais compreendem as cabeceiras de drenagem da bacia. Do total de 3,81 Km<sup>2</sup> de área urbana construída na bacia, 0,86 Km<sup>2</sup> estão em área de conflito de uso nas áreas de preservação permanente e unidades de proteção integral, sendo assim 22% da área urbana edificada apresenta irregularidade.

**Palavras-chave:** Geotecnologia; Áreas Protegidas; Conflitos Ambientais.

### GEOTECHNOLOGIES APPLIED IN THE EVALUATION OF ENVIRONMENTAL CONFLICTS IN PROTECTED AREAS : A CASE STUDY IN THE JOÃO MENDES RIVER BASIN, NITERÓI – RJ

**Abstract.** The gradual expansion of urban areas in relation to protected areas from the environmental point of view has generated a number of socio-environmental problems. The present study aims to quantify and evaluate the soil use conflict in the João Mendes River basin, in the city of Niterói-RJ, seeking to subsidize environmental planning and management in the basin. For this purpose, the map of the built area and the vegetation cover of the basin was elaborated. Permanent preservation areas (APPs) of watercourses, lagoons, slopes

---

<sup>1</sup>Mestrando em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro/ Faculdade de Formação de Professores (UERJ/FFP) – Departamento de Geografia, thiagolealgeo@gmail.com.

<sup>2</sup>Professor Dr. do curso de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro/ Faculdade de Formação de Professores (UERJ/FFP) – Departamento de Geografia, orochaleao@hotmail.com.

and two integral protection conservation units, which comprise the drainage headlands of the basin, were defined by means of geotechnologies. Of the total of 3.81 Km<sup>2</sup> of urban area built in the basin, 0.86 Km<sup>2</sup> are in a conflict of use area in the areas of permanent preservation and integral protection units, being thus 22% of the built urban area presents irregularity.

**Keywords:** Geotechnology; Protected Area; Environmental Conflicts.

### **GEOTECNOLOGÍAS APLICADAS EN LA EVALUACIÓN DE CONFLICTOS AMBIENTALES EN ÁREAS PROTEGIDAS : ESTUDIO DE CASO EN LA BACIA DEL RIO JOÃO MENDES, NITERÓI - RJ**

21

**Resumen.** La expansión gradual de las áreas urbanas en relación a las áreas protegidas desde el punto de vista ambiental ha generado un sin número de problemas socioambientales. El presente estudio objetiva cuantificar y evaluar el conflicto de uso del suelo en la cuenca del Río João Mendes, en el municipio de Niterói, buscando subsidiar la planificación y gestión ambiental en la cuenca. Para ello se elaboró el mapa de área edificada y cobertura vegetal de la cuenca. Por medio de geotecnologías se delimitar áreas de preservación permanentes (APPs) de cursos de agua, charcas, declividad de laderas y también dos unidades de conservación de protección integral que comprenden las cabeceras de drenaje de la cuenca. El total de 3,81 Km<sup>2</sup> de área urbana construida en la cuenca, 0,86 Km<sup>2</sup> están en área de conflicto de uso en las áreas de preservación permanente y unidades de protección integral, siendo así el 22% del área urbana edificada presenta irregularidad.

**Palabras clave:** Geotecnología; Áreas Protegidas; Conflictos Ambientales.

## Introdução

A articulação científica entre Geografia e Direito é necessária nas sociedades contemporâneas, tanto por geógrafos, que buscam elementos no Direito para aprimorar suas pesquisas com o objetivo de compreender como se dão as transformações espaciais e suas consequências, quanto por juristas que estudam os elementos geográficos para compreender o critério espacial de seu objeto de estudo.

Segundo Fraxe (2005) a falta de um maior entrelaçamento entre o Direito e a Geografia contemporânea prejudicou uma melhor visibilidade, dentro do sistema jurídico brasileiro, particularmente quanto ao alcance necessário das normas que tratam do espaço. Losano (2014), ajuda neste entendimento, uma vez que explicita que geodireito pode ser definido como ramo do conhecimento jurídico que, na perspectiva multidisciplinar de entrelaçamento da Geografia ao Direito, tem por objetivo melhor interpretar os fenômenos decorrentes do elo que existe entre o homem e a terra, de maneira a oferecer soluções viáveis no sistema jurídico para os conflitos daí decorrentes.

Portanto utilizar o conceito de geodireito na análise da bacia hidrográfica é fundamental, pois demonstra os conflitos de uso e ocupação nas normatizações existentes entre as diferentes esferas governamentais brasileiras e o que está estabelecido in loco. Para tanto o uso de geotecnologias tem sido apontado como uma alternativa na realização de trabalhos que necessitam do monitoramento e mapeamento dos recursos naturais, devido principalmente ao seu relativo baixo custo e eficiência nos resultados apresentados.

Nesta perspectiva, a presente pesquisa foi realizada na bacia Hidrográfica do Rio João Mendes a qual se situa na região metropolitana do Rio de Janeiro, na cidade de Niterói. Esta cidade apresenta segundo o último censo do IBGE (2010), um total de 487.562 habitantes. Atualmente estima-se que este número já ultrapassou a marca de meio milhão de habitantes e a ocupação habitacional concentra-se no litoral do município, fundo de vales e nas meias encostas, com uma expansão gradativa em direção às áreas de proteção ambiental (LEAL, et al. 2016).



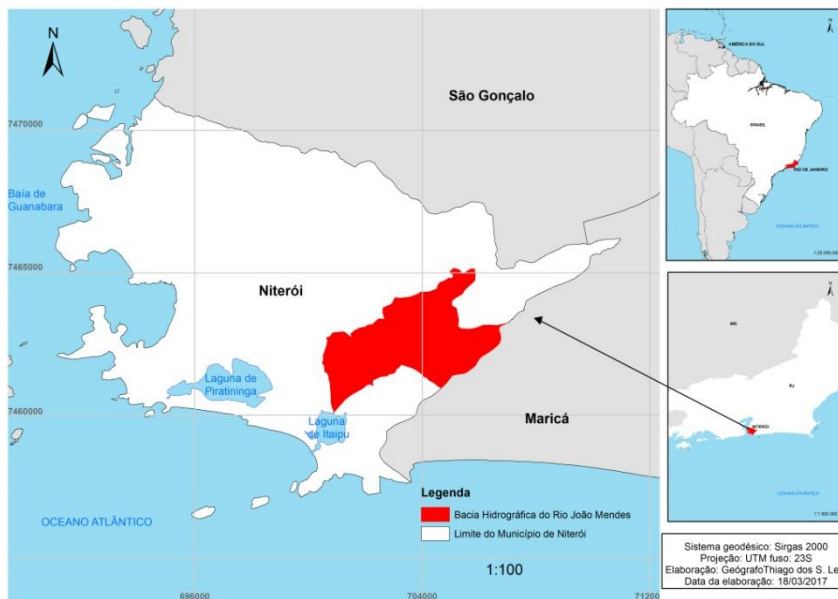
Desta forma, este trabalho objetiva quantificar e avaliar com uso de geotecnologias o conflito de uso do solo segundo a legislação ambiental vigente buscando subsidiar o planejamento e gestão ambiental na bacia.

### Metodologia

O estudo abrange a bacia do Rio João Mendes que apresenta 14,30 Km<sup>2</sup> de área, compreendendo mais de 10% da área total do município (conforme demonstra o Figura 1), ocupando os bairros de Engenho do Mato, Maravista, Rio do Ouro, Santo Antônio, Serra Grande, Várzea das Moças e Itaipu que se encontram intensamente urbanizados e onde ocorrem inúmeros eventos de enchentes, inundações e alagamentos. Possui, em termos hidrológicos, destaque em função de ser a bacia de maior importância na contribuição para Laguna de Itaipu.

A primeira etapa consistiu na aquisição dos dados. As ortofotos do levantamento aerofotogramétrico do município de Niterói em formato *GeoTIFF*., do mês de agosto de 2014 com resolução espacial de 10cm, a rede de hidrográfica, a área de preservação permanente de Topo de Morro (pela Resolução INEA Nº93/2014), a delimitação da faixa marginal da laguna de Itaipu (Decreto estadual Nº 42934/2011) e as curvas de nível com equidistância de 0,5 metro em formato shapefile (shp.) foram adquiridas no site SIGEO – Niterói (<http://www.sigeo.niteroi.rj.gov.br>) da própria Prefeitura.

Para o desenvolvimento das análises dos conflitos ambientais nas áreas protegidas em segundo lugar foi gerado um mapa de áreas construídas na bacia a partir das ortofotos da Prefeitura Municipal de Niterói de 2014. Utilizou-se o software Arcgis® ferramenta *toolbars/ImageClassification*, com classificação supervisionada *Maximum Likelihood*. Assim foram utilizadas duas classes: área edificada e cobertura vegetal. A classificação de área edificada levou em consideração a área urbanizada (referente às construções e arruamentos), e a cobertura vegetal da bacia (referente às áreas verdes), conforme figura 2.



**Figura 1.** Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio João Mendes, Niterói- RJ.  
**Fonte:** Elaborado pelos autores



**Figura 2:** Classificação das fotografias aéreas de 2014, a partir das classes “área edificada” e “cobertura vegetal”.  
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A terceira etapa consistiu na delimitação das áreas protegidas. Em relação aos cursos d’ água e a declividade, foi utilizado o Código Florestal (Lei Federal Nº12651), assim se estabeleceu 30 metros de faixa marginal de proteção, pois os cursos tinham menos de 10 metros de largura e as encostas ou partes destas com declividade superior a 45° foram encaradas como áreas de preservação permanente. Para delimitação da Faixa Marginal de Proteção foi utilizado o software Arcgis® ferramenta *Buffer* as áreas de proteção dos cursos hídricos.

Destaca-se que a faixa marginal foi estabelecida a partir das margens da rede hidrográfica adquirida e que em alguns trechos o que se apresenta hoje são galerias de água pluviais ou canais que estão retificados. A delimitação da Faixa Marginal pelo Código Florestal se justifica uma vez que essas áreas em período anterior a ocupação urbana apresentavam drenagens intermitentes e/ou perenes as quais foram alteradas o que levou modificações ambientais significativas na bacia.

Já para delimitação das áreas de preservação permanente por declividade a partir das curvas de nível foi utilizado o software Arcgis® e gerado um Modelo Digital de Terreno (MDT) através da ferramenta *3D Analyst Tools/RasterInterpolacion/Topo para Raster* com resolução de 0,5 metro, e posteriormente com a ferramenta *3D Analyst Tools/Raster Surface/Slope*.

Na foz do Rio João Mendes por meio do Decreto Estadual N°42355/2010 (alterado pelo Decreto N° 42934/2011) foi demarcada a Faixa Marginal de Proteção da Laguna de Itaipu. Optou-se neste trabalho por utilizar esta delimitação, pois é mais restritiva em relação ao novo código Florestal que indica apenas 30 metros para o entorno das lagoas em áreas urbanas.

No que concerne às áreas de preservação permanente dos Topos de Morro cabe esclarecer que caso fosse utilizado o método estabelecido pelo novo Código Florestal (Lei Federal N°12651/2012) existiriam poucas áreas de APPs desta categoria na bacia do Rio João Mendes, tendo em vista que deveria ser usado o ponto de sela mais próximo da elevação. Devido à limitação desta metodologia para aplicação no Domínio Mares de Morros no Estado do Rio de Janeiro, o INEA através da Resolução N° 93/2014 estabeleceu uma metodologia única para a delimitação de áreas de preservação de topo de morro, para assegurar o princípio da segurança jurídica e por meio de procedimentos automatizados evitar a subjetividade.

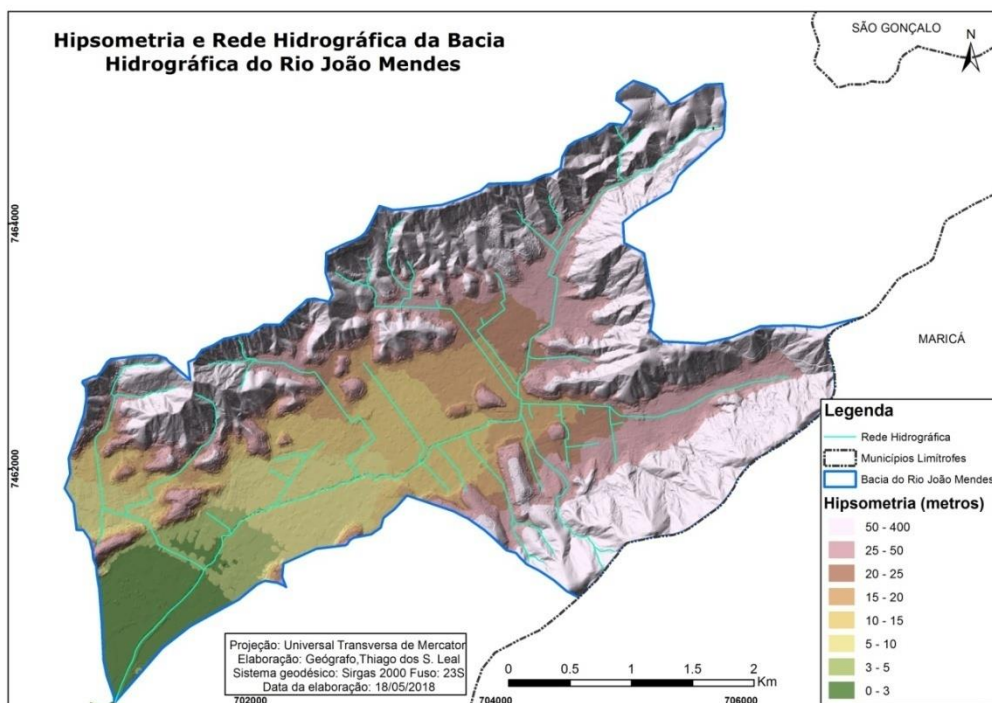
Tendo em vista que no novo Código Florestal apenas o entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes devem ser protegidos, se optou neste trabalho por não fazer a extração automática das APPs desta categoria em ambiente SIG, uma vez que a propensão a erros poderia ser desmedida, devido à inclusão das nascentes

intermitentes. Assim para avaliação das ocupações irregulares nas cabeceiras de drenagem da bacia foram usadas as áreas de duas unidades de conservação de proteção integral, uma de nível municipal e outra de nível estadual, a saber, respectivamente: a Reserva Ecológica Darcy Ribeiro (instituída e delimitada na Lei Municipal Nº 1566/1997) e o Parque Estadual da Serra da Tiririca (instituído na Lei Estadual Nº 1901/1991 e delimitado pela Lei Estadual Nº 5079/2007).

Na quarta etapa por meio do software Arcgis®, ferramenta *Analyst Tool/intersect* foi realizado o cruzamento dos dados de área edificada com as áreas protegidas sem o sobreposicionamento dos dados, buscando aferir as áreas com e sem conflito de uso.

### Resultados

A bacia estudada apresentou 14,30 Km<sup>2</sup> de área e a hipsometria, gerada a partir do modelo digital de terreno (MDT), variou entre 0 e 400 metros, conforme figura 3. A rede de drenagem na bacia foi alterada por obras de engenharia tanto de forma regular quanto irregular apresentando vários pontos de canais retinizados, como pode ser visto na figura 3.

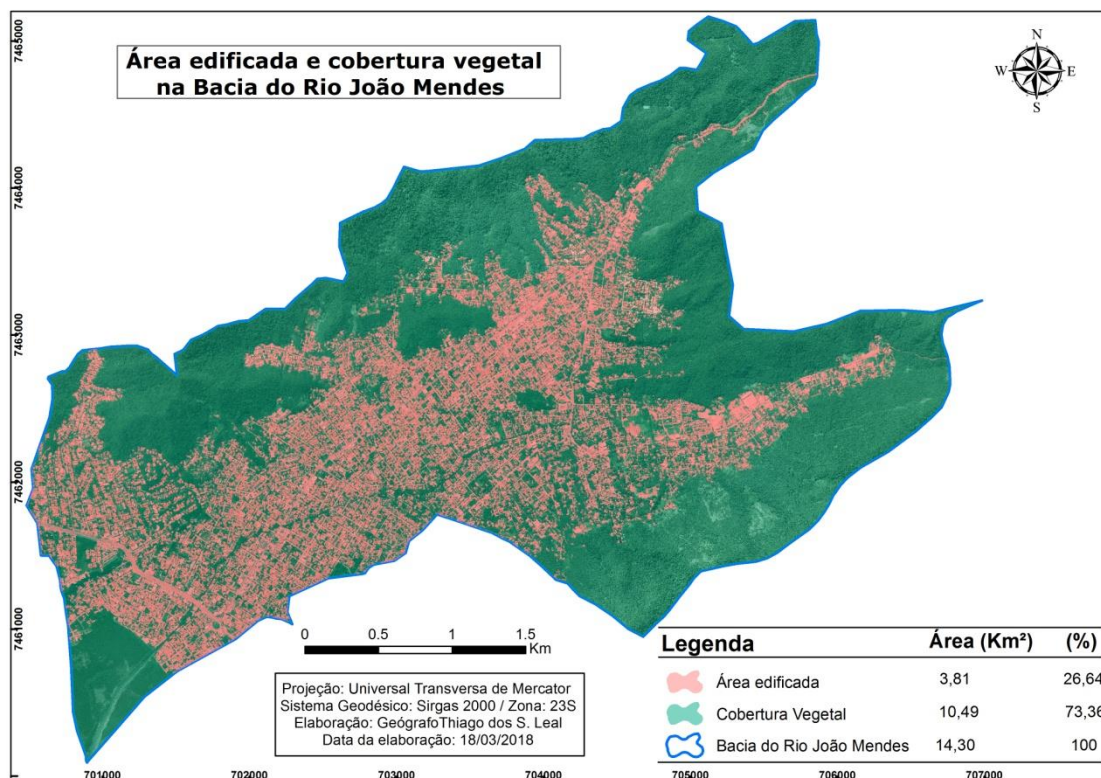


**Figura 3:** Hipsometria e rede hidrográfica da bacia do Rio João Mendes

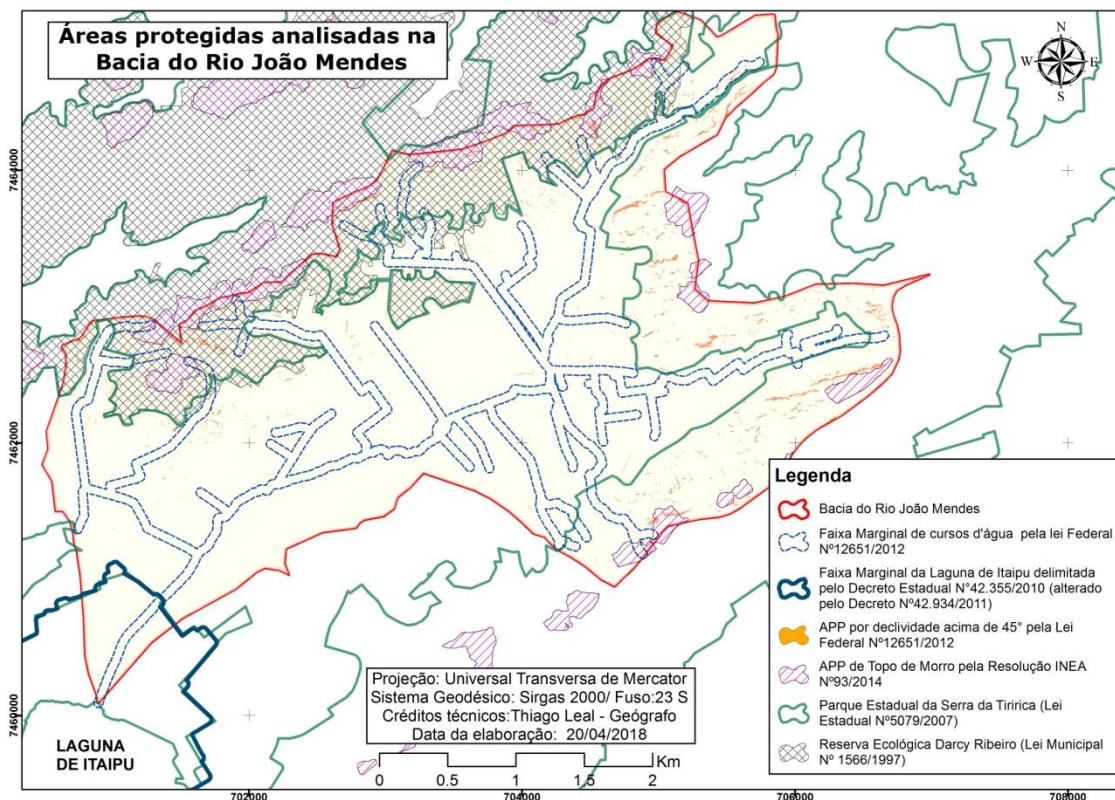
**Fonte:** Elaborado pelos autores

A ocupação da área edificada na bacia apresentou 3,81 Km<sup>2</sup>, o que corresponde a 26,64% da bacia, já a cobertura vegetal está presente em 10,49 Km<sup>2</sup>, o que corresponde a 73,36% da bacia, conforme indica a figura 4. Assim se observa que o processo de urbanização na bacia concentra-se na área de planície, elevando a impermeabilização do solo, o que diminui a infiltração da água e antecipa os picos de vazão no tempo. Somado a isso a retificação dos cursos d'água na bacia torna os escoamentos superficiais mais rápidos aumentando em intensidade e/ou frequência do fenômeno da inundação.

A bacia apresenta, de acordo com as legislações analisadas, diferentes tipos de instrumentos protetivos jurídicos de diversos níveis (municipal, estadual e federal) com enfoque nos cursos d'água, lagoas, declividade de encostas, topos de morro e unidades de proteção integral, conforme indica a figura 5.



**Figura 4:** Área edificada e cobertura vegetal  
**Fonte:** Elaborado pelos autores



**Figura 5:** Áreas ambientais protegidas analisadas na bacia  
**Fonte:** Elaborado pelos autores

Do ponto de vista geográfico é o que Santos (1988) denominou de *interlegalidade*, a qual é a dimensão fenomenológica do pluralismo jurídico resultando em um processo altamente dinâmico. Isso porque os diferentes espaços jurídicos não são sincrônicos e por isso também as misturas de códigos de escala, de projeção ou de simbolização são sempre desiguais e instáveis. Assim diferentes ordens jurídicas operam, assim, em escalas diferentes e, com isso, traduzem objetos empíricos eventualmente iguais em objetos jurídicos distintos.

Como se pode perceber na figura 5, as cabeceiras de drenagem se encontram protegidas do ponto de vista legal pelas unidades de proteção integral, uma de nível municipal e outra de nível estadual, as quais se sobrepõem nas porções norte e noroeste da bacia.

Na tabela 1 é apresentada a distribuição espacial dos diferentes tipos de áreas protegidas em relação à área da bacia estudada, as quais estão sob atenção e cuidado especial, em virtude de algum atributo específico ou até único apresentado. É notório

que a APP de cursos d' água (15,27%), o Parque Estadual da Serra da Tiririca (39,72%) e a Reserva Ecológica Darcy Ribeiro (18,25%) se destacam em termos de área da bacia em relação às demais tipologias protetivas.

Outro ponto de merecido destaque é a interseção das tipologias protetivas, ou seja, no interior de uma unidade de conservação de proteção integral pode haver APP de curso d' água, por declividade de encosta, de topo de morro etc. Assim na tabela 1, além de demonstrar a área da bacia ocupada por cada tipologia em relação a bacia, também é demonstrado o total de área protegida sem sobreposição dos instrumentos jurídicos ambientais, configurando uma área de 7,89 Km<sup>2</sup>, ou seja, 55,17% do total de área da bacia.

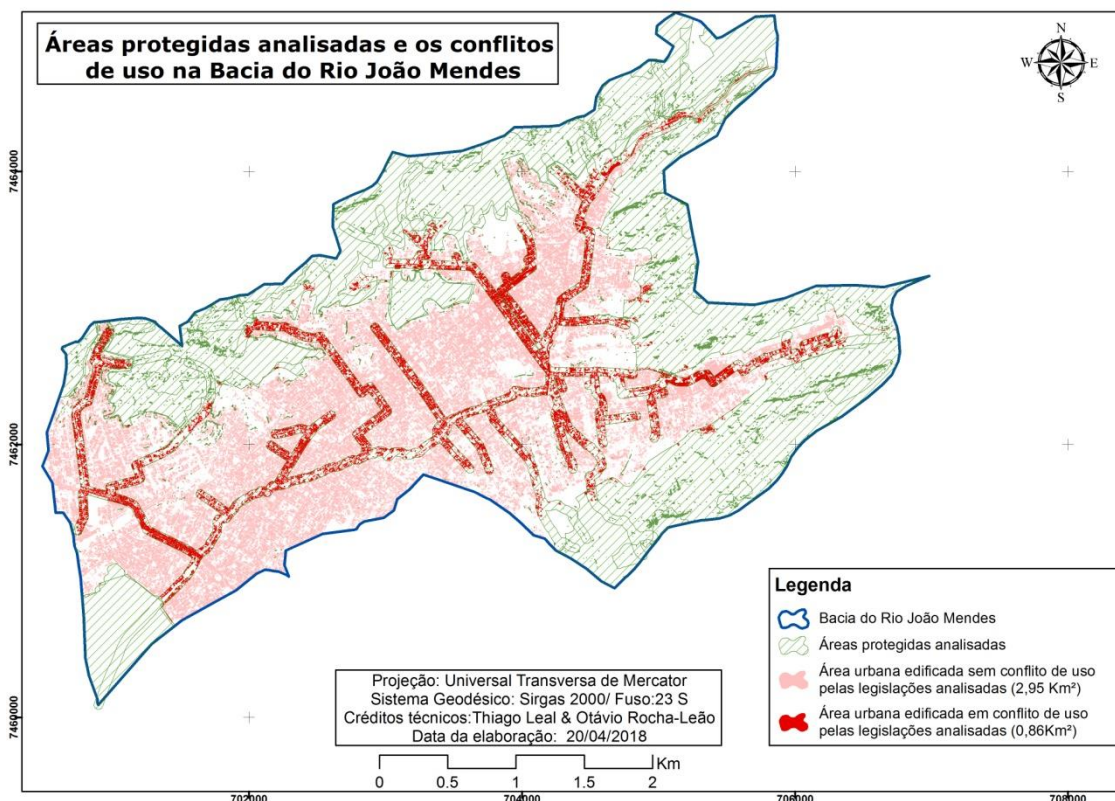
TIPO DE ÁREA PROTEGIDA	ÁREA PERTENCENTE À BACIA (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAGEM (%)
APP de cursos d' água	2,17	15,27
APP da lagoa de Itaipu	0,37	2,58
APP por declividade acima de 45°	0,18	1,25
APP de Topo de Morro	0,51	3,56
Parque Estadual da Serra da Tiririca (unidade conservação de proteção integral)	5,68	39,72
Reserva Ecológica Darcy Ribeiro (unidade de conservação de proteção integral)	2,61	18,25
<b>Área total protegida sem sobreposição</b>	<b>7,89</b>	<b>55,17</b>

**Tabela 1:** Distribuição dos tipos de áreas protegidas analisadas compreendidas na bacia.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Destaca-se a importância da municipalidade na instituição de mecanismos jurídicos protetivos. A Reserva Ecológica Darcy Ribeiro, por exemplo, conforme indicada na figura 4, instituída pela Lei Municipal Nº1566/1997 é uma Unidade de Proteção Integral e de grande relevância para a bacia hidrográfica do Rio João Mendes uma vez que proporcionou uma maior proteção tanto a biodiversidade quanto a geodiversidade. Leal, Oliveira & Rezende (2017), em estudo sobre macrodiagnóstico de nascentes no município de Niterói, colocam que as três nascentes que apresentaram os melhores indicadores estavam inseridas na Reserva Ecológica Darcy Ribeiro apresentando vegetação em bom estado de preservação, ausência de lixo e esgoto no entorno.

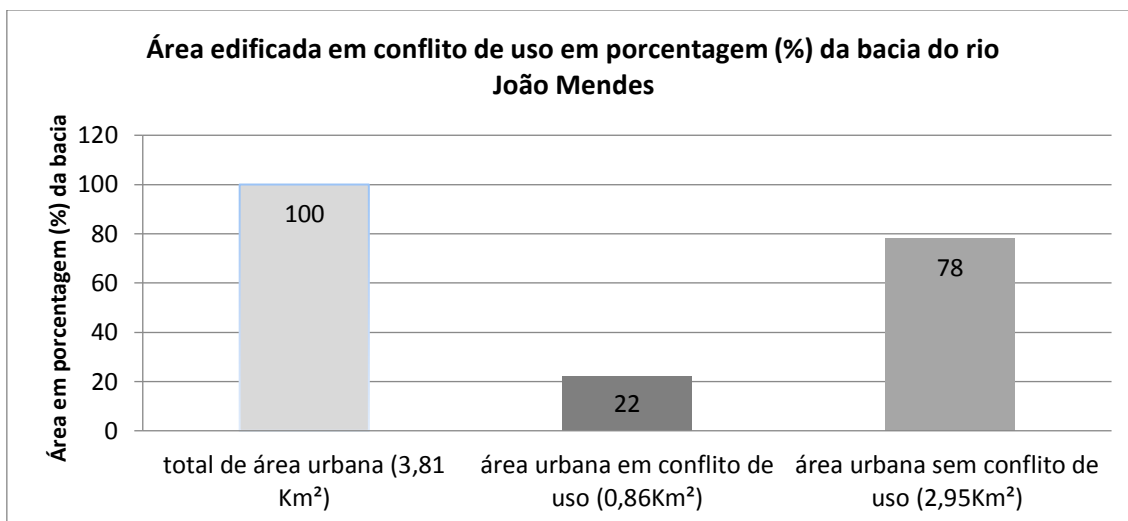
No entanto nem sempre ter um instrumento jurídico protetivo em relação ao ambiente é sinônimo de área efetivamente preservada. Assim é percebido que do total de 3,81 Km<sup>2</sup> de área urbana construída na bacia, 0,86 Km<sup>2</sup> estão em área de conflito de uso nas áreas de preservação permanente e unidades de proteção integral, sendo assim 22% da área urbana edificada apresenta irregularidade em relação à legislação vigente, conforme indica a figura 6 e o gráfico 1.



**Figura 6:** Áreas protegidas analisadas e os conflitos de uso  
**Fonte:** Elaborado pelos autores

De 0,86 Km<sup>2</sup> de área que está em conflito de uso, 0,82 Km<sup>2</sup>, ou seja, 95% das áreas estão relacionadas a ocupações irregulares na faixa marginal de proteção estabelecida pelo Código Florestal, e os outros 0,04 Km<sup>2</sup>, ou seja, 5% de ocupações irregulares estão inseridos nas demais áreas ambientalmente protegidas. Tal fato promoveu como consequência imediata à diminuição da mata ciliar que deveria ser preservada na bacia.





**Gráfico 1:** Área edificada com e sem conflito de uso

As áreas sem conflito de uso 2,95 Km<sup>2</sup> (78% da área total da bacia) compreende principalmente as áreas pertencentes às duas unidades de conservação de proteção integral, as quais também apresentam um relevo mais acidentado e um bom estado de preservação da Mata Atlântica.

Segundo Rodrigues (2004) as matas ciliares exercem funções hidrológicas e ecológicas de proteção aos solos e aos recursos hídricos, por meio da manutenção da qualidade da água; da regularização dos cursos d'água; da conservação da biodiversidade. Assim, de acordo com Molion (1985), a remoção das florestas pode interferir no ciclo hidrológico em qualquer um de seus componentes, quais sejam: o escoamento superficial (runoff), evapotranspiração, saldo de importação de vapor d'água, precipitação e umidade do solo.

### **Considerações finais**

Com os resultados obtidos foi possível quantificar e avaliar as áreas em conflito em relação às legislações ambientais na bacia. Por meio das técnicas de geoprocessamento e do sensoriamento remoto foi possível correlacionar, com rapidez e baixo custo, diferentes camadas de informação e suas respectivas relações com os instrumentos normativos vigentes.

Espacializar na bacia o que está estabelecido em leis, decretos e resoluções contribuiu para o entendimento dos aspectos jurídicos que promovem maior restrição a ocupação

e ajudam a preservar a permeabilidade da bacia, interferindo diretamente na dinâmica hídrica, o que auxilia o gestor público no momento da tomada de decisão.

Desta maneira as áreas urbanas em conflito de uso tendo em vista a legislação ambiental vigente são de 22% (0,86Km<sup>2</sup>), sendo que destas 95% (0,82 Km<sup>2</sup>) está relacionada a ocupações na faixa marginal de proteção pelo Código Florestal (Lei Federal Nº12651/2012).

É de suma relevância a preservação da mata ciliar, uma vez que a mesma é um importante fator da regulação dos mecanismos hidrológicos da bacia. Mas também para além da preservação do ambiente na bacia, é igualmente relevante a preservação das vidas humanas que sofrem tanto com perdas materiais quanto com o risco de perder a própria vida com moradias inseridas na planície de inundação nas áreas ribeirinhas.

### Referências Bibliográficas

- FRAXE, J. M. P. *Geodireito no Vale do Javari: a percepção contemporânea de espaço, lugar, tempo e experiência na visão pragmático-jurídica*. Recife, PE: Universidade Federal de Pernambuco, 2005.
- MOLION, L. C. B. *Influência da Floresta no Ciclo Hidrológico*. in: *XI Seminário sobre Atualidades e perspectivas Florestais*. A influência das florestas no Manejo de bacias hidrográficas (anais), 1985.
- LEAL, T.; OLIVEIRA, B. R. G. & REZENDE, P. B. *Mapeamento e Avaliação dos impactos ambientais nas nascentes do município de Niterói-RJ: análise macroscópica*. Disponível em: <<https://conferencias.ufrj.br/index.php/wac/wap2017/paper/view/1674>>. Acesso em 15 nov. 2017.
- LEAL, T.S.; OLIVEIRA, B.G.; BITTENCOURT, P.O. & BEDRAN, R.C. *Caracterização Geomorfométrica das bacias hidrográficas dos rios das Pedras e Pendotiba: subsídios na gestão de unidades de conservação em Niterói/RJ. 1º Encontro sobre Unidades de Conservação de Niterói*. 2016. Disponível em:<<https://www.smarhs.niteroi.rj.gov.br/1-encontro-uc-s>> . Acesso em 20 de Nov. 2017.
- LOSANO, M. G. *Direito e geografia: o espaço do direito e o mundo da geografia*. Direito & Justiça, Porto Alegre, v. 40, n. 1, p. 84-93, jan.-jun. 2014.

RODRIGUES, V. A. *Morfometria e Mata Ciliar da Microbacia Hidrográfica*. Workshop em manejo de bacias hidrográficas. 2. ed. Botucatu, 2004.

SANTOS, B. de S. *Uma cartografia simbólica das representações sociais: o caso do Direito*. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, 24, 139-172, 1988.

**Data de Submissão: 13/11/2018**

**Data da Avaliação: 10/12/2018**

# MORFOMETRIA DE BACIA HIDROGRÁFICA URBANIZADA: UMA ANÁLISE DO RIO IGUAÇU-SARAPUÍ, NA BAIXADA FLUMINENSE (RJ), PARA AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE SUSCETIBILIDADE À OCORRÊNCIA DE ENCHENTE E INUNDAÇÃO

Pâmela Suelen Pereira Mendanha Lopes Pereira<sup>1</sup>

Laura Delgado Mendes<sup>2</sup>

34

## Resumo.

O presente trabalho tem o objetivo de analisar os parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Iguaçu-Sarapuí e avaliar sua suscetibilidade a enchentes e inundações. O mapeamento foi realizado com imagem SRTM, no programa ArcGIS. As análises linear, areal e hipsométrica foram baseadas em Christofolletti (1969; 1980) e Villela e Mattos (1975). Os resultados indicaram parâmetros (Índice de Sinuosidade, Índice Bifurcação, Densidade de Rios, Fator de Forma, assim como a Hipsometria e Declividades) mais determinantes na dinâmica de escoamento nessa área e, portanto, na sua suscetibilidade a enchentes. Os parâmetros de Densidade de Drenagem, Coeficiente de Manutenção, Coeficiente de Compacidade e Relação de Circularidade não a caracterizam como uma área suscetível a enchentes em condições normais de precipitação. Além disso, essa área foi e ainda está submetida a intervenções antrópicas que alteram a dinâmica hidrogeomorfológica e que, associadas a características morfométrica, contribuem para os eventos de enchentes e inundações.

**Palavras-chave:** bacia hidrográfica; geomorfometria; enchentes; inundações.

## MORPHOMETRY OF URBANIZED HYDROGRAPHIC BOWL: AN ANALYSIS OF THE IGUAÇU-SARAPUÍ RIVER, IN BAIXADA FLUMINENSE

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro—Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO)- (pamela.mendanha@hotmail.com).

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro— Professora no Departamento de Geografia (DGEO) da UFRRJ- (lauradmendes@gmail.com).

Lopes Pereira & Mendes, *Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do Rio Iguaçu-Sarapuí, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundação.*

## **(RJ), FOR THE EVALUATION OF PARAMETERS OF SUSCETIBILITY TO FLOOD AND FLOOD OCCURRENCE**

**Abstract:** The present work has the objective of analyzing the morphometric parameters of the Iguaçu-Sarapuí river basin and evaluating its susceptibility to floods and floods. The mapping was performed with SRTM image in the ArcGIS program. Linear, sandy and hypsometric analyzes were based on Christofolletti (1969, 1980) and Villela and Mattos (1975). The results indicated parameters (Sinuosity Index, Bifurcation Index, River Density, Form Factor, as well as Hypsometry and Declivity), which are more determinant in the flow dynamics in this area and, therefore, in its susceptibility to floods. The parameters of Drainage Density, Maintenance Coefficient, Compensation Coefficient and Circularity Relationship do not characterize it as an area susceptible to flooding under normal precipitation conditions. In addition, this area was and still is submitted to anthropic interventions that alter the hydrogeomorphological dynamics and, associated with morphometric characteristics, contribute to flood and flood events.

**Keywords:** drainage basin, geomorphometry, floods; inundations.

## **MORPHOMÉTRIE DU BOL HYDROGRAPHIQUE URBANISÉ: ANALYSE DE LA RIVIÈRE IGUAÇU-SARAPUÍ, À BAUMADA FLUMINENSE (RJ), POUR L'ÉVALUATION DES PARAMÈTRES DE SUSCEPTIBILITÉ À LA SURVENUE D'INONDATIONS ET LESS INONDATIONS**

**Résumé:** Le présent travail a pour objectif d'analyser les paramètres morphométriques du bassin de la rivière Iguaçu-Sarapuí et d'évaluer sa sensibilité aux inondations. La cartographie a été effectuée avec une image SRTM dans le programme ArcGIS. Les analyses linéaires, sableuses et hypsométriques ont été basées sur Christofolletti (1969, 1980) et Villela et Mattos (1975). Les résultats ont indiqué des paramètres (indice de sinuosité, indice de bifurcation, densité de la rivière, facteur de forme, hypsométrie et déclivité), qui sont plus déterminants dans la dynamique des écoulements dans cette région et, par conséquent, dans sa sensibilité aux inondations. Les paramètres de densité de drainage, de coefficient de maintenance, de coefficient de compensation et de relation de circularité ne le caractérisent pas comme une zone susceptible d'être inondée dans des conditions de précipitations normales. En outre, cette zone a été et est toujours soumise à des interventions anthropiques qui modifient la dynamique hydrogéomorphologique et, associées à des caractéristiques morphométriques, contribuent aux inondations et les inondations

**Mots-clés :** bassin versant, géomorphométrie, inondations, les inondations.

## INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais afloram na acelerada transformação da paisagem pelas ações antrópicas da sociedade urbano-industrial. Nesse contexto pode-se explicitar a área da atualmente denominada Baixada Fluminense (RJ), pois durante um longo período histórico, onde apenas os povos nativos habitavam a região, se estabelecia um equilíbrio dinâmico com a natureza. Os processos de transformação dessa importante área são reconhecidos e fundamentais para compreender os impactos socioambientais observados atualmente.

Segundo Amador (1997), a região da denominada Baixada da Guanabara passou por diferentes ciclos da agricultura, desde a cana-de-açúcar a laranja, que deram o início ao assoreamento dos rios causado pelo desmatamento para que tais plantações fossem estabelecidas. Ao longo do tempo, com o aumento da importância de algumas localidades e do contexto relacionado ao desenvolvimento da metrópole, a ocupação dessa baixada se amplia. Conforme Abreu (2013), o incentivo para as populações mais pobres habitarem áreas mais distantes do centro da cidade do Rio de Janeiro foi a implantação de linhas férreas ligando o centro da cidade a Baixada Fluminense. Esses processos culminaram em um inchaço urbano.

A ocupação urbana e industrial incentivada, "sem planejamento" (este acaba sendo planejado, pois há intenção do Estado em favorecer determinadas áreas e negligenciar outras), intensificou o processo de transformação da dinâmica fluvial, com consequentes impactos como impermeabilização de áreas, modificação dos rios via canalização e retinização, associados à devastação florestal. Todas essas modificações afetaram o equilíbrio natural da paisagem, alterando processos geomorfológicos, com consequências graves como no caso das enchentes urbanas que ocorrem com frequência nessa área.

A análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão sobre diversos processos geomorfológicos, pois os cursos d'água constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre, conforme Christofolletti (1980). Além disso, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica também é afetado

Lopes Pereira & Mendes, *Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do Rio Iguaçu-Sarapuí, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundação.*

por ações antrópicas, uma vez que, ao intervir no meio natural, o homem acaba alterando os processos hidrogeomorfológicos (TONELLO, 2005).

Análises morfométricas em bacias hidrográficas têm sido de grande importância nos estudos ambientais, pois abrangem um número de parâmetros que permitem melhor caracterizar as bacias hidrográficas e averiguar sua pré-disposição à ocorrência de eventos como enchente e inundação, assim como se há incompatibilidade com as atividades humanas decorrente do modelo de uso e ocupação do solo (MACHADO e TORRES, 2012).

Nesse sentido, esta pesquisa tem como objetivo apresentar os resultados dos parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu-Sarapuí e identificar sua suscetibilidade à ocorrência de enchentes e inundações. Além disso, busca-se entender a problemática relacionada à dinâmica de uso e ocupação do solo, pois conforme destacado por Amador (1997) a área estudada apresenta uma história de ocupação associada a diversas modificações e intervenções desde o início da colonização, intensificadas do século XX com canalização, retificação e dissecação de canais.

### ÁREA DE PESQUISA



Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu-Sarapuí

Lopes Pereira & Mendes, *Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do Rio Iguaçu-Sarapuí, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundação.*

A bacia de drenagem do rio Iguaçu-Sarapuí, localiza-se na Baixada Fluminense, na margem sententrional do Recôncavo da Guanabara (LAMEGO, 1964), no setor oeste da Baía da Guanabara, e abrange os municípios de Mesquita, Belford Roxo, São João de Meriti, Nova Iguaçu e Duque de Caxias, conforme a figura 1. Situada no Gráben da Guanabara (FERRARI, 2001), caracteriza-se pelas unidades morfoestruturais: Maciços Costeiros, Colinas e Morros; e Região dos Terraços Fluviais e Planícies Fluviais (SILVA, 2002) com tipo climático Tropical com Chuvas de Verão (Aw) (KÖPPEN, 1931). As principais cabeceiras de drenagem estão localizadas nos maciços do Tinguá e Marapicu-Gericinó-Mendanha, em importantes Unidades de Conservação (SNUC, 2000) da Baixada Fluminense e características fisiográficas e hidrodinâmicas distintas quando considerados os afluentes de suas margens direita e esquerda (WILSON Jr, 1997). A área está num contexto de ocorrência de constantes episódios de inundações devido às condições geomorfológicas dessa região de baixada, com processos que são acentuados pelo uso antrópico.

## **METODOLOGIA**

A pesquisa foi realizada a partir de levantamento bibliográfico, teórico, conceitual e metodológico. O mapeamento foi realizado com imagem SRTM do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais - INPE (Topodata) com resolução espacial de 30 metros e processada no programa ArcGIS (v.10.3), com licença de uso do Laboratório de Geociências e Estudos Ambientais do Instituto Multidisciplinar da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. As análises morfométricas (linear, areal e hipsométrica) foram baseadas em Christofolletti (1969;1980) e Villela e Mattos (1975).

Para a análise linear foram extraídos os seguintes parâmetros: Comprimento do canal principal (L), baseado na hierarquia proposta por Strahler (1952); Comprimento total dos canais (Lt); Número total de nascentes, que quantifica o total dos canais de primeira ordem; Comprimento da bacia (L); Relação de Bifurcação (Rb), relação entre o número total de segmentos de certa ordem e número total do de ordem superior ( $Rb = Nu/nu + 1$ ); Comprimento do talvegue, distância medida em linha reta no canal principal e Índice de sinuosidade ( $Sin = L/Dv$ ), onde o comprimento do canal principal (L) é dividido pela Distância vetorial (Dv).

Lopes Pereira & Mendes, *Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do Rio Iguaçu-Sarapuí, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundações.*



A análise areal envolveu os parâmetros: Área (A); Perímetro (P); Fator de forma, que representa a relação entre a largura média e comprimento da foz até o ponto mais longínquo da bacia ( $K_f = A/L^2$ ); Coeficiente de compacidade ( $K_c = 0,28 P/\sqrt{A}$ ), que faz referência à largura média da bacia hidrográfica e o comprimento axiforme; Densidade de drenagem ( $D_d = L_t/A$ ), que correlaciona o comprimento total dos canais e a área da bacia; Relação de circularidade ( $R_c = 4\pi A/P^2$ ); Densidade de rios ( $D_h = N/A$ ), que demonstra a relação entre o número total de canais e a área da bacia; e Coeficiente de manutenção ( $C_m = 1/D_d \times 1000$ ), que representa a área mínima para a manutenção em metro de um canal de escoamento.

E, por fim, na análise hipsométrica foram apurados: Amplitude altimétrica máxima, a partir da extração da média entre os dez pontos mais elevados da bacia; Relação de relevo ( $R_r = H_m/L$ ) que relaciona a amplitude altimétrica máxima e a maior extensão da referida bacia; Declividade, para analisar a relação da morfologia do terreno com o escoamento, de acordo com classes de declividade sugeridas pela EMBRAPA (1979); e, por fim, o Índice de rugosidade ( $I_r = H_m.D_d$ ), para expressar um dos aspectos de análise dimensional da topografia.

## RESULTADOS

A análise linear (Tabela 1) apresenta o **Índice de sinuosidade** (1,08) que indica que o canal é retilíneo e possui baixa sinuosidade o que influencia na velocidade do escoamento (VILELLA E MATTOS, 1975), pois aumentam a vazão e a capacidade de transporte de sedimentos, sendo mais suscetível à ocorrência de cheias. A sinuosidade dos canais é influenciada pela descarga dos sedimentos e estrutura geológica, sendo canais retinizados mais propícios à ocorrência de cheias. O **Índice de Bifurcação** apresenta os canais de segunda e quarta ordem (Tabela 2) com valores abaixo de 2, estes são canais com pouca dissecação, menos perturbados e sem distorção no padrão de drenagem. Já os canais de terceira, quinta e sexta ordem apresentam valores altos com uma forte dissecação dos canais e alto escoamento, principalmente o de quinta ordem que apresenta o valor de 6,73. Pandey (2004) observa que bacias alongadas apresentam comumente  $R_b$  altos e bacias circulares, baixo  $R_b$ . A média do Índice de

bifurcação resultou em 3,2068, o que demonstra que a bacia tem um elevado escoamento com alto grau de dissecação.

**Tabela 1: Morfometria da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu-Sarapuí**

ANÁLISE LINEAR	
Comprimento do canal principal (Lp)	9,34 km
Comprimento total dos canais (Lt)	886,3 km
Número total de nascentes	1477
Comprimento da bacia (L)	28,45 km
Distância vetorial(Dv)	8,6 km
Índice de sinuosidade (Is)	1,08
Ordem dos cursos d'água	6ª
ANÁLISE AREAL	
Área (A)	770,942 km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	156,961 km
Densidade da drenagem (Dd)	1,15 km/km <sup>2</sup>
Densidade de Rios (Dh)	1,91canais/km <sup>2</sup>
Fator de forma (Kf)	0,95
Coefficiente de Manutenção (Cm)	869.84 m <sup>2</sup>
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,58
Relação de circularidade (Rc)	0,39
ANÁLISE HIPSOMÉTRICA	
Amplitude altimétrica máxima da Bacia (Hm)	1103,9m
Relação de relevo (Rr)	38.80
Índice de rugosidade (Ir)	1269,48

**Tabela 2: Índices de Bifurcação dos canais da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu-Sarapuí**

Ordem dos canais	Nº de segmentos	Comprimento total dos canais (km)	Índice de bifurcação
1ª	1.477	435,46	-----
2ª	1.113	241,72	1,327
3ª	262	105,61	4,248
4ª	310	71,21	0,845
5ª	46	22,93	6,739
6ª	16	9,34	2,875

A análise areal (tabela 1) apresenta **Densidade de Drenagem (Dd)** 1,15 km/km<sup>2</sup>, com valor baixo, segundo Christofolletti (1969). Hiruma e Ponçano (1994) atribuíram

Lopes Pereira & Mendes, *Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do Rio Iguaçu-Sarapuí, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundação.*

valores de Dd inferiores a 1,25 a condições de solos e rochas permeáveis em terrenos de topografia suave. Na área de estudo a Dd parece indicar a influência das coberturas sedimentares quaternárias, especialmente das planícies fluviais da Baixada da Guanabara (CPRM, 2000), pois permitem melhor condição de infiltração por se tratar de um terreno arenoso, contribuindo para recarga dos lençóis freáticos. A **Densidade de Rios (Dh)**, com 1,91 canais/km<sup>2</sup> indica boa capacidade de gerar novos cursos d'água, já que o índice está relacionado à magnitude de canais na bacia. O resultado do **Coefficiente de Manutenção (Cm)** indica a necessidade 869.84m<sup>2</sup> para manter ativo 1 metro de canal de escoamento, um tamanho significativo. Quanto maior o tempo de concentração, menor a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características (VILELLA E MATOS, 1975). O **Fator de Forma (Kf)**, 0,95 apresenta um valor alto que afirma a sua suscetibilidade para enchente e processos erosivos. Cardoso *et al.* (2006) observam que em bacias com forma circular, há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal. Apollo *et al.* (2012) afirmaram que valores de (Kf) próximos a 0,4 indicam tendência para conservação, enquanto que valores próximos a 1, são referentes a bacia sujeita a enchentes, permitindo a degradação, devido suas características físicas. O **Coefficiente de Compacidade (Kc)** ou **Índice de Gravelious (K)** resultou em 1,58, sendo uma área menos propensa à enchentes em condições normais de precipitação. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Villela e Matos (1975), ao estudarem a bacia Ribeirão Lobo (sub-bacia do Paraná-Tietê, SP), encontraram (Kc) de 1,47 classificando-a como não sujeita a enchente. O parâmetro de **Relação de Circularidade (Rc)**, 0,39, favorece o processo de escoamento por ter uma forma mais alongada. Schum (1956) afirma que bacia com o valor de circularidade menor que 0,51 sugere uma forma mais alongada.

Na análise hipsométrica o Modelo digital de elevação (Figura 2) demonstra que grande parte da bacia varia suas faixas altitudinais entre 1 a 20 metros. Os resultados da **Relação de Relevo (Rr)** (38.80) e o **Índice de Rugosidade (Ir)** (1.269,48) (tabela 1) demonstram a energia do relevo, Almeida *et al.* (2016) apresentam o valor de 1.036,6 para o (Ir) na sub-bacia do Alto Rio Coco em Tocantins, sendo considerado um valor alto

Lopes Pereira & Mendes, *Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do Rio Iguaçu-Sarapuá, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundação.*

com elevado escoamento superficial. Cherem (2008) afirma que bacias hidrográficas com (Ir) alto têm maior potencial para cheias, pois são bacias hidrográficas com muita energia (maior amplitude altimétrica). A alta energia do Rio Iguaçu-Sarapuí está relacionada com sua Amplitude Altimétrica, pois contribui para o escoamento das águas para o curso do rio principal da bacia.

As faixas altitudinais variam de 2 a 50 metros, com total de 425,48 km<sup>2</sup>, sendo 55,19% da bacia especializada em um relevo plano e suave (Tabela 3 e Figuras 3 e 4).

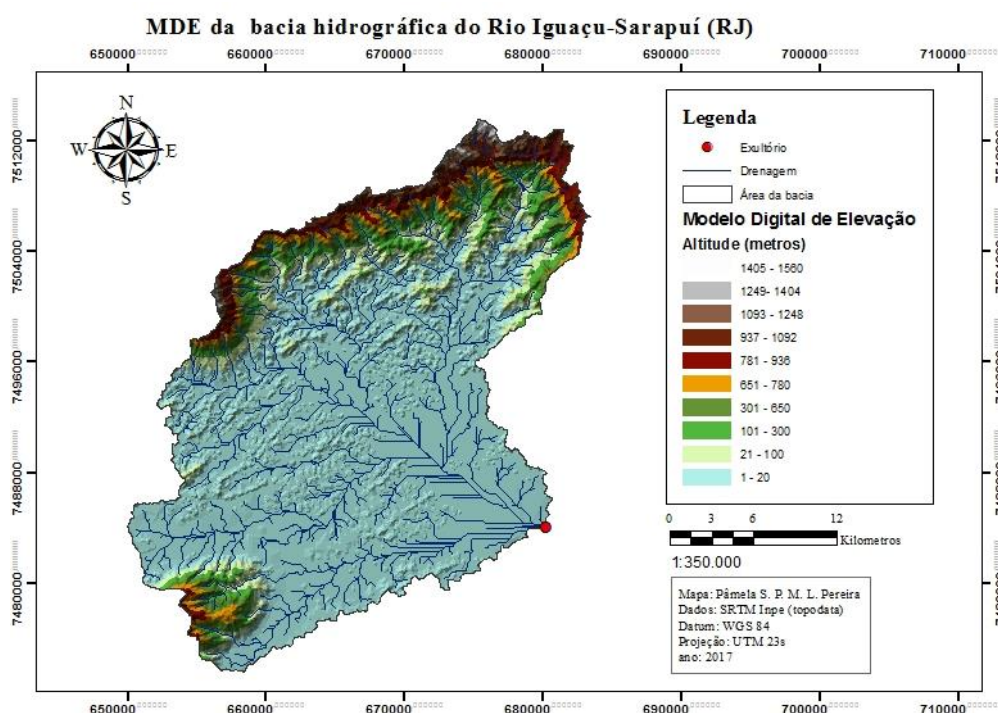


FIGURA 2: Modelo Digital de Elevação da Bacia hidrográfica do Rio Iguaçu-Sarapuí (RJ), processado com base na imagem SRTM do Inpe (Topodata) de 30 metros e processada com as ferramentas de análise espacial do Arcgis.

Lopes Pereira & Mendes, *Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do Rio Iguaçu-Sarapuí, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundação.*

Tabela 3- Faixas altitudinais da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu-Sarapuí

Nº ORDEM	COTA MIN	COTA MAX	Área Parcial (km²)	Área Acumulada (km²)	Área deixada na superfície (km²)
1	2	20	244,25	244,25	770,94
2	20	50	181,23	425,48	526,69
3	50	100	92,13	517,61	345,46
4	100	300	97,00	614,61	253,33
5	300	500	55,03	669,64	156,33
6	500	700	39,80	709,44	101,30
7	700	1000	39,80	749,24	61,50
8	1000	1521	21,70	770,94	21,70
			770,94		

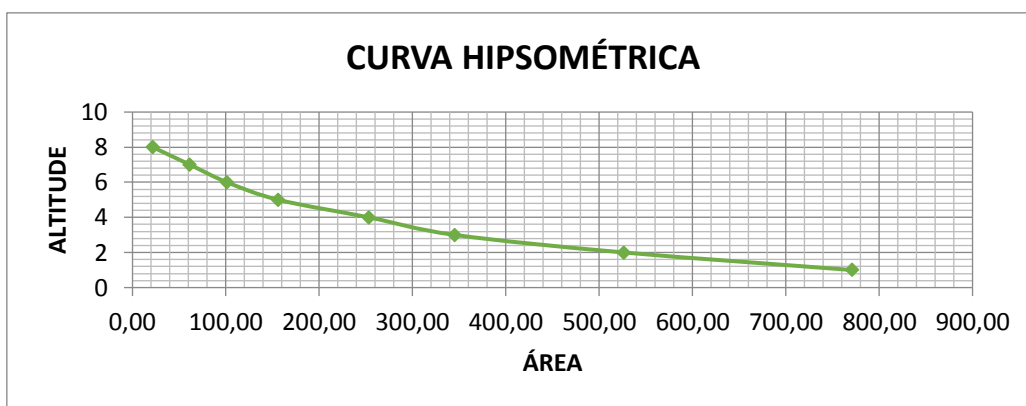


FIGURA 3 - Curva hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu-Sarapuí

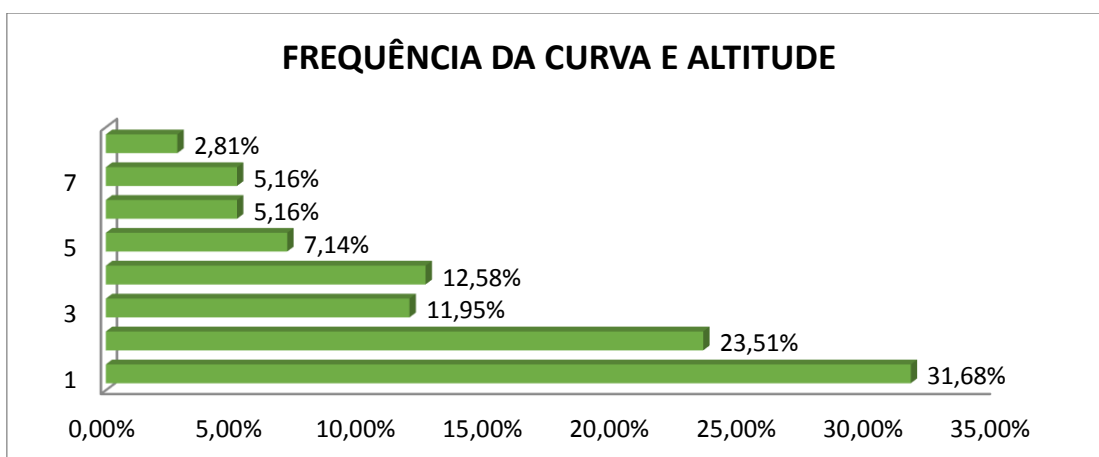


Figura 4- Curva Hipsométrica: frequência e altitude

Lopes Pereira & Mendes, *Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do Rio Iguaçu-Sarapuí, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundação.*

Tretin e Robaina (2005) observam que um dos parâmetros mais importantes na análise de vertentes é a declividade, pois representa a inclinação das vertentes e sua amplitude em distância vetorial entre a base e o topo. O mapeamento da declividade indica que 60,33% da bacia encontra-se com gradientes entre 0 e 8% (Tabela 4 e Figura 5), o que a caracteriza como um relevo plano com poucas áreas suavizadas (EMBRAPA, 1979). Segundo Tonello *et al.* (2006), a declividade de uma bacia hidrográfica é importante no planejamento, tanto para com o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções do homem no meio. A ausência de cobertura vegetal e associada à intensidade de chuvas conduzirá maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes, conduzindo a bacia à degradação. Sendo assim, a magnitude dos picos de enchentes, a baixa taxa de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial e este está relacionado com o relevo.

**Tabela 4: Classes de declividade**

Declividade	área km <sup>2</sup>	Porcentagem
1 - 3	318,65	41,332
3 - 8	145,73	18,902
8 - 20	156,4	20,26
20 - 45	144,2	18,704
45 - 75	5,84	0,757
Maior que 75	0,12	0,015
	770,94	99,97

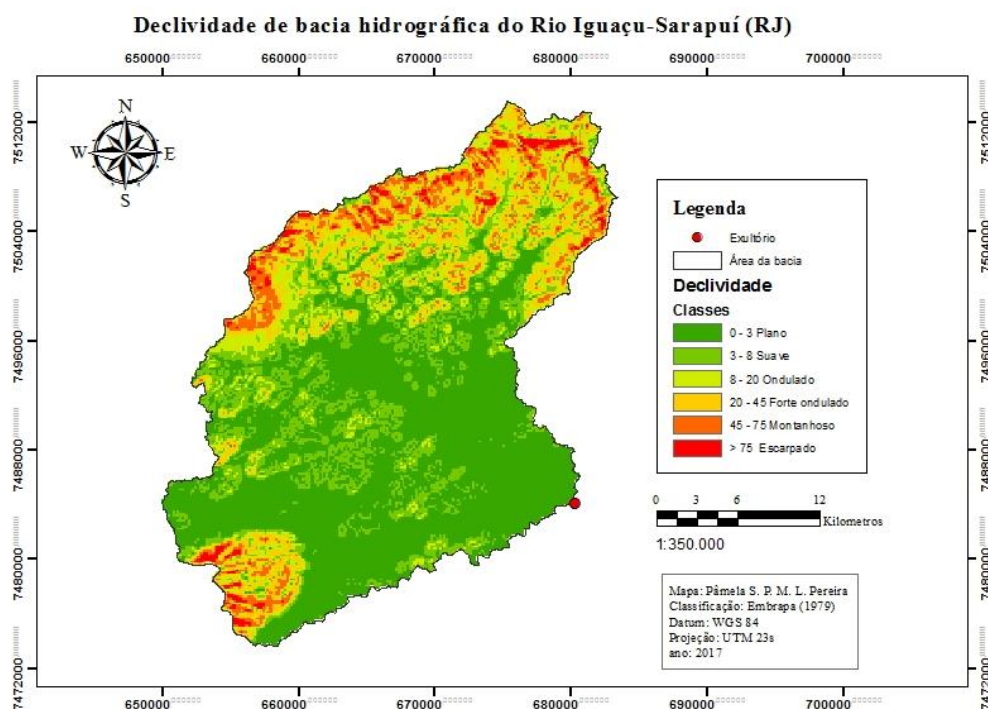


Figura 5: Mapa de declividade da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu-Sarapuí com base na classificação proposta pela Embrapa (1979).

Estudo realizado por Rodrigues *et.al.* (2016) evidencia nessa área, ao longo de um período de 25 anos (1990-2015), uma redução de áreas de pastagens ou campos abertos (-14%) e de cobertura vegetal (-2%) e, por outro lado, um aumento de áreas construídas (+33%) e de solos expostos (+15%), ressaltando o processo de expansão urbana. Como afirma Tucci (2013), a consequência mais direta da urbanização é a alteração do escoamento superficial direto, que pode em caso de vazão máxima de cheia ser seis vezes maior do que em condições naturais. De acordo com Poletto (2014), o aumento da impermeabilização gera menor infiltração e, conseqüentemente, um aumento no escoamento superficial, e que também se refletem na área em condições de agravamento do assoreamento de canais, já que esse aumento do volume escoado superficialmente e o acréscimo da velocidade do escoamento garantem maior energia no transporte de sedimentos.

Lopes Pereira & Mendes, *Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do Rio Iguaçu-Sarapuí, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundação.*

## CONCLUSÕES

A análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu-Sarapuí apresenta os parâmetros de Densidade de Drenagem, Coeficiente de Manutenção, Coeficiente de Compacidade e Relação de Circularidade com resultados que não a caracterizam como uma área suscetível a enchentes em condições normais de precipitação. Entretanto, outros parecem mais determinantes na dinâmica de escoamento nessa área, em especial os que impactam a velocidade do escoamento, sendo estes a predominância de baixas declividades, a amplitude altimétrica e relação de relevo, baixa sinuosidade, incluindo seruosidade e densidade de rios. Além disso, essa área foi e ainda está submetida a um longo período de intervenções antrópicas que alteram a dinâmica hidrogeomorfológica e que, associadas a características indicadas pela análise morfométrica, contribuem para os recorrentes eventos de enchentes urbanas. A análise hipsométrica parece determinante para definição da bacia como uma área suscetível a enchentes, pois a predominância de baixas declividades, a amplitude altimétrica, relação de relevo e Índice de Rugosidade impactam a velocidade do escoamento, aumentando a capacidade de transporte e de vazão da bacia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. de A. *A evolução urbana do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: IPP, 2013. 155 p.
- AMADOR, E. S. *Baía de Guanabara e Ecossistemas periféricos: Homem e Natureza*. Rio de Janeiro: Edição do autor, 1997. 539 p.
- ALMEIDA, R. F. B.; BAYER, M.; JÚNIOR, L. G. F. Compartimentação morfométrica da bacia do Rio Coco como subsídio a análise de fragilidade ambiental. *Revista Mercator*. v 15, n.4, 2016. p. 83-94.
- APOLLO, R. A.; BARROS, B. S. X.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; RODRIGUES, V. A. Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Botucatu-SP. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v. 5, n. 1, 2012. p. 163-167.
- BRASIL. Lei nº 9.985/2000, de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC).
- CARDOSO, C, A; DIAS, H. C. T; SOARES C. P. B; MARTINS S. V. Venâncio Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, vol. 30, n. 2, 2006. p. 241-248.
- Lopes Pereira & Mendes, *Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do Rio Iguaçu-Sarapuí, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundação*.



- CHEREM, L. F. S. *Análise morfométrica da Bacia do Alto do Rio das Velhas – MG*. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.18, n.9, 1969. p.35-64.
- CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais). Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro. Relatório Anual - 2002. Disponível em <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Projeto-Rio-de-Janeiro---Geomorfologica-613.html> Acesso em 05/08/2018
- EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS- SÉRIE MISCELÂNEA 1)
- FERRARI, A. L. *Evolução tectônica do Gráben da Guanabara*. 2001. 412 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- HIRUMA, S. T.; PONÇANO, W. L. Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfopedológicos na área do Alto Rio Pardo, SP e MG. *Revista do Instituto Geológico*, v. 15, n.1/2, 1994. p. 49-57
- KÖPPEN, W. *Climatologia*. México: Fondo de Cultura Económica, 1931.
- LAMEGO, A R. *O homem e a Guanabara*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- Conselho Nacional de Geografia, 1964. 415 p.
- MACHADO P. J. O.; TORRES, F. T. P. *Introdução a hidrogeografia*. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 178p.
- PANDEY, A.; CHAUDHARY, V. M.; MAL, B. C. Morphological Analysis and Watershed management using *GIS.Hydrology Journal f IAH*, v.27, n3-4, 2004. p.71-84.
- POLETO, C. Bacias hidrográficas urbanas. In: POLETO, C. *Bacias hidrográficas e recursos hídricos*. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. 272 p. (p. 29-47).
- RODRIGUES, N. B; MENEZES, W. A.; PEREIRA, P. S. P. M.; MENDES, L. D. *Geomorfometria associada à análise da cobertura e uso da terra com o uso de geotecnologias livres: estudo de caso da bacia hidrográfica Iguaçu-Sarapuí, na Baixada Fluminense (RJ)*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. 2016, Maringá.
- SCHUMM, S. A., Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of American Bulletin*, **67**, 1956. p. 597–646.
- SILVA, T. M. *A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro*. 2002. 264 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

Lopes Pereira & Mendes, *Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do Rio Iguaçu-Sarapuí, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundação*.

- STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) *anaysis of erosional topography*. Geol. Soc. America Bulletin. 1952. p. 1.117- 1.142.
- TONELLO, K.C. *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões, MG*. 2005. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.85p.
- TONELLO, K. C; DIAS, H. C. T; SOUZA, A. L; R, C. A. A. S; LEITE, F. P. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões- MG. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006.
- TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. Metodologia para mapeamento geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA*, 11., 2005, São Paulo. Anais... São Paulo: Editora da USP, 2005. p. 3606-3615.
- TUCCI, C. E. M, Controle de enchentes *in*: TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. *Hidrologia ciência e aplicação*. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 4). Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2013. 943 p.
- VILLELA, S.M., MATTOS, A. *A Hidrologia aplicada*. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.245p.
- WILSON Jr, G. *Perfis sedimentares longitudinais das camadas ativas dos leitos dos rios*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12.,1997, Vitória, Anais... Vitória: ABRH, 1997. P.1-8
- CRUZ, C.B.M.; VICENS, R.S.; RICHTER, M.; SEABRA, V.S.; REIS R.B.; FABER, O.A.; ARNAUT, P.K.E.; ARAÚJO, M. *Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000*. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis-SC. 2006.

**Data de Submissão: 20/11/2018**

**Data da Avaliação: 10/12/2018**

Lopes Pereira & Mendes, *Morfometria de bacia hidrográfica urbanizada: uma análise do Rio Iguaçu-Sarapuá, na Baixada Fluminense (RJ), para avaliação de parâmetros de suscetibilidade a ocorrência de enchente e inundação*.

## ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO DESASTRE AMBIENTAL EM MARIANA-MG A PARTIR DAS GEOTECNOLOGIAS

Gabriella Ferreira da Silva <sup>1</sup>

Marcus Vinícius Alves de Carvalho <sup>2</sup>

Carla Bernadete Madureira Cruz <sup>3</sup>

49

**Resumo.** O Sensoriamento Remoto caracteriza-se como importante aparato tecnológico para os geocientistas, pois através dele podemos analisar o espaço geográfico em diferentes escalas cartográficas / geográficas, estudar diversos temas, elaborar diagnósticos e até prognósticos. Atualmente, existe considerável variedade de sites de agências espaciais que oferecem acesso gratuito às coleções multitemporais de imagens orbitais. Isto é muito importante, porque atribui um caráter histórico aos estudos, permitindo assim a investigação de mudanças na superfície terrestre. Em 5 de novembro de 2015, 34 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro fluíram da Barragem do Fundão em Mariana (MG). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a extensão do desastre ocorrido neste município por meio de técnicas de processamento digital de imagens. Como resultado, detectou-se uma área de 8,25 km<sup>2</sup> relacionada à devastação, e os mapas gerados obtiveram boa precisão, Índice Kappa de 0,791 (anterior ao desastre) e 0,801 (posterior ao desastre).

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto, Desastre, Mariana (MG), Processamento Digital de Imagens, Detecção de Mudanças.

### SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL DISASTER IN MARIANA-MG FROM GEOTECHNOLOGIES

**Abstract.** Remote Sensing is characterized as an important technological apparatus for geoscientists, because through it we can examine the geographic space in different cartographic / geographic scales, study various themes, elaborate diagnoses and even prognostics. Currently, there is a considerable variety of space agency

<sup>1</sup> UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Laboratório ESPAÇO: Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais, [gabriella.geoufrj@gmail.com](mailto:gabriella.geoufrj@gmail.com).

<sup>2</sup> UFF - Universidade Federal Fluminense, POSGEO: Programa de Pós-Graduação em Geografia, [marcus.br@gmail.com](mailto:marcus.br@gmail.com).

<sup>3</sup> UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Laboratório ESPAÇO: Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais, [carlamad@gmail.com](mailto:carlamad@gmail.com).

sites that offer free access to multitemporal collections of orbital images. This is very important, because it assigns a historical character to the studies, thus allowing the investigation of changes in the terrestrial surface. On November 5, 2015, 34 million cubic meters of iron ore tailings flowed from the Fundão Dam in Mariana (MG). Thus, the objective of this paper was to evaluate the extent of the disaster that occurred in this municipality through digital image processing techniques. As a result, an area of 8.25 km<sup>2</sup> related to devastation was detected, and the generated maps obtained good accuracy, Kappa Index of 0.791 (pre-disaster) and 0.801 (post-disaster).

**Keywords:** Remote Sensing, Disaster, Mariana (MG), Digital Image Processing, Change Detection.

### **ANALYSE TEMPO-ESPACE DE LA CATASTROPHE ENVIRONNEMENTALE À MARIANA-MG À PARTIR DE GÉOTECHNOLOGIES**

**Résumé.** La télédétection est considérée comme un appareil technologique important pour les géoscientifiques, car elle permet d'analyser l'espace géographique à différentes échelles cartographiques / géographiques, d'étudier divers thèmes, d'élaborer des diagnostics et même des pronostics. À l'heure actuelle, il existe une grande variété de sites d'agences spatiales offrant un accès gratuit à des collections multitemporelles d'images orbitales. Ceci est très important, car cela attribue un caractère historique aux études, permettant ainsi d'examiner les modifications de la surface terrestre. Le 5 novembre 2015, 34 millions de mètres cubes de résidus de minerai de fer ont coulé du barrage Fundão à Mariana (MG). L'objectif de ce travail était donc d'évaluer l'ampleur de la catastrophe survenue dans cette municipalité grâce à des techniques de traitement d'images numériques. En conséquence, une zone de 8,25 km<sup>2</sup> liée à la dévastation a été détectée et les cartes générées ont obtenu une bonne précision, un indice de Kappa de 0,791 (avant la catastrophe) et de 0,801 (après la catastrophe).

**Mots-clés :** Télédétection, Catastrophe, Mariana (MG), Traitement numérique de l'image, Détection des modifications.

## **Introdução**

Desastres são conhecidos por eventos que ocorrem dentro de uma comunidade e que acarretam grandes danos e/ou destruição, o suficiente para perturbar o funcionamento normal dessa localidade promovendo considerável quantidade de vítimas, e também sérios danos relativos às questões econômicas e ambientais. Em muitos casos, o conceito de desastre está associado apenas aos eventos produzidos pela própria natureza. No entanto, a categoria de desastres antropogênicos é estabelecida para abordar o perigo das ações humanas atingirem o estado de desastre. Existem muitos problemas que podem fazer com que as atividades antrópicas se convertam em situações de desastre. Justamente foi o que ocorreu no dia 05 de novembro de 2015 no município de Mariana-MG, pois a barragem do Fundão, operada pela mineradora Samarco (Vale/BHP Billiton) se rompeu, lançando 34 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração diretamente no meio ambiente. O ocorrido praticamente destruiu o Distrito de Bento Rodrigues (também no município de Mariana), retirando várias vidas e poluindo a Bacia do Rio Doce. Tudo isso corrobora para o fato desse acidente ambiental ser considerado um dos piores da história de nosso país. Mediante a magnitude do fenômeno, a tecnologia de Sensoriamento Remoto torna-se necessária para a compreensão da dimensão espacial do mesmo, uma vez que, as imagens orbitais provenientes (dados), em função das suas características (resolução espacial, temporal, radiométrica e espectral), pela facilidade de acesso e pela visão sinótica proporcionada caracterizam-se como grandes aliadas no estudo, monitoramento, prevenção e gerenciamento de desastres naturais. Assim, mediante o exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a extensão do desastre ocorrido no município de Mariana (MG) através de técnicas de processamento digital de imagens (PDI) de Sensoriamento Remoto em dados OLI/LANDSAT-8.

## **Área de estudo**

No dia 5 de novembro de 2015 a barragem do Fundão localizada no município de Mariana, no estado de Minas Gerais se rompeu, causando uma enxurrada de mais de 60

milhões de metros cúbicos de lama e rejeitos da produção de minério de ferro no meio ambiente. Assim, uma onda gigantesca de óxido de ferro, água e lama invadiu o distrito de Bento Rodrigues (município de Mariana), que ficava próximo ao depósito de rejeitos da mineração. O povoado, até então constituído por moradias de trabalhadores, foi totalmente destruído, ficando submerso por uma camada espessa de lama (Figuras 1, 2 e 3).



Figura 1. Destruição do distrito de Bento Rodrigues (fonte: os autores).



Figura 2. Destruição do distrito de Bento Rodrigues (fonte: os autores).



Figura 3. Destruição do distrito de Bento Rodrigues (fonte: os autores).

O desastre acarretou em 19 mortos, centenas de desalojados e ainda atingiu diversos municípios que circundavam a barragem. Áreas residenciais, plantações, pastagens, rios e córregos foram destruídos quando do acontecimento do desastre e nos dias seguintes, à medida que a enxurrada avançou por mais de 600 quilômetros até atingir o mar. Vale destacar que o município de Mariana, até então, tinha cerca de 80% da arrecadação de impostos vinculada à mineração.

O município de Mariana está situado na Região Metropolitana de Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais. Esta cidade está localizada a cerca de 116 km de distância da capital, a cidade de Belo Horizonte (Figura 4).



Figura 4. Localização geográfica da área de estudo.

Segundo dados do Censo 2010, em Mariana residiam cerca de 54.219 pessoas, a população estimada para o ano de 2017 foi de 59.857 pessoas. A Densidade demográfica em 2010 era de 45,40 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

SILVA, G. F.; CARVALHO, M. V A.; CRUZ, C. B. M., *ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO DESASTRE AMBIENTAL EM MARIANA-MG A PARTIR DAS GEOTECNOLOGIAS*



Em 2016, o salário médio mensal era de 2,5 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 24,0%. Na comparação com os outros municípios de MG, ocupava as posições 37 de 853 e 94 de 853, respectivamente. Já na comparação com cidades do país todo, ficava na posição 502 de 5570 e 864 de 5570, respectivamente. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, tinha 36,7% da população nessas condições, o que o colocava na posição 448 de 853 dentre as cidades do estado e na posição 3.230 de 5.570 dentre as cidades do Brasil (IBGE, 2010).

Apresenta 78% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 47.1% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 34.5% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Quando comparado com os outros municípios do estado, fica na posição 237 de 853, 582 de 853 e 295 de 853, respectivamente. Já quando comparado a outras cidades do Brasil, sua posição é 1.032 de 5.570, 4.233 de 5.570 e 996 de 5.570, respectivamente (IBGE, 2010).

### **Metodologia**

As etapas metodológicas empregadas neste trabalho são apresentadas na Figura 5.

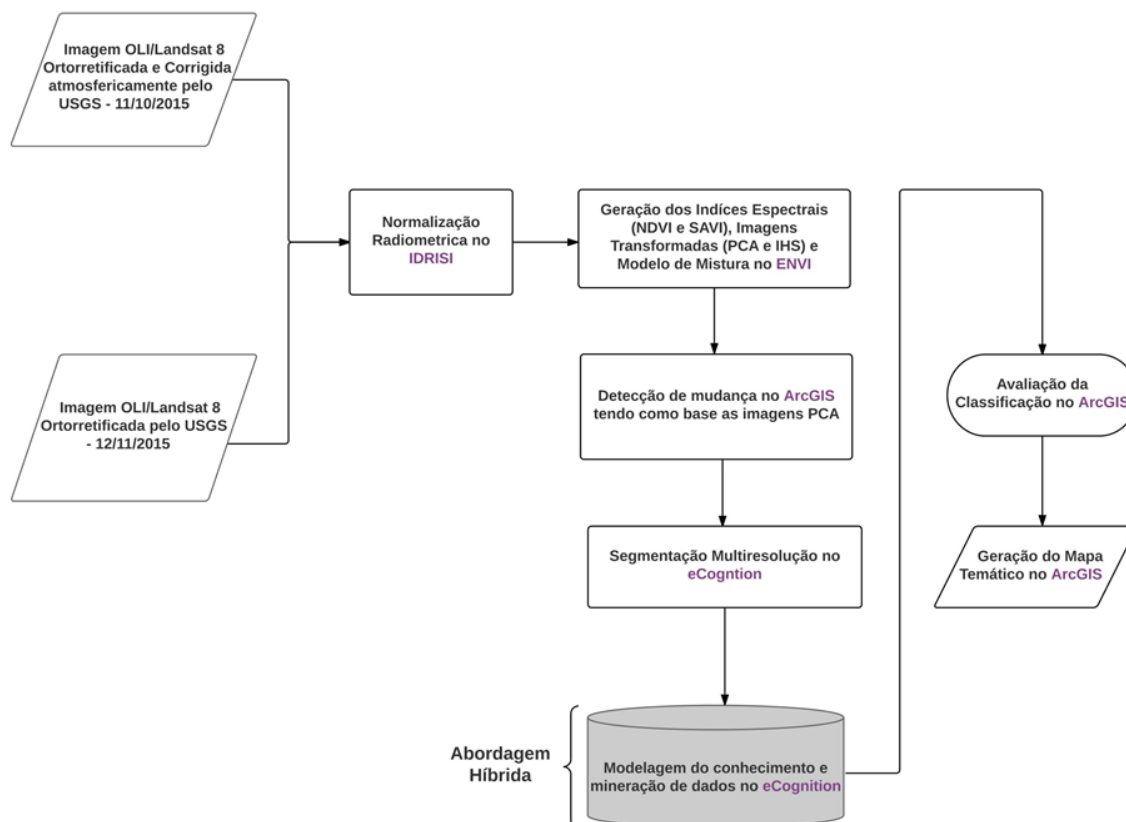


Figura 5. Fluxograma metodológico.

Para a realização deste trabalho foram selecionadas duas cenas do sensor OLI (Operational Land Imager) do satélite LANDSAT-8 correspondentes à órbita-ponto 217-074 já ortoretificadas e corrigidas atmosféricamente (ao nível de reflectância de superfície) pelo próprio USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos (disponibilizadas em: <https://espa.cr.usgs.gov/>). A imagem anterior ao desastre é datada de 05 de Outubro de 2015, e a posterior ao evento foi adquirida em 11 de Novembro de 2015. Destaca-se que o desastre ocorreu em 05 de Novembro de 2015, e a cena que retrata o desastre foi justamente aquela que mais se aproximou do ocorrido, além de apresentar a menor cobertura de nuvens.

A etapa seguinte consistiu na Normalização Radiométrica. Esta técnica visa facilitar a utilização e comparação de dados orbitais de períodos distintos, pois realiza o ajuste da distribuição dos pixels de cada imagem para um padrão ou data de referência para que as cenas pareçam ter sido obtidas com as mesmas condições atmosféricas (SCHOTT et

al., 1988). No algoritmo CALIBRATE do IDRISI/TerrSet não é necessária a inclusão de pontos pseudo-invariantes (PIFs), ao contrário dos trabalhos de Maluf et al. (2015) e Fernandes et al. (2017), devido internamente o próprio algoritmo propor um limiar de valores para considerar a mudança e a não-mudança nos pixels.

No software ENVI, através da ferramenta Band Math (Matemática de Bandas) foram elaborados os índices espectrais NDVI - Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (ROUSE et al., 1979) e SAVI - Índice da Vegetação Ajustado pelo Solo (HUETE, 1988). O NDVI é gerado a partir da seguinte equação:  $(NIR - Red) / (NIR + Red)$ . Já, o SAVI é por esta equação:  $(NIR - RED) * (1 + L) / (NIR + RED + L)$ , onde  $L = 0,5$ . Salienta-se que  $L$  é um fator de correção que varia de 0 (zero) para cobertura vegetal muito alta a 1 (um) para cobertura vegetal muito baixa. Rotineiramente adota-se o valor de 0,5, que é para cobertura vegetal intermediária. Através da ferramenta de Transformação de Imagens, também no ENVI, foi gerada a Análise por Componentes Principais (PCA). Segundo Florenzano (2008), a PCA executa uma transformação linear de  $n$  variáveis originais em  $n$  novas variáveis, que dão origem às Componentes Principais. Tais componentes são geradas de forma não correlacionada. Também foi elaborada a transformada IHS: Intensidade / Matiz / Saturação. IHS é considerado um método de transformação matemática que desagrega a informação espectral da imagem, cujo objetivo é descrever a formação de cores mais próxima àquela percebida pelo sistema visual humano, permitindo assim o realce e o destaque dos alvos desejados no estudo desenvolvido. O último insumo gerado foi o Modelo Linear de Mistura Espectral. Segundo INPE (2012), ele consiste na geração de imagens sintéticas, que representem as proporções de cada componente da mistura dentro dos pixels, isto é, o número de bandas originais é reduzido para o número de componentes do modelo de mistura, neste caso: solo, sombra e vegetação. Assim, tal trabalho adquiriu um caráter híbrido, devido à análise ter considerado o uso conjunto das abordagens baseadas em pixels e objetos. Geralmente, a análise em pixel é feita em um primeiro momento para extrair as informações preliminares para em seguida aplicar a abordagem baseada em objetos.

A etapa posterior consistiu na detecção de mudanças. Esta, por sua vez, refere-se à abordagem em Sensoriamento Remoto utilizada para identificar diferenças no estado

de um objeto ou fenômeno através de sua observação em épocas diferentes (SINGH, 1989). Entre as diferentes técnicas existentes, optou-se por avaliar a Subtração e a Razão entre imagens. Na primeira operação aritmética, as imagens multitemporais registradas entre si correspondentes ao tempo t1 e t2 são subtraídas pixel por pixel para produzir a imagem correspondente à diferença entre elas (RAMACHANDRA & KUMAR, 2004). Já no segundo procedimento através da divisão dos dados entre dois diferentes rasters, a imagem resultante pode destacar as variações nas inclinações das curvas de reflectância das bandas e que poderia de outro modo, serem mascaradas pelas variações de brilho do pixel em cada uma das bandas (RIBEIRO, 2012). Assim, nesta perspectiva adotou-se a ferramenta Raster Calculator presente no software ArcMap/ArcGIS para aplicar as duas técnicas de detecção de mudanças.

A segmentação das imagens OLI/LANDSAT foi realizada no software eCognition Developer, através do algoritmo Multiresolution. A abordagem da multi-resolução consiste em analisar os objetos da imagem em diferentes níveis de resolução. Sua adoção é de extrema relevância porque os objetos pequenos podem ser analisados em uma resolução mais fina, enquanto que os objetos maiores podem ser analisados em uma resolução mais grosseira (LEONARDI, 2010). Após a criação dos objetos, ou seja, os segmentos da imagem, é que se torna possível gerar os diferentes tipos de atributos (espectrais, relacionais e geométricos) que embasarão a classificação. Os atributos espectrais utilizados neste trabalho encontram-se listados na Tabela 1.

Tabela 1 - Atributos e insumos adotados no processo de classificação.

Atributo	Insumos				
Média	B1, B2, B3, B4, B5, B6 e B7 (OLI/ Landsat 8)	IHS (R4,G3,B2)	1ª, 2ª e 3ª PCA	SAVI	NDVI
Moda (Mínimo, Mediana e Máximo)	B1, B2, B3, B4, B5, B6 e B7 (OLI/ Landsat 8)	IHS (R4,G3,B2)	1ª, 2ª e 3ª PCA	SAVI	NDVI
Desvio Padrão	B1, B2, B3, B4, B5, B6 e B7 (OLI/ Landsat 8)	IHS (R4,G3,B2)	1ª, 2ª e 3ª PCA	SAVI	NDVI
Valores máximos de pixel	B1, B2, B3, B4, B5, B6 e B7 (OLI/ Landsat 8)	IHS (R4,G3,B2)	1ª, 2ª e 3ª PCA	SAVI	NDVI
Valores mínimos de pixel	B1, B2, B3, B4, B5, B6 e B7 (OLI/ Landsat 8)	IHS (R4,G3,B2)	1ª, 2ª e 3ª PCA	SAVI	NDVI

Ainda no eCognition, a fase seguinte referiu-se à classificação digital através da Mineração de Dados Geográficos. Esta, por sua vez, é o nome dado ao conjunto de técnicas que permite a extração de conhecimento a partir de grande volume de dados. O processo de transformação de dados em informações e conhecimento é chamado de Descoberta de Conhecimento em Base de Dados (KDD - Knowledge Discovery in Databases). A mineração trata da conversão de dados ou informações (que podem ter sido pré-processadas) em padrões (SANTOS, 2012). Entre os diferentes algoritmos existentes no software de classificação, optou-se pelo CART (Classification And Regression Trees), genericamente chamado de Decision Tree.

Na penúltima etapa foram elaborados os mapas temáticos no ArcMap/ArcGIS, e procedeu-se à etapa de avaliação estatística da precisão das classificações. Para tal, no ArcMap/ArcGIS, através da ferramenta Create Random Points, foram gerados 300 pontos de forma aleatória e estratificada para o cálculo do Índice Kappa (CONGALTON & GREEN, 1999). Este, por sua vez, é uma medida de concordância usada em escalas nominais, que fornece uma ideia do quanto as observações reais se afastam daquelas esperadas, fruto do acaso, indicando, assim, quão legítimas são as interpretações (LEONARDI, 2010).

### Resultados e Discussão

Na etapa de Detecção de Mudanças, realizada de forma bitemporal (ou seja, a comparação direta entre as duas cenas de datas distintas) selecionou-se as imagens referentes à 1ª PCA. Isto, porque esta componente é a que mais agrega informações, segundo a Literatura Científica (INPE, 2012). Inicialmente, procedeu-se à realização da Subtração das Imagens no Raster Calculator do ArcMap/ArcGIS (Figura 6).

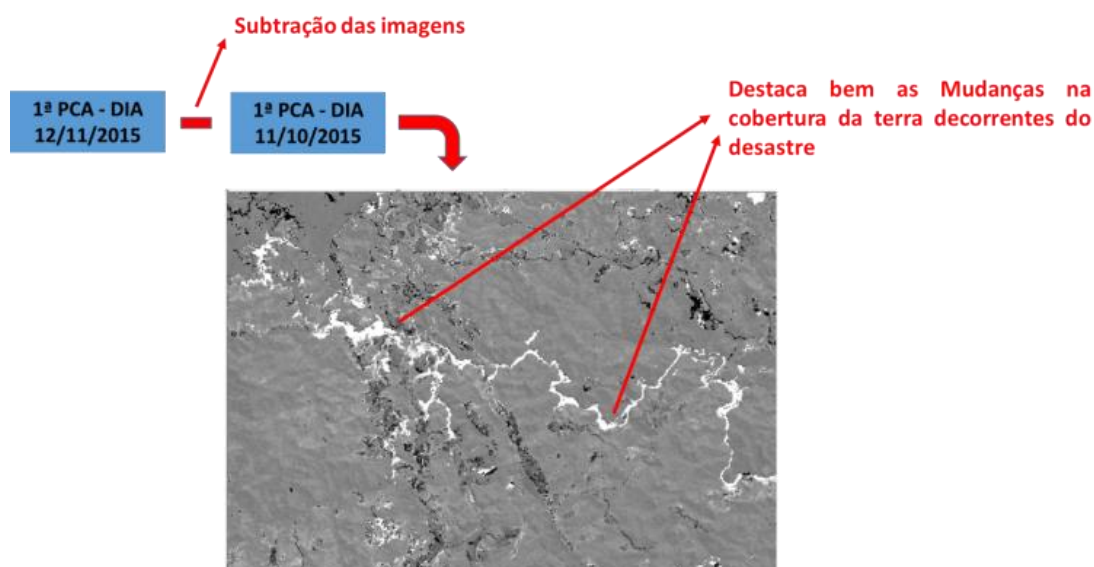


Figura 6. Subtração da 1ª PCA da cena posterior ao desastre com a 1ª PCA da cena anterior ao mesmo (contraste linear de 2%).

Logo em seguida, realizou-se a Razão das Imagens também no ArcMap/ArcGIS, novamente tomando como base a 1ª PCA de ambas as datas (Figura 7).

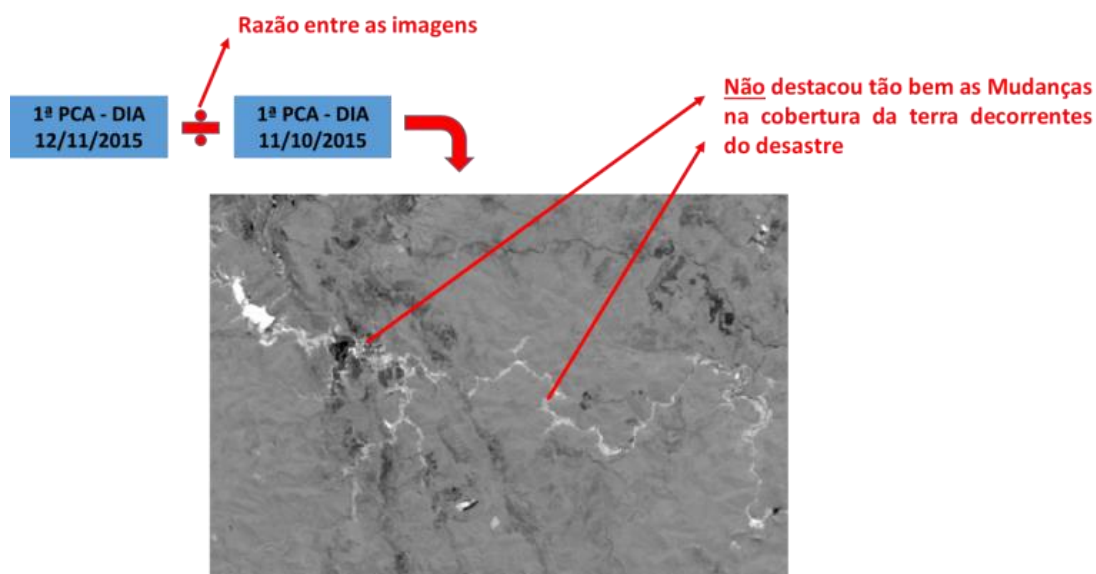


Figura 7. Razão da 1ª PCA da cena posterior ao desastre com a 1ª PCA da cena anterior ao mesmo, (contraste linear de 2%).

Ao observarmos as Figuras 6 e 7 é notório que a Subtração de Imagens conseguiu destacar mais efetivamente as mudanças que ocorreram na cobertura da terra. Assim, optou-se por integrar a imagem proveniente desta técnica de detecção de mudanças no projeto de classificação.

Em relação à segmentação, adotou-se a mesma estratégia proposta por Coelho et al. (2017), onde atributos espectrais foram selecionados ao invés de valores numéricos nos parâmetros de Forma e Compacidade do algoritmo Multiresolution Segmentation, justamente para reduzir a variabilidade interna das classes. Através de uma abordagem heurística chegou-se aos seguintes parâmetros: Escala: 100 / Forma: Média da Matiz (IHS) / Compacidade: Média da Matiz (IHS). Parte do resultado da segmentação é apresentada na Figura 8.



Figura 8. Resultado da segmentação das imagens OLI/Landsat-8.

Neste trabalho foram gerados ao todo cinco níveis de objetos. No primeiro foram classificados apenas aqueles referentes às “Mudanças” e “Não-Mudanças”. No segundo nível foram classificados apenas os objetos relativos às áreas urbanas e “outros” (todos os demais objetos, exceto as áreas urbanas). A classe referente ao meio urbano enquadra a sede do município de Mariana, que por sua vez, não sofreu alterações no curto espaço de tempo entre a aquisição das duas cenas (anterior e posterior ao desastre). Assim, ao rotular tal classe no 2º nível, a mesma foi herdada nos demais através da relação topológica entre objetos. No terceiro nível foram classificadas as seguintes classes de cobertura da terra: Área Não Mapeada (nuvens), Lama / Resíduo da Mineração, Pasto, Rocha, Urbano (herdado do nível anterior), Vegetação 1 (menos densa), Vegetação 2 (mais densa) e Água. No quarto nível (posterior ao desastre), constam todas as classes, exceto Área Não Mapeada (nuvens). No quinto nível estão presentes as mesmas classes do quarto nível e mais a classe Desastre: Mudança. Esta última, por sua vez, também foi gerada através da relação topológica entre níveis, tendo como base o primeiro nível classificado (Figura 9).



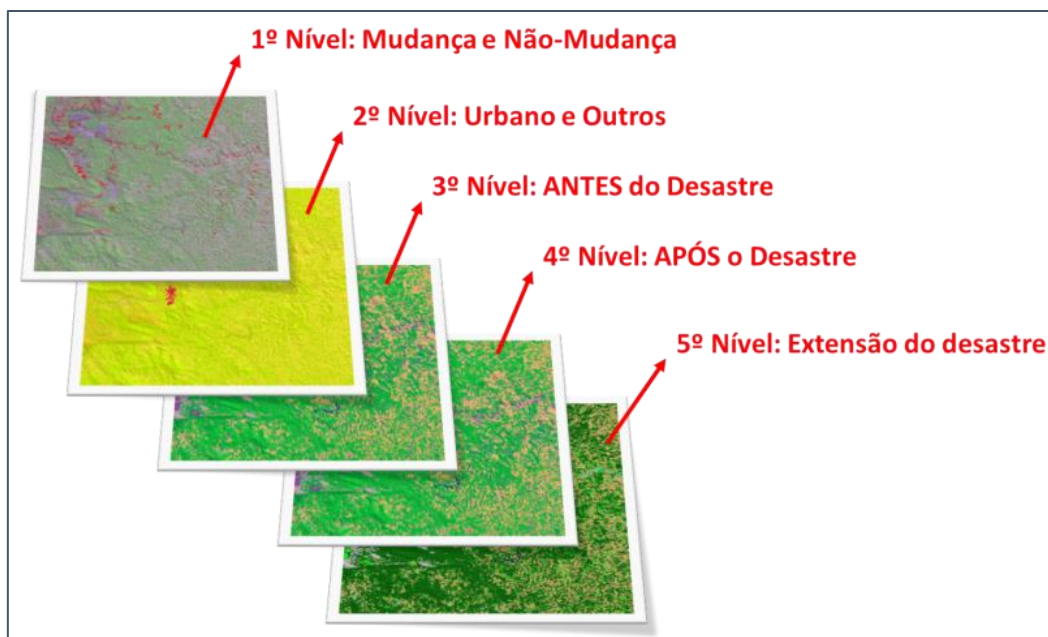


Figura 9. Os cinco níveis de objetos adotados na classificação.

Na etapa seguinte, as três classificações provenientes do eCognition Developer foram exportadas para o formato ESRI Shapefile, importadas para o ArcMap/ArcGIS onde tiveram os seus respectivos layouts, enquanto mapas temáticos, gerados (Figura 10, 11 e 12).

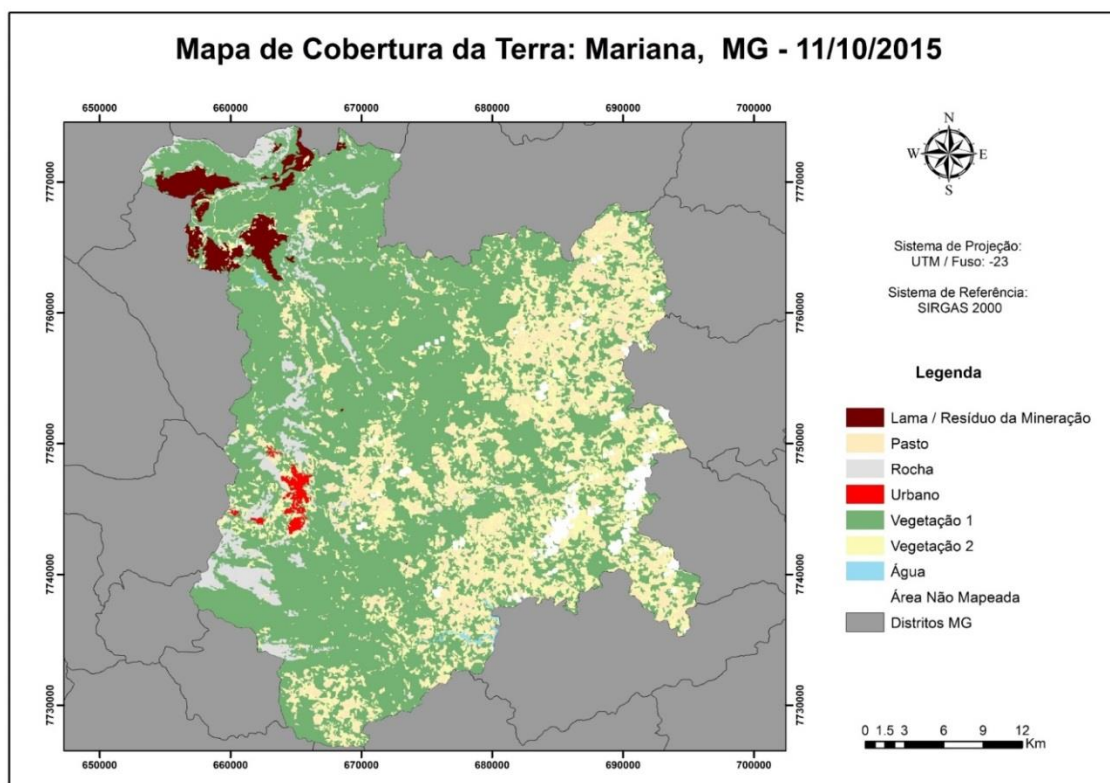


Figura 10. Mapa temático referente à cobertura da terra anterior ao desastre.

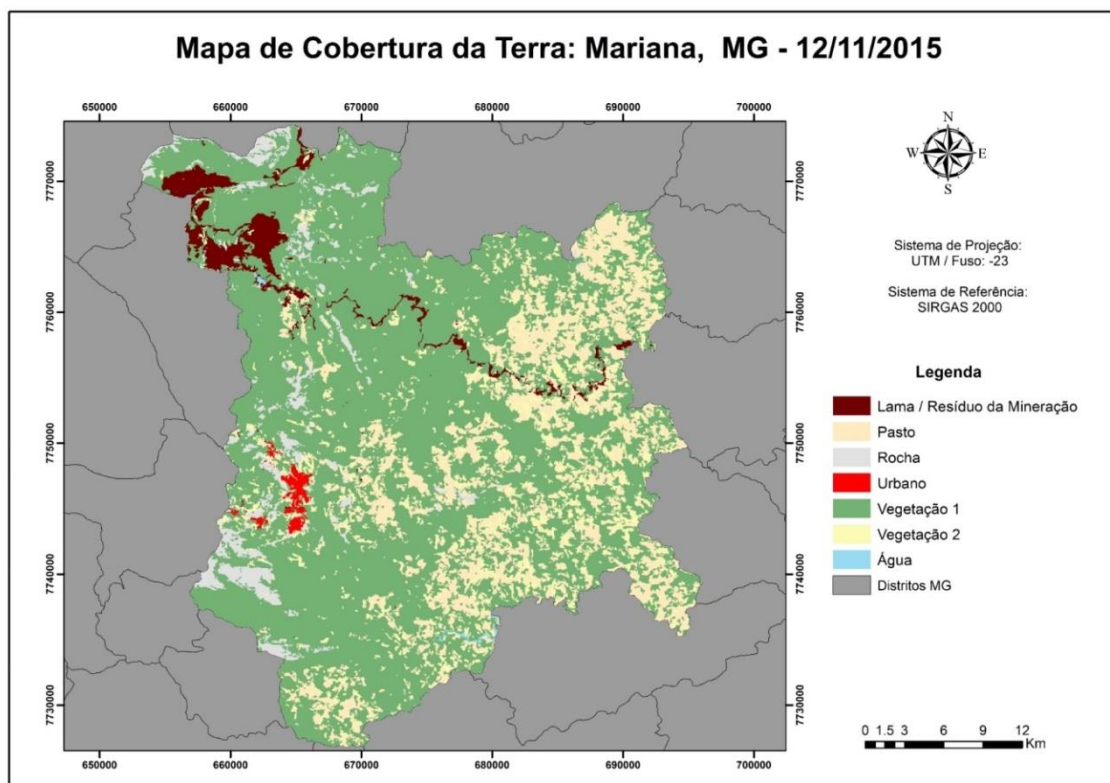


Figura 11. Mapa temático referente à cobertura da terra posterior ao desastre.

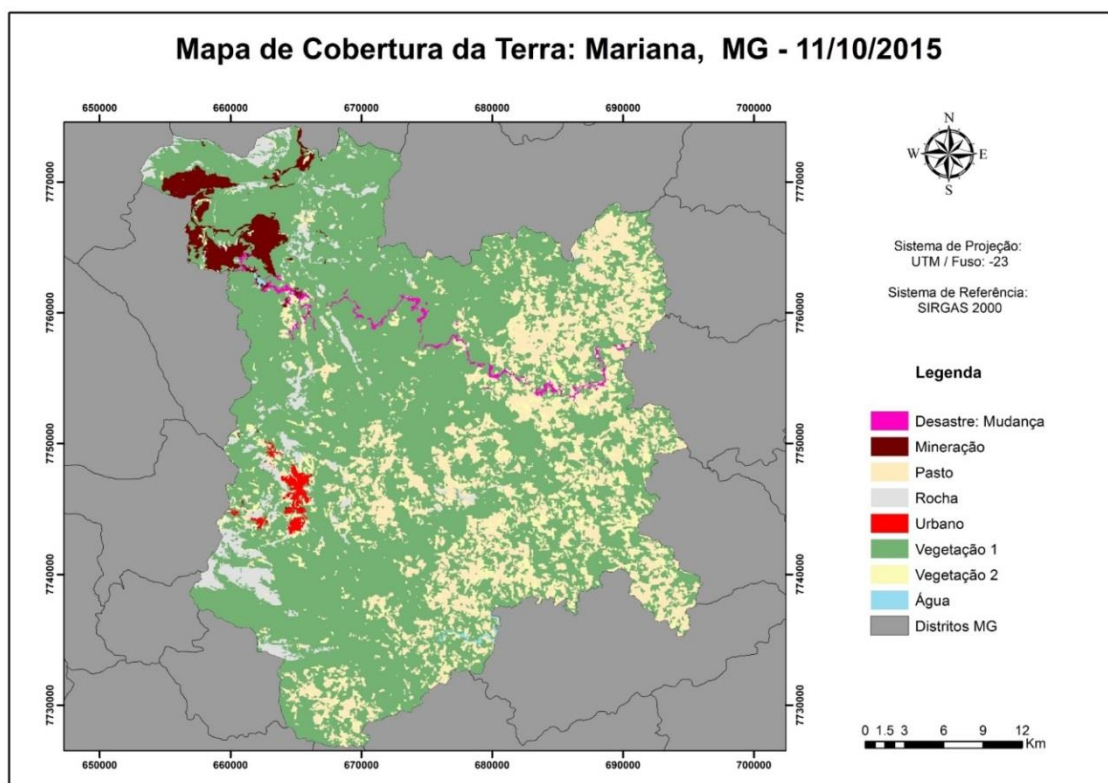


Figura 12. Mapa temático de cobertura da terra com destaque para as áreas devastadas.

Através de análise em SIG, constatou-se que a área devastada correspondeu a cerca de 8,25 Km<sup>2</sup>, e através do índice Kappa verificou-se as seguintes precisões para os mapas temáticos: anterior ao desastre (11/10/2015): 0,791 e posterior ao desastre (12/11/2015): 0,801. O valor da primeira classificação foi inferior à segunda em função das áreas de nuvens e sombras presentes na imagem que serviu de insumo para a mesma.

### Considerações finais

O trabalho em questão conseguiu atingir satisfatoriamente o objetivo de avaliar a extensão do desastre no município de Mariana (MG) através do processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto em dados OLI/LANDSAT-8. As imagens transformadas PCA auxiliaram na detecção de mudanças pela subtração, uma vez que elas são a síntese das sete bandas do OLI/Landsat-8. Os índices espectrais NDVI e SAVI,

e as imagens IHS apresentaram bom desempenho, uma vez que destacaram consideravelmente os objetos presentes no terreno (Ex.: vegetação 1: mais densa e vegetação 2: menos densa). Em relação à segmentação multiresolução, alcançou-se a redução da variação interna das classes de objetos ao ser adotada nos parâmetros de Cor e Compacidade o atributo espectral do máximo valor de pixel da Matiz. A imagem Intensidade (IHS) foi primordial para a classificação dos alvos da classe Urbano. A imagem Vegetação do Modelo Linear de Mistura Espectral auxiliou na classificação da classe Pasto. Por fim, a abordagem da classificação digital híbrida colaborou para a boa exatidão das classificações (Índice Kappa: 0,791 e Índice Kappa: 0,801).

### **Agradecimentos**

Os autores expressam seus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa PIBIC-UFRJ à primeira autora, e também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo (Doutorado) ao segundo autor.

### **Referências Bibliográficas**

- COELHO, R. C. S.; CARVALHO, M. V. A.; BARROS, R. S. Mapeamento da cobertura da terra no Parque Estadual da Serra da Concórdia (PESC) - RJ através de classificação digital híbrida. In: 18. SBSR), 2017, Santos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2017. p. 4635-4642. Internet. ISBN 978-85-17-00088-1. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3PSM3ES>>.
- CONGALTON, R.; GREEN, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. Boca Raton, FL.: CRC/Lewis Press, 137 p., 1999.
- FERNANDES, P. J. F.; VICENS, R. S.; FURTADO, L. F. A. Modelo automático de normalização radiométrica de série multitemporal landsat-5 usando pontos pseudoinvariantes (PIF). Revista Brasileira de Cartografia (2017), No 69/2: 241-251. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/1479/1092>>.
- FLORENZANO, T. G. Geomorfologia conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, p. 105-128, 2008.
- HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 25, 295 – 309, 1988.
- SILVA, G. F.; CARVALHO, M. V. A.; CRUZ, C. B. M., *ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO DESASTRE AMBIENTAL EM MARIANA-MG A PARTIR DAS GEOTECNOLOGIAS*

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico. Rio de Janeiro, 2010.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Sistema de ajuda on-line do SPRING. São José dos Campos, 2012.

LEONARDI, F. Abordagens cognitivas e mineração de dados aplicadas a dados ópticos orbitais e de laser para a classificação de cobertura do solo urbano. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/376H8M2>>.

MALUF, V. B.; DAMASCO, F. S.; GOMES, I. S.; SANTOS, L. R.; DIAS, L. S.; CARVALHO, M. V. A.; CORREA, M. A.; VICENS, R. S. Eficácia de um método de normalização radiométrica utilizando imagens LANDSAT 5 TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015. p. 5491-5497. Internet. ISBN 978-85-17-0076-8. IBI: <8JMKD3MGP6W34M/3JM4EAD>. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JM4EAD>>.

RAMACHANDRA, T. V.; KUMAR, U. Geographic Resources Decision Support System for land use land cover dynamics. Proceedings of the Foss/Grass Users Conference - Bangkok, Thailand, 12-14, 2004.

RIBEIRO, E. W. Operações aritméticas com o Spring para o estudo da vegetação, 2012. Disponível em: < at: <https://www.researchgate.net/publication/323202302>>.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Proceedings of the 3rd. ERTS-1 Symposium; Washington, DC. Washington, DC: NASA SP-351; p.309-17, 1973

SANTOS, R. Introdução à mineração de dados com aplicações em ciências ambientais e espaciais, 2012. Disponível em: <[http://www.lac.inpe.br/ELAC/arquivos/MiniCurso\\_03ELAC2012.pdf](http://www.lac.inpe.br/ELAC/arquivos/MiniCurso_03ELAC2012.pdf)>.

SCHOTT, J. R.; SALVAGGIO, C.; VOLCHOK, W. J. Radiometric scene normalisation using pseudoinvariant features. Remote Sens. Environ., 1988.

SINGH, A. Review Article: Digital change detection techniques using remotely-sensed data. International Journal of Remote Sensing, 10(6), 989-1003, 1989.

**Data de Submissão: 05/11/2018**

**Data da Avaliação: 10/12/2018**

SILVA, G. F.; CARVALHO, M. V A.; CRUZ, C. B. M., *ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO DESASTRE AMBIENTAL EM MARIANA-MG A PARTIR DAS GEOTECNOLOGIAS*

## ESCOLHA DO MELHOR DESCRITOR PARA A DETECÇÃO DE TRAJETÓRIAS EM FLORESTAS TROPICAIS UTILIZANDO OS ALGORITMOS LANDTRENDR

Rômulo Weckmüller<sup>1</sup>

João Victor J. Zebende<sup>2</sup>

Raúl Sánchez Vicens<sup>3</sup>

68

**Resumo.** O entendimento de como os sistemas terrestres evoluem é importante na busca de estratégia que otimizem a utilização dos recursos naturais e minimizem os impactos ambientais. O monitoramento das mudanças florestais, através de técnicas de sensoriamento remoto tem sido fundamental. Com a disponibilização de todo o acervo de imagens do programa Landsat/NASA, melhoras na qualidade dos dados e o surgimento de novos algoritmos constituem um avanço metodológico que supera as limitações espaciais e temporais dos métodos tradicionais de detecção de mudanças. Neste artigo, objetiva-se entender o comportamento de cinco descritores disponíveis nos algoritmos LandTrendr, um classificador de trajetórias em séries temporais baseado em pixels, para avaliar qual tem o melhor desempenho em detecções de mudanças florestais em ambiente tropical. Para tal foram aplicados testes estatísticos sobre sua classificação, o teste de McNemar e uma validação a partir do Índice Kappa, onde o descritor NDVI apresentou os melhores resultados.

**Palavras-chave:** séries temporais; sensoriamento remoto; detecção de mudanças; vegetação.

### PERFORMANCE ANALYSIS OF SPECTRAL VARIABLES FOR TRAJECTORY-BASED CHANGE DETECTION IN BRAZILIAN TROPICAL RAINFOREST

**Abstract.** Understanding how terrestrial systems evolve is important in pursuing strategies that optimize the use of natural resources and minimize environmental impacts. Monitoring vegetation cover and land use changes through remote sensing techniques has been crucial in this regard. With the availability of the entire Landsat/NASA image collection, improvements in data quality and the emergence of new

<sup>1</sup> Laboratório de Geografia Física, Universidade Federal Fluminense, weckmuller@gmail.com.

<sup>2</sup> Laboratório de Geografia Física, Universidade Federal Fluminense, jjzebende@gmail.com.

<sup>3</sup> Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, rsvicens@id.uff.br.

algorithms constitute a methodological advance that overcomes the spatial and temporal limitations of traditional methods of change detection. This paper aims to understand the behavior of five descriptors available in the LandTrendr algorithms, a pixel-based time series classifier, to evaluate which has the best performance in detection of forest changes in a tropical environment. For this, statistical tests were applied on its classification, the McNemar test and a validation from the Kappa Index which the NDVI descriptor presented the best results.

**Keywords:** time series; remote sensing; change detection; vegetation.

### **ANALYSE DE PERFORMANCES DE VARIABLES SPECTRALES POUR LA DÉTECTION DE CHANGEMENT BASÉE SUR UNE TRAJECTOIRE DANS LA FORÊT TROPICALE BRÉSILIENNE**

**Résumé.** Comprendre l'évolution des systèmes terrestres est important pour la mise en œuvre de stratégies optimisant l'utilisation des ressources naturelles et minimisant les impacts sur l'environnement. La surveillance des changements dans les forêts au moyen de techniques de télédétection a été fondamentale. Avec la disponibilité de l'ensemble de la collection d'images Landsat/NASA, l'amélioration de la qualité des données et l'émergence de nouveaux algorithmes constituent un progrès méthodologique qui permet de surmonter les limitations spatiales et temporelles des méthodes traditionnelles de détection des changements. Cet article vise à comprendre le comportement de cinq descripteurs disponibles dans les algorithmes de LandTrendr, une trajectoire de série temporelle basée sur les pixels, afin d'évaluer celle qui présente les meilleures performances en matière de détection des changements de forêt dans un environnement tropical. Pour cela, des tests statistiques ont été appliqués sur sa classification, le test McNemar et une validation à partir de l'indice Kappa, où le descripteur NDVI a présenté les meilleurs résultats.

**Mots-clés :** série chronologique; télédétection; détection de changement; végétation.

## Introdução

Estudos de mudanças na cobertura da terra são comuns na literatura, pois seus resultados são fundamentais para ações de planejamento e/ou gestão do território. Eles contemplam a quantificação e localização de desmatamentos, urbanizações, antropizações, intensificações de cultivos, reflorestamentos, entre outros fenômenos de mudanças. Tais informações têm como suporte o processamento de imagens multitemporais e detecção de mudanças, que tem sido um campo de pesquisa ativa em sensoriamento remoto por décadas, tornando-o a maior fonte de dados espacializados atualmente para o monitoramento da cobertura da terra (LU et al., 2004; LU et al., 2014; JIANYA et al., 2008).

Além disso, as Geotecnologias, em especial o sensoriamento remoto, apresentam-se como uma importante ferramenta na obtenção e manipulação de dados temporais, permitindo também integrar dados de naturezas distintas (matriciais, vetoriais e tabulares), como imagens de satélite e dados censitários, por exemplo. Como as mudanças induzidas pelo homem ocorrem em um ritmo cada vez mais rápido, espera-se que os sistemas de monitoramento baseados em sensoriamento remoto, que imageam o Planeta Terra em tempo integral, tenham papéis cruciais na política ambiental e tomada de decisão (CHEN et al., 2012). Maus et al. (2016) acrescentam que a observação da Terra por satélites é a única maneira de providenciar uma contínua e consistente base de dados sobre a cobertura e uso da terra. Esta abundância de dados temporais possibilita a obtenção das trajetórias evolutivas da cobertura da terra, que representam uma assinatura espectro-temporal da paisagem.

As trajetórias evolutivas surgem como complemento dos estudos de mudanças, aprofundando as informações sobre o histórico da cobertura da terra. Esta perspectiva abre um horizonte maior de entendimento sobre a degradação da paisagem, que possibilita ao pesquisador conhecer importantes informações sobre a paisagem, como por exemplo: a idade de uma pastagem e a classe que precedeu sua ocorrência; a intensidade da urbanização e em que classe ocorreu esta pressão; ou ainda o abandono de uma área de cultivo e o tempo de recuperação da mesma para uma vegetação

*Weckmüller et al., Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos Landtrendr*



secundária (WECKMÜLLER, 2018). Banskota et al. (2014) destacam que, diferente da detecção de mudanças bitemporal, as trajetórias possibilitam entender a natureza das mudanças, assim como sua magnitude.

Câmara et al. (2016) defendem as trajetórias evolutivas como uma quebra de paradigma nos estudos de mudança. Até agora a variável espaço era priorizada em relação ao tempo, ou seja, os mapeamentos eram feitos para cada data com comparação posterior dos seus resultados, o paradigma chamado de “*Space First*”. A partir de agora há uma mudança neste paradigma, pois a variável tempo passa a ser a mais importante, com o uso de séries temporais, chamado de “*Time First*”. Desta maneira, o mapa deixa de ser um resultado absoluto, exigindo o complemento de uma assinatura espectral-temporal de suas classes de mudança (MAUS et al., 2016).

De acordo com Banskota et al. (2014), as detecções de mudança baseadas em trajetórias utilizam padrões espectrais-temporais para identificar tipos de distúrbios e suas magnitudes. Os autores as dividem em 4 categorias: (1) Baseada em limiares, (2) Simples ajuste da curva, (3) Curva hipotética e (4) segmentação da trajetória. A categoria 1 exige como pré-requisito um limiar que configure mudanças florestais. Já as categorias 2, 3 e 4 geram suas próprias trajetórias estimando os limiares com base nas informações da série temporal.

Condizente com o novo paradigma vigente (*time-first*), Kennedy et al. (2010) automatizaram o processo de detecção de distúrbios em áreas florestadas para grandes séries temporais com a implantação do pacote de algoritmos LandTrendr, desenvolvido pelos autores, que permite obter o grau de degradação de uma paisagem, além de detectar distúrbios e recuperações na vegetação.

O *LandTrendr* (*Landsat-based Detection of Trends in Disturbance and Recovery*) é um pacote de algoritmos de detecção de mudanças baseado em pixels, desenvolvido por Kennedy et al. (2010), que objetiva gerar trajetórias espectro-temporais que expressam os eventos ocorridos no *pixel* no decorrer do tempo, resumidamente em três fases: pré-processamento, segmentação temporal e classificação das trajetórias. Além de estar disponível gratuitamente à comunidade científica no portal eletrônico da Universidade

*Weckmüller et al, Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos Landtrendr*

de Oregon (<http://landtrendr.forestry.oregonstate.edu/>), dispõe de um documento de guia do usuário que detalha bem toda a organização de pastas, processamento de dados de entrada e execução do algoritmo, no *software Envi IDL*.

As trajetórias espectro-temporais expressam a sucessão de eventos ocorridos com a cobertura florestal, enquanto que os segmentos que compõem as trajetórias expressam momentos críticos da mudança da cobertura florestal. O termo momento crítico é adotado para o segmento da trajetória que expressa remoção de florestas (distúrbio) ou por segmento que expressa sucessão primária e secundária (recuperação). Desta forma, a trajetória espectro-temporal é definida por uma sequência de segmentos, cada qual formado por dois vértices, ligados por uma reta que generalizam e/ou simplificam as assinaturas espectrais temporais de mudanças florestais, sejam elas desmatamentos ou regenerações (FRAGAL et al., 2016; KENNEDY et al., 2010; WECKMÜLLER, 2018).

Este é o processo que Kennedy et al. (2010) definiram como segmentação temporal. Os segmentos podem ser baseados em diferentes descritores, como a reflectância de superfície de faixas espectrais (bandas), ou em índices que resultem da operação entre estas bandas, tais como o NDVI e o NBR, ou em imagens resultantes da transformação *Tasseled Cap* (*brightness, greenness e wetness*).

Pesquisas anteriores indicaram que o descritor NBR é muito efetivo para a segmentação temporal efetiva de mudanças florestais (KENNEDY et al., 2010; KENNEDY et al., 2012; GRIFFITHS et al., 2012). Alguns trabalhos destacam que o *wetness* tem um potencial parecido com o NBR em detectar mudanças florestais (COHEN et al., 2010; KENNEDY et al., 2012). Porém Fragal et al. (2016), através de amostras e análise de curvas espectrais temporais, apontou para a ineficiência deste descritor em detectar trajetórias em florestas equatoriais, como a Amazônia.

Sendo assim, este trabalho objetiva comparar cinco descritores de segmentação temporal do *LandTrendr* (Banda 5, *Greenness*, NBR, NDVI e *Wetness*) na detecção de mudanças florestais em ambiente tropical. Para tal, será realizado um teste de *McNemar*, uma análise estatística das curvas espectro-temporais de amostras de trajetórias previamente conhecidas, além de validação dos mapeamentos por índice

*Weckmüller et al., Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos Landtrendr*

$\kappa$  associado à análise da matriz de confusão entre as classes de trajetórias, para entender o comportamento dos erros de comissão e omissão. A área de estudo para aplicação da metodologia corresponde à parte da cena 217/076 do satélite *Landsat*, que engloba parte da área metropolitana do estado do Rio de Janeiro (Figura 1). A escolha desta área justifica-se pelo dinamismo da mesma nos últimos 30 anos.

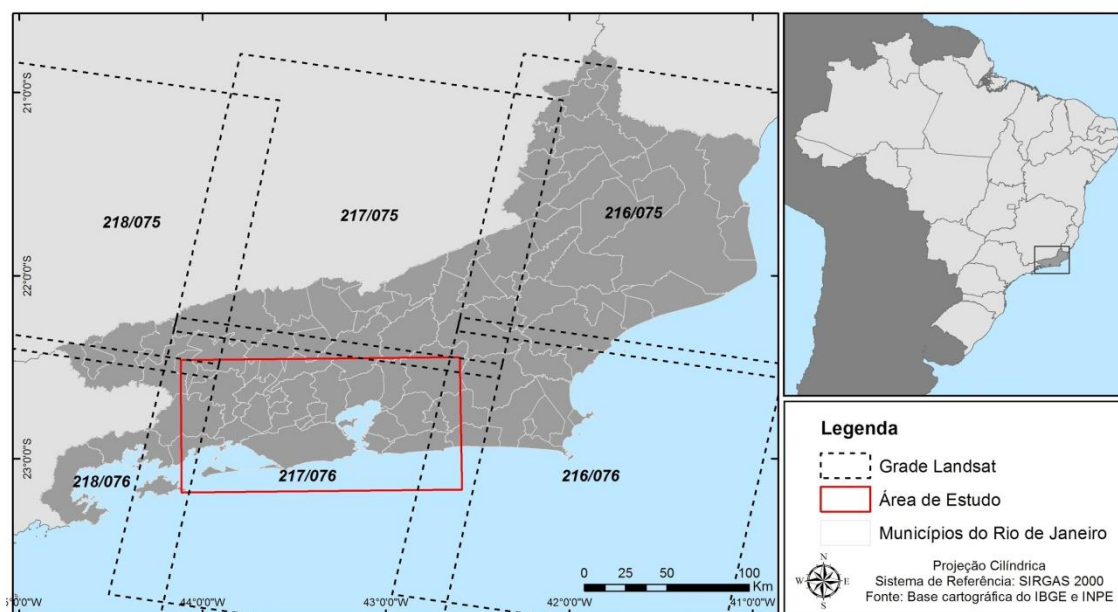


Figura 1. Área de estudo para aplicação da metodologia.

## Material

Para o presente trabalho foram utilizadas imagens *Landsat*, dos sensores TM e OLI. Estas foram adquiridas gratuitamente junto ao portal do USGS (*United States Geological Survey*, portal: <http://earthexplorer.usgs.gov/>), na forma do produto *Landsat Surface Reflectance Climate Data Record* (CDR). O produto CDR disponibiliza imagens ortorretificadas e corrigidas quanto à atmosfera.

A correção atmosférica é realizada por meio do modelo de transferência radiativa *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum* (6S) para gerar imagens em reflectância de superfície (bandas 1 a 5 e 7) e imagem de temperatura de brilho (banda 6). Os valores de reflectância de superfície de cada *pixel* da imagem é multiplicado por 10000. Além disso, as bases vetoriais utilizadas (limites políticos estaduais e municipais) são provenientes do IBGE.

*Weckmüller et al, Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos Landtrendr*

## Métodos

### *Segmentação temporal do LandTrendr*

O primeiro algoritmo do pacote *LandTrendr* é o de segmentação temporal, que ajusta a curva espectral das trajetórias em segmentos. A escolha do descritor e uma configuração dos parâmetros adaptadas à realidade da área de estudo é fundamental para a execução do algoritmo subsequente, que classifica as trajetórias.

Fragal et al. (2016) aponta, após uma série de testes, que os principais parâmetros que influenciam na qualidade da segmentação temporal são: *kernel size*, *pval* e *max segments*. Os autores testaram diferentes valores para estes três parâmetros. O *kernel size* pode variar entre 1x1, 3x3 e 5x5. A janela 1x1 aumenta o número de falsas mudanças, devido à geração de segmentos ruidosos no ajuste das trajetórias espectral, enquanto que em contrapartida a janela 5x5, por ter uma grande dimensão espacial (25 pixels), suaviza as trajetórias, omitindo eventos ocorridos com a cobertura florestal. O parâmetro *max segments* pode variar entre 2, 6 e 8. Indicações de Kennedy et al. (2010) para grande séries temporais, corroboradas por Fragal et al. (2016), atestam que o valor 2 suaviza e o valor 8 superdimensiona as mudanças. Por fim, no parâmetro *pval*, que pode variar entre 0.05, 0.2 e 0.4, os autores não encontraram grandes influências no ajuste das trajetórias, optando pelo *default* do algoritmo (0.05).

Desta maneira, seguindo orientações de Fragal et al. (2016) e Weckmüller (2018) os parâmetros escolhidos para a execução do algoritmo de segmentação temporal são: *kernel size* = 3x3, *max segments* = 3 e *pval* = 0.05. Resta agora testar qual o melhor descritor que descreva os eventos de distúrbios e recuperações ocorridos na cobertura florestal do estado do Rio de Janeiro.

### *Escolha do melhor descritor*

Escolher um descritor que tenha a capacidade de representar todos os eventos ocorridos numa cobertura florestal, com a maior acurácia possível, é fundamental para uma boa detecção de mudanças, e ao mesmo tempo, é um grande desafio. Nesse sentido foram escolhidos cinco descritores presentes nos algoritmos *LandTrendr* (Banda

*Weckmüller et al, Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos Landtrendr*

5, *Greenness*, NBR, NDVI e *Wetness*) para avaliar qual melhor descreve as trajetórias de florestas tropicais. Para tal, levou-se em conta suas curvas espectro-temporais após o processo de segmentação temporal, além do índice kappa associado à análise da matriz de confusão no processo de classificação das trajetórias.

A banda 5 (infravermelho médio) foi escolhida com base em Kennedy et al. (2007) e seu algoritmo *mpfit* (predecessor do *LandTrendr*), que apontou a importância desta faixa espectral para detecção de mudanças em floresta. O *Greenness* representa o verdor da vegetação, quanto maior a biomassa mais brilhante é o pixel, por isso, tem-se uma expectativa quanto ao seu desempenho. Já o NDVI, de acordo com Jensen (2007), é um índice consagrado em estudos de vegetação, pois além de ser sensível a mudanças no dossel florestal, a razão entre bandas proporciona uma redução de muitas formas de ruídos, como algumas variações topográficas e de iluminação solar, por exemplo. O NBR, de acordo com Cohen et al. (2010), aproveitam as vantagens entre a reflectância do infravermelho próximo e médio, sendo uma vantagem para mapear vegetações. Griffith et al. (2012) acrescentam que o NBR é um ótimo índice para detectar distúrbios em florestas temperadas. Já o *Wetness*, uma combinação linear de seis bandas espectrais *Landsat*, é um índice bem estabelecido nos estudos vegetacionais realizados por Cohen et al., (2010).

Para avaliar o desempenho destes descritores foram coletadas amostras (pelo menos 30 *pixels*) de três trajetórias evolutivas previamente conhecidas na paisagem. O objetivo é comparar as curvas destas trajetórias em todos os descritores. Para tal, foi gerado um gráfico para cada trajetória em cada descritor, com medidas estatísticas de tendência, acrescidas do valor máximo e mínimo dos conjuntos amostrais. Estas amostras também serviram de base para a definição dos parâmetros que definem os limiares de distúrbios e recuperações utilizados pelo algoritmo *labelfit*, que faz parte do *LandTrendr*, e executa o processo de classificação das trajetórias.

#### *Validação*

A avaliação do desempenho destes descritores será dividida em três etapas: (1) teste de *McNemar* (MCNEMAR, 1947), um teste estatístico normal padronizado não paramétrico

*Weckmüller et al, Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos Landtrendr*

que avalia a significância estatística das diferenças entre duas classificações, baseando-se em matrizes de confusão com a distinção binária entre a alocação das classes corretamente ou incorretamente (FOODY, 2004). Neste teste, a hipótese inicial ou nula é de que todos os descritores são iguais, para tal, basta que o *p value* seja maior que 0.05. Caso este valor seja menor que 0.05, a hipótese alternativa é considerada, ou seja, os descritores são estatisticamente diferentes. (2) *plotbox* estatístico, um gráfico para cada trajetória em cada descritor, com a curva espectral temporal de mudanças conhecidas na paisagem acrescidas de medidas estatísticas de tendência, valor máximo e mínimo dos conjuntos amostrais; (3) índice *kappa* das classificações de trajetórias, associado à análise da matriz de confusão.

Para as avaliações 1 e 3 foi desenvolvida a chamada verdade de campo, uma classificação visual utilizando a própria série temporal, que detectou trajetórias de desmatamento e regeneração na área de estudo. Para a avaliação 2 foram coletadas amostras (pelo menos 30 pixels) de três trajetórias evolutivas previamente conhecidas na paisagem, a saber: desmatamento para pasto, queimada seguida de regeneração e área sem mudanças; com o objetivo de comparar as curvas destas trajetórias nos cinco descritores.

A construção da verdade se baseou na classificação visual de objetos gerados por segmentação multitemporal. Devido à confusão e ao esforço computacional de se utilizar todas as bandas espectrais no processo de segmentação, imagens mudanças das bandas 4 e 5 (no caso das imagens Oli as bandas 5 e 6 foram renomeadas para 4 e 5) de toda a série temporal foram utilizadas para a segmentação, configurando uma associação entre classificação baseada em pixels e em objetos, ou seja, uma detecção de mudanças híbrida, de acordo com Weckmüller e Vicens (2016).

Como imagem mudança foi utilizado o coeficiente de variação (CV), obtido através da divisão do desvio padrão pela média aritmética. O CV dá uma ideia de regularidade ou homogeneidade das amostras, pois mostra a variação entre as médias. Quando maior o CV de uma banda ao longo da série, maior a probabilidade de representar uma mudança na paisagem. Para facilitar a compreensão dos dados o CV foi multiplicado por 100,

*Weckmüller et al, Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos Landtrendr*

passando a ser expresso por porcentagem. A Tabela 1 apresenta todos os parâmetros de segmentação e limiares utilizados para separar as áreas invariantes, das mudanças e falsas mudanças (erros por sombra topográfica, por exemplo). Estes parâmetros foram definidos baseados em amostras de trajetórias conhecidas na paisagem e seu comportamento no CV.

Tabela 1. Parâmetros de segmentação e limiares de mudanças utilizando o coeficiente de variação das bandas 4 e 5 ao longo de toda a série temporal.

Banda	Parâmetros Segmentação (escala/forma/compacidade)	Limiares do Coeficiente de Variação (%)		
		Invariante	Mudança	Falsa Mudança
4	10 / 0.2 / 0.8	< 14.5	entre 14.5 e 40	> 40
5	10 / 0.2 / 0.8	< 10	entre 10 e 34	> 34

Esta classificação gerada por detecção de mudanças híbrida serviu de insumo para o processo de detecção visual das trajetórias, chamado também de verdade. Foram selecionados os 100 maiores polígonos de desmatamento, regeneração e áreas invariantes. Nestes 300 polígonos foram extraídos os pontos centrais de cada um deles. Estes 300 pontos, representando a verdade, foram comparados com os resultados de cada descritor gerando 5 matrizes de confusão e 5 índices *kappa*.

Todas as combinações em pares possíveis entre os erros e acertos dos descritores em relação a verdade possibilitaram realizar o teste de *McNemar*, encontrando o qui quadrado ( $\chi^2$ ) e o *p value* entre os descritores, com o objetivo de observar se há diferença estatística entre eles. Estes testes foram realizados no *software R*.

O descritor que apresentar os melhores resultados estatísticos na descrição espectral-temporal das trajetórias será escolhido para o processo de segmentação temporal dos algoritmos *LandTrendr*.

## Resultados

*Weckmüller et al, Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos Landtrendr*

Os cinco descritores foram comparados com a verdade com 100 pontos em cada uma das três classes agrupadas de trajetórias (desmatamentos, regenerações e invariantes). Os erros e acertos entre eles serviram de base para realizar o teste estatístico de *McNemar* (Tabela 2). Neste teste, o *Greenness* e o *Wetness* quando comparados tiveram um *p value* maior que 0.05 (0.25), ou seja, estatisticamente são iguais, não variando muito o resultado de um para o outro. Mesmo caso do NBR com o *Wetness*. Em todas as outras comparações foram encontradas significativas diferenças estatísticas (ou seja, *p value* menor que 0.05).

Tabela 2. Teste de McNemar entre os cruzamentos dos erros e acertos dos descritores.

<i>Combinações Descritores</i>	$\chi^2$	<i>p value</i>	<i>Hipótese</i>
B5 x <i>Greenness</i>	14,272	0,000158	Alternativa
B5 x NBR	44,853	2,12E-11	
B5 x NDVI	98,231	2,2E-16	
B5 x <i>Wetness</i>	23,753	1,1E-06	
<i>Greenness</i> x NBR	4,8981	0,02689	
<i>Greenness</i> x NDVI	44,893	2,08E-11	
<b><i>Greenness</i> x <i>Wetness</i></b>	<b>1,3203</b>	<b>0,2505</b>	<b>Nula</b>
NBR x NDVI	20,379	6,35E-06	Alternativa
<b>NBR x <i>Wetness</i></b>	<b>1,1571</b>	<b>0,2821</b>	<b>Nula</b>
NDVI x <i>Wetness</i>	27,771	1,37E-07	Alternativa

A escolha do melhor descritor depende do seu desempenho nos testes estatísticos e também em representar as curvas das trajetórias evolutivas. Analisando a área de estudo observaram-se seis trajetórias conhecidas, previamente citadas no capítulo anterior. Após a amostragem das mesmas, com pelo menos 30 pixels, as mesmas foram dispostas em gráficos com variáveis estatísticas (Figura 2).

Numa análise mais aprofundada destes gráficos, observa-se um predomínio do NDVI com os melhores resultados, ou seja, uma curva espectral temporal bem delimitada, com uma pequena caixa estatística utilizada no gráfico, que representa pouca variação

*Weckmüller et al, Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos Landtrendr*



entre os valores das amostras, sendo o descritor mais sensível em detectar trajetórias importantes na paisagem, destacando-se o desmatamento. A Banda 5 ficou um pouco abaixo, mas também com um bom desempenho; e o *Greenness* foi o descritor com os piores resultados.

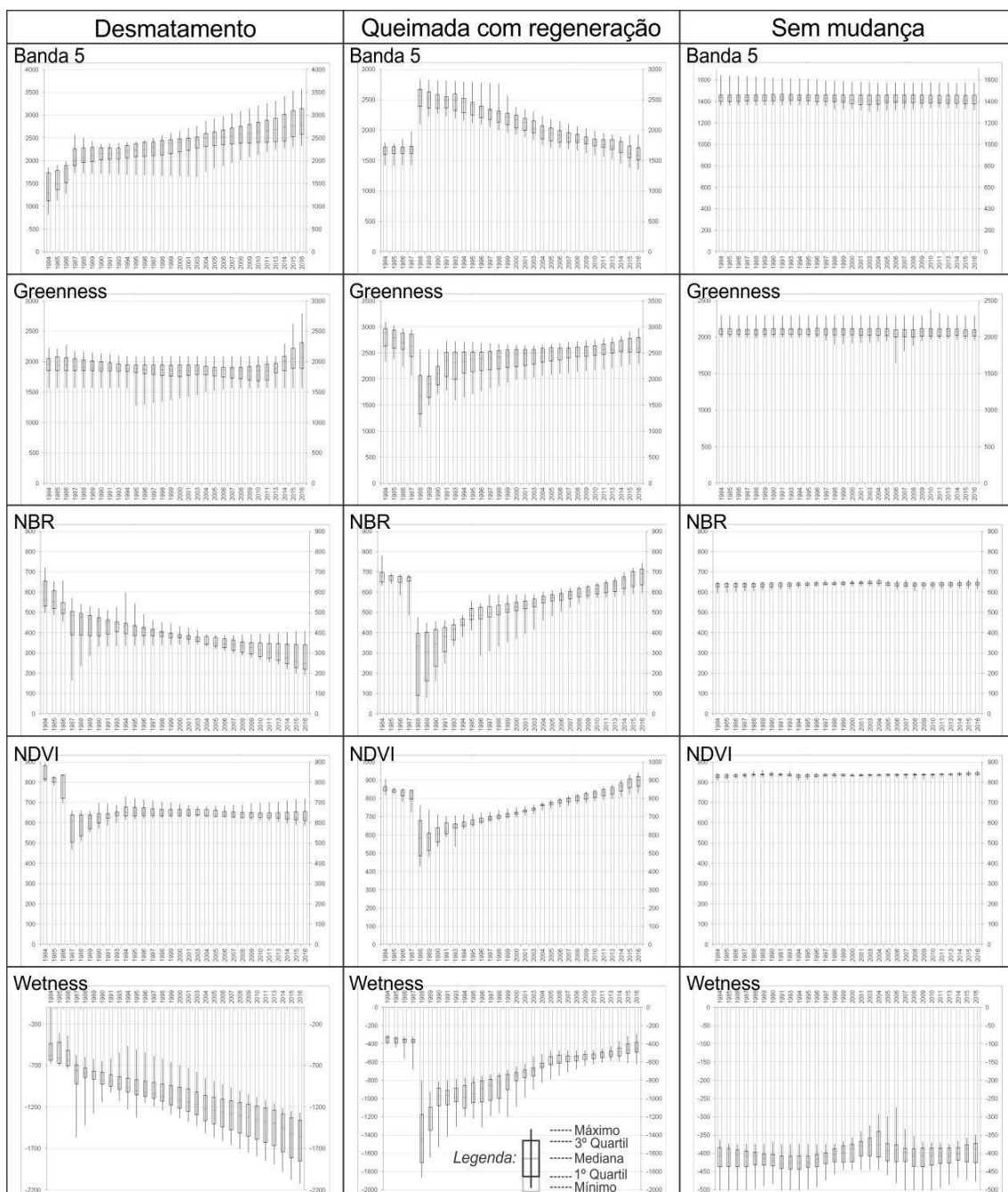


Figura 2. Gráficos com avaliação estatística das curvas das três trajetórias que foram amostradas na paisagem. No eixo y está o descritor (Banda 5, *Greenness*, NBR, NDVI e *Wetness*) e no eixo x as datas da série temporal.

*Weckmüller et al, Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos Landtrendr*

Seguindo para a última etapa de validações, a comparação de cada descritor com a verdade deu origem a uma matriz de confusão que possibilitou calcular o índice *Kappa*. O NDVI também se sobressaiu nesta análise, tendo uma classificação considerada boa (0.57), de acordo com Landis e Koch (1977), comparando com classificações consideradas razoáveis dos descritores NBR (0.33), Wetness (0.31) e Greenness (0.21); e ruim do descritor Banda 5 (0.12). A Figura 3 ilustra um pouco a diferença de comportamento entre os descritores nos ganhos e perdas florestais.

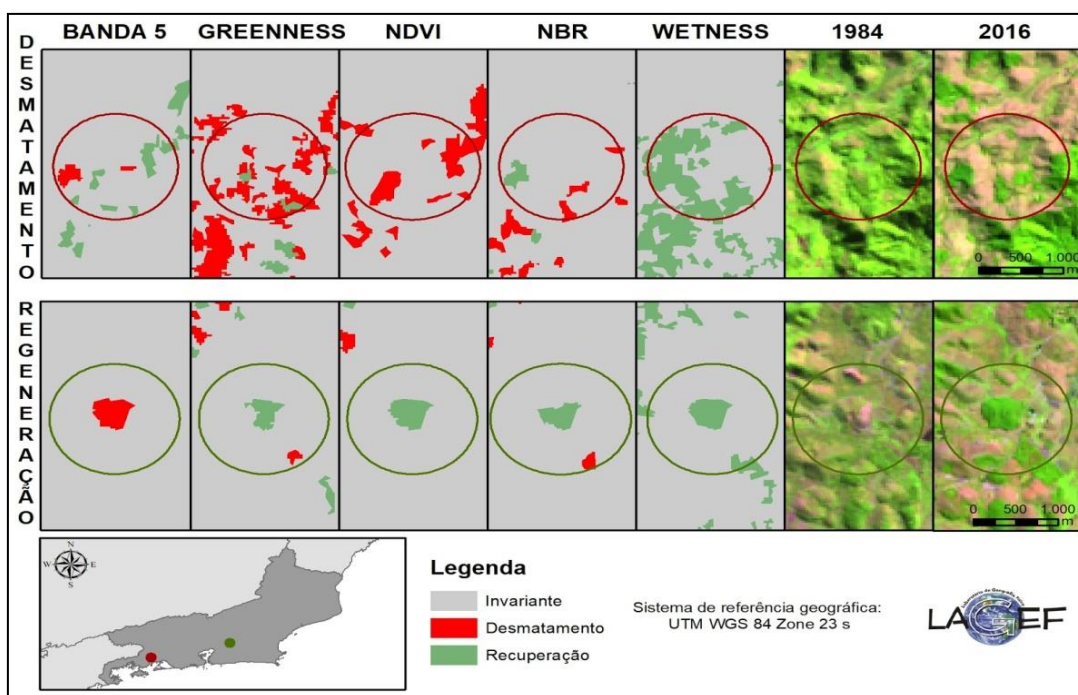


Figura 3. Comportamento dos descritores em áreas de perda e de ganho florestal.

Vale lembrar que os 100 pontos de cada grupo de trajetórias utilizados para validar os descritores foram os mesmos, não só com o objetivo de realizar o teste de *McNemar*, mas também melhor compará-los quanto aos seus erros. A Figura 4 apresenta as matrizes de confusão de cada um dos descritores, com seus respectivos erros de omissão, erros de comissão e as exatidões globais.

Quanto aos erros de omissão, ou seja, da classificação, o NDVI obteve a menor porcentagem na classe de desmatamento e na invariância de coberturas florestais. Já o

*Weckmüller et al, Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos Landtrendr*

Wetness foi o descritor que obteve a menor taxa de omissão nas recuperações de floresta. O NBR obteve seu pior resultado de omissão nos desmatamentos, o que com certeza foi o responsável por diminuir seu *Kappa*. Já os outros três descritores obtiveram uma taxa de omissão maior que 50% nas classes de mudanças florestais.

Quanto aos erros de comissão, ou seja, do modelo, o NDVI obteve a menor porcentagem em todas as classes, com destaque para as mudanças permanentes, em que os erros de comissão foram menores que 5%. De todos os outros modelos, o descritor Banda 5 é aquele que precisa de mais ajuste nos parâmetros, pois errou mais de 70% nas classes de mudanças florestais.

BANDA 5						GREENNESS					
Classes	Desm	Recup	Invariante	Total	Omissão (%)	Classes	Desm	Recup	Invariante	Total	Omissão (%)
Desm	11	37	52	100	89	Desm	38	16	46	100	62
Recup	43	15	42	100	85	Recup	5	24	71	100	76
Invariante	1	2	97	100	3	Invariante	15	5	80	100	20
Soma Colunas	55	54	191	300		Soma Colunas	58	45	197	300	
Comissão (%)	80	72	49			Comissão (%)	34	47	59		
NBR						NDVI					
Classes	Desm	Recup	Invariante	Total	Omissão (%)	Classes	Desm	Recup	Invariante	Total	Omissão (%)
Desm	19	13	68	100	81	Desm	56	1	43	100	44
Recup	3	54	43	100	46	Recup	2	58	40	100	42
Invariante	4	3	93	100	7	Invariante	0	0	100	100	0
Soma Colunas	26	70	204	300		Soma Colunas	58	59	183	300	
Comissão (%)	27	23	54			Comissão (%)	3	2	45		
WETNESS						EXATIDÃO GLOBAL					
Classes	Desm	Recup	Invariante	Total	Omissão (%)	Banda 5) 41%		Greenness) 48%			
Desm	5	45	50	100	95	NBR) 56%		NDVI) 72%			
Recup	2	78	20	100	22	Wetness) 54%					
Invariante	0	22	78	100	22						
Soma Colunas	7	145	148	300							
Comissão (%)	29	46	47								

Figura 4. Matrizes de confusão dos cinco descritores utilizados em comparação com a verdade, com seus respectivos erros de omissão e comissão.

Desta maneira, o NDVI é o descritor escolhido para o processo de segmentação temporal do *LandTrendr*, por se apresentar como o mais sensível na representação das curvas espectrais temporais das trajetórias, com a melhor acurácia nas classes propostas.

## Considerações Finais

Os algoritmos *LandTrendr* se apresentaram como uma eficiente ferramenta para detecção e caracterização de eventos de perda e desenvolvimento de cobertura vegetal numa área de floresta tropical. Além do baixo custo e da automatização do processo de estudo de trajetórias evolutivas, o algoritmo se configurou como um importante instrumento para o planejamento ambiental, uma vez que gerou informações anuais de regeneração e supressão da vegetação.

O Teste de *McNemar* evidenciou a diferença estatística entre a maioria dos descritores. O índice *Kappa* associado à análise da matriz de confusão possibilitou entender a distribuição dos erros de omissão e comissão entre os descritores.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Geografia Física (LAGEF), da Universidade Federal Fluminense (UFF); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo apoio a esta pesquisa.

## Referências Bibliográficas

- BANSKOTA, A.; KAYASTHA, N.; FALKOWSKI, M.J.; WULDER, M.A.; FROESE, R.E.; WHITE, J.C. *Forest Monitoring Using Landsat Time Series Data: A Review*. Canadian Journal of Remote Sensing, v. 40 n. 5, pp.362-384, 2014.
- CÂMARA, G.; MACIEL, A.; MAUS, V.; VINHAS, L.; SANCHEZ, A. *Using dynamic geospatial ontologies to support information extraction from big Earth observation data sets*. GIScience 2016 Conference, Montreal, Canada, 2016.
- CHEN, G.; HAY, G.J.; CARVALHO, L.M.T.; WULDER, M.A. *Object based change detection*. International Journal of Remote Sensing, v. 33 n. 14, pp.4434-4457, 2012.
- COHEN, W.B.; YANG, Z.; KENNEDY, R.E. *Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 2. TimeSync - Tools for calibration and validation*. Remote Sensing of Environment, v. 114, pp. 2911-2924, 2010.

*Weckmüller et all, Escolha do melhor descritor para a detecção de trajetórias em florestas tropicais utilizando os algoritmos Landtrendr*

- CONGALTON, R.G. *A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data*. Remote Sensing of Environment, v. 37, pp. 35-76, 1991.
- FOODY, G.M. *Thematic Map Comparison : Evaluating the Statistical Significance of Differences in Classification Accuracy*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v. 70 n. 5, pp. 627-633, 2004.
- FRAGAL, E.H.; SILVA, T.S.F.; NOVO, E.M.L.M. *Reconstructing historical forest cover change in the Lower Amazon floodplains using the LandTrendr algorithm*. Acta Amazonica, v. 46, n. 1, pp. 13-24, 2016.
- GRIFFITHS, P; KUEMMERLE, T; KENNEDY, R.E; ABRUDAN, I.V; KNORN, J; HOSTERT, P. *Using annual time-series of Landsat images to assess the effects of forest restitution in post-socialist Romania*. Remote Sensing of Environment, v. 118, pp. 199-214, 2012.
- JENSEN, J.R. *Remote Sensing of Environment*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 648 p, 2007.
- JIANYA, G.; HAIGANG, S.; GUORUI, M.; QIMING, Z. *A Review of Multi-Temporal Remote Sensing Data Change Detection Algorithms*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing, China, 2008.
- KENNEDY, R.E.; COHEN, W.B.; SCHROEDER, T.A. *Trajectory-based change detection for automated characterization of forest disturbance dynamics*. Remote Sensing of Environment, v. 110, pp. 370-386, 2007.
- KENNEDY, R.E.; YANG, Z.; COHEN, W.B. *Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr - Temporal segmentation algorithms*. Remote Sensing of Environment, v. 114, pp. 2897-2910, 2010.
- KENNEDY, R.E.; YANG, Z.; COHEN, W.B.; PFAFF, E.; BRAATEN, J.; NELSON, P. *Spatial and temporal patterns of forest disturbance and regrowth within the area of the Northwest Forest*. Remote Sensing of Environment, v. 122, pp. 117-133, 2012.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. *The measurement of observer agreement for categorical data*. Biometrics, v. 33, pp.159-174, 1977.
- LU, D.; LI, G.; MORAN, E. *Current situation and needs of change detection techniques*. International Journal of Image and Data Fusion, v. 5, n. 1, pp. 13-38, 2014.
- LU, D.; MAUSEL, P.; BRONDIZIO, E.; MORAN, E. *Change detection techniques*. International Journal of Remote Sensing, v. 25 n. 12, pp. 2365-2407, 2004.
- MAUS, V.; CÂMARA, G.; CARTAXO, R.; SANCHEZ, A.; RAMOS, M.; QUEIROZ, G.R. *A Time-Weighted Dynamic Time Warping Method for Land-Use and Land-Cover Mapping*. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, v. 9, n. 8, pp. 3729-3739, 2016.
- MCNEMAR, Q. *Note on the sampling error the difference between correlated proportions or porcentages*. Psychometria, v. 12, n. 2, pp. 153-157, 1947.

WECKMÜLLER, R.; VICENS, R.S. *Método híbrido de detecção de mudanças: uma associação entre classificação baseada em objetos e baseada em pixels*. Revista Brasileira de Cartografia, v. 68 n. 05, p. 883-899, 2016.

WECKMÜLLER, R. *Trajetórias evolutivas das coberturas florestais do estado do Rio de Janeiro utilizando os algoritmos LandTrendr*. Disponível em: <https://goo.gl/9KuJnK>. POSGEO, Tese de Doutorado em Geografia, UFF. Niterói, RJ, 123 p., 2018.

**Data de Submissão: 02/11/2018**

**Data da Avaliação: 10/12/2018**

## ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE DESLIZAMENTOS NO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS (RJ) ENTRE 1940 A 2015.

Andressa Karen da Silva Nemirovsky<sup>1</sup>

Luciana Viana Neves<sup>2</sup>

Manoel do Couto Fernandes<sup>3</sup>

85

**Resumo.** O município de Petrópolis apresenta um histórico de desastres naturais relacionados a deslizamentos que desencadeiam danos ambientais e sociais. Neste contexto, com base em um banco de dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), e dados levantados pelo Laboratório de Cartografia da UFRJ (GeoCart), seguindo os mesmos procedimentos realizados pelo IPT, o presente trabalho faz a análise espacial dos deslizamentos ocorridos no município para o período de 1940 a 2015, utilizando o estimador de intensidade Kernel. Os resultados apontam que a maior concentração dos eventos de deslizamentos se encontra nas áreas do Centro Histórico e Alto da Serra.

**Palavras-chave:** Deslizamento; Análise Espacial; Kernel Density; Petrópolis; Desastres naturais.

### ANALYSIS OF THE SPACE DISTRIBUTION OF SLIDES IN THE MUNICIPALITY OF PETRÓPOLIS (RJ) FROM 1940 TO 2015.

**Abstract.** The municipality of Petrópolis presents a history of natural disasters related to landslides that trigger environmental and social damages. In this context, based on a database of the Technological Research Institute (IPT), and data collected by the Cartography Laboratory of the UFRJ (GeoCart), following the same procedures performed by the IPT, the present work makes the spatial analysis of the landslides in the municipality for the period from 1940 to 2015, using the Kernel intensity estimator. The results showed that the greatest concentration of landslide events is found in the Centro Histórico and Alto da Serra areas.

---

<sup>1</sup> Mestranda, Universidade Federal do Rio de Janeiro – Departamento de Geografia, andressakne@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutoranda, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Departamento de Geografia, ciana.vn@gmail.com.

<sup>3</sup> Professor Associado, Universidade Federal do Rio de Janeiro – Departamento de Geografia, manoel.fernandes@ufrj.br.

**Keywords:** Landslides; Spatial Analysis; Kernel Density; Petrópolis; natural disasters.

**ANALYSE DE DISTRIBUTION SPATIALE DE GLISSEMENTS DE TERRAIN  
DANS LA MUNICIPALITÉ DE PETRÓPOLIS (RJ) ENTRE 1940 ET 2015.**

**Résumé.** La municipalité de Petrópolis présente un historique des catastrophes naturelles liées aux glissements de terrain qui provoquent des dommages environnementaux et sociaux. Dans ce contexte, sur la base d'une base de données de Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), et données collectées par le Laboratório de Cartografia da UFRJ (GeoCart), en suivant les mêmes procédures effectuées par IPT, le présent travail effectue une analyse spatiale des glissements de terrain survenus dans la municipalité pour la période allant de 1940 à 2015, en utilisant l'estimateur d'intensité du Kernel. Les résultats indiquent que la plus grande concentration d'événements de glissements de terrain se trouve dans les zones du Centro Histórico et Alto da Serra.

**Mots-clés:** Glissements de terrain; analyse spatiale; intensité du Kernel; Petrópolis; catastrophes naturelles.

**Introdução: do planejamento urbanístico, problemas ambientais e uso de geotecnologias**

O processo de ocupação do município de Petrópolis está associado a interesses econômicos da coroa portuguesa na extração e no escoamento seguro do ouro entre a Capitania de Minas Gerais e o porto do Rio de Janeiro. O atual município se encontra no caminho que encurtava a distância entre as duas capitanias, em cerca de 4 a 5 dias de viagem, além de ser menos íngreme e perigoso (RABAÇO, 1985; LAETA & FERNANDES, 2015; NEVES, 2017).

Neste contexto, Petrópolis surge mediante a um planejamento urbanístico conhecido como plano "Povoação-Palácio de Verão" ou Plano Koeler, que foi a base para a ocupação do atual município, dando origem ao decreto imperial nº 155, assinado em 16 de março de 1843 (RABAÇO, 1985). O plano visava a ocupação dos vales ao longo do rio Piabanha e seus afluentes, com as frentes das casas voltadas para o rio, arborização de ruas e praças, canalização de rios e arborização de suas margens. Com isso, pretendia evitar o esgotamento dos recursos hídricos e os deslizamentos das encostas

Nemirovsky, Neves & Fernandes, *Análise da distribuição espacial de deslizamentos no município de Petrópolis (RJ) entre 1940 a 2015.*



ocasionados pelas chuvas de verão (LORDEIRO, 2000), visto que estes problemas já eram registrados desde o século XIX.

Localizado na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, o município de Petrópolis (Figura 1) abrange a escarpa e o reverso da Serra do Mar. Possui uma área de 795,871 km<sup>2</sup>, com aproximadamente 858 metros de altitude e 298.235 habitantes (estimativa do IBGE para 2017). Além disso, é dividido em cinco distritos, a saber, Petrópolis, Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e Posse. É no primeiro distrito (Petrópolis) que se encontra a área gênese do município, a área contemplada pela Planta Koeler (GUERRA *et al.*, 2007).

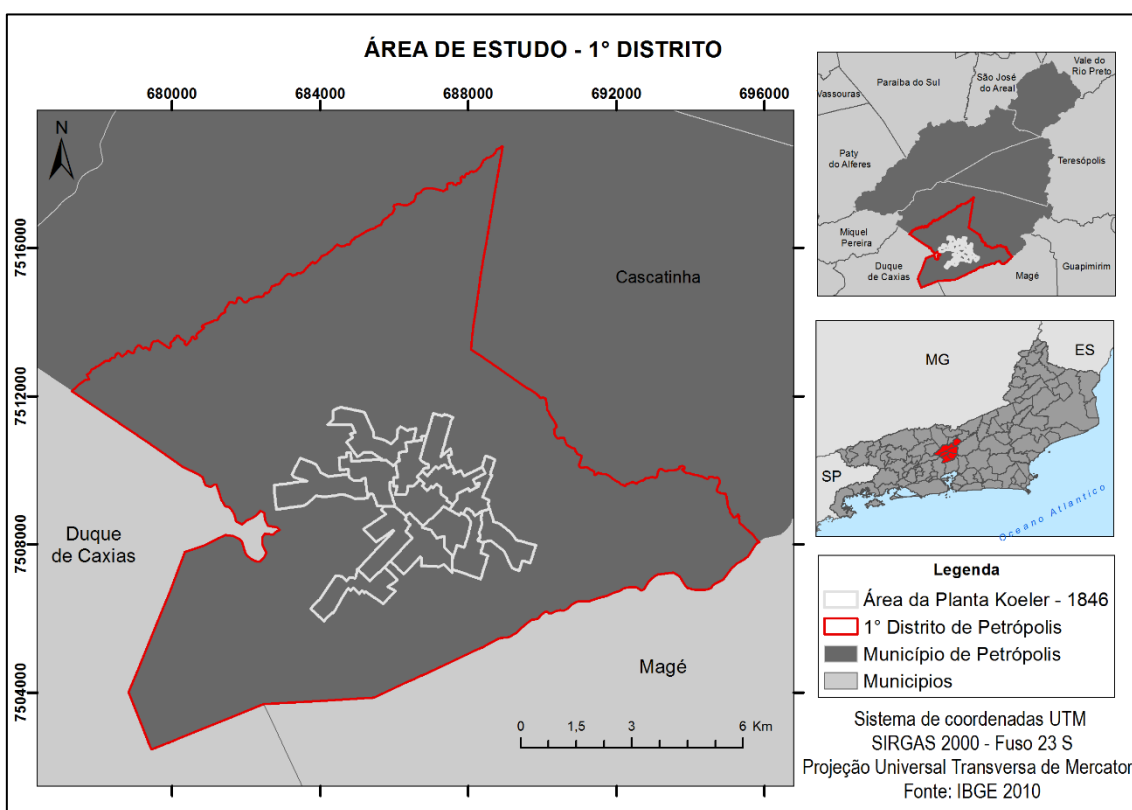


Figura 1: Localização do município de Petrópolis – RJ.

De acordo com Lopes (2003) e Guerra *et al.*, (2007), o primeiro distrito possui um relevo mais acidentado, por causa do processo de intemperismo. A área de estudo possui solos profundos, serras escarpadas, serras isoladas e locais, colinas e morros. É caracterizada pelo bioma Mata Atlântica, que se encontra com a vegetação nativa reduzida em cerca de 22%. O desmatamento da floresta otimiza os processos erosivos e os movimentos de massa catastróficos. Atualmente, observa-se nas reservas e parques pequenos trechos com predomínio da vegetação secundária, devido ao aumento da concentração urbana

Nemirovsky, Neves & Fernandes, *Análise da distribuição espacial de deslizamentos no município de Petrópolis (RJ) entre 1940 a 2015.*

na área do primeiro distrito, além da falta de planejamento e fiscalização por parte da prefeitura (GUERRA *et al.*, 2007).

Em virtude da sua posição topográfica e latitudinal, o município é caracterizado com o clima tropical mesotérmico brando superúmido marcando duas estações, invernos secos, verões quentes e chuvosos. Também, apresenta um regime de chuvas anual de aproximadamente 2.272,9 mm, concentradas principalmente entre os meses de novembro e março (NIMER, 1989). Esta elevada precipitação contribui com a saturação do solo e, conseqüentemente, com o aumento da suscetibilidade de ocorrer movimentos de massa.

Diante do exposto, observa-se o aumento das ocorrências de desastres naturais, relacionados aos movimentos gravitacionais de massa, principalmente na área gênese do município, devido a crescente ocupação de encostas, além de outras intervenções antrópicas, como desmatamentos, cortes sem um estudo e planejamento prévio, ou criação de políticas públicas (FERNANDES & AMARAL, 2000; TOMINAGA *et al.*, 2009; AMBROZIO, 2013).

Em vista de minimizar este problema, o uso do geoprocessamento, como um importante conjunto de geotecnologias, vem sendo empregado em diversas áreas, como nas análises geoecológicas, análise de recursos naturais, no planejamento urbano e regional, pois ele tem a capacidade de armazenar, organizar, manipular e fazer a análise espacial e integrativa de um grande volume de dados complexos em uma única base de dados de informação espacial, dando subsídio para a tomada de decisão, bem como entender o relacionamento espacial entre os diferentes tipos de variáveis (CARVALHO & SANTOS, 2000; CÂMARA *et al.*, 2001 & 2004; MENEZES & FERNANDES, 2013).

Neste trabalho, o geoprocessamento será utilizado para inferir as áreas que apresentam uma maior concentração de registros de desastres naturais relacionados a deslizamentos.

#### **Metodologia: Os processos que foram utilizados para chegar ao resultado final**

O trabalho foi elaborado ao longo de três etapas, conforme pode ser observado na Figura 2 abaixo.

Nemirovsky, Neves & Fernandes, *Análise da distribuição espacial de deslizamentos no município de Petrópolis (RJ) entre 1940 a 2015.*

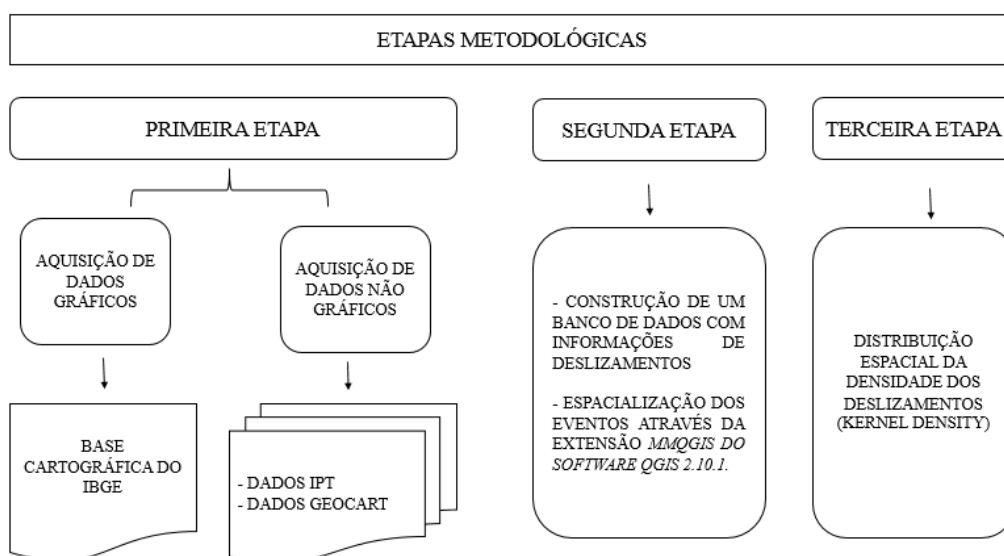


Figura 2. Etapas metodológicas do trabalho.

A primeira etapa do trabalho consistiu na aquisição de dados não gráficos e gráficos. A aquisição de dados não gráficos fora feita a partir de um banco de dados pré-existente de escorregamento referente à cidade de Petrópolis catalogado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em 1991, com registros de deslizamentos ocorridos no período de 1938 a 1989, que foram cedidos pelo Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos (LAGESOLOS) da UFRJ. Além destes dados, a série temporal até o ano de 2015 foi completada com o levantamento realizado por Neves (2017), vinculada ao Laboratório de Cartografia da UFRJ (GeoCart), seguindo metodologia semelhante a utilizada pelo IPT.

Para os dados gráficos, foi utilizada a base cartográfica do IBGE de 2010, que se encontra na escala 1:250.000 e contempla os limites dos municípios, distritos e bairros do estado do Rio de Janeiro. Nesta, foi definida a Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), e o sistema geodésico de referência SIRGAS 2000.

A segunda etapa do trabalho, consistiu no tratamento e na organização dos dados adquiridos por meio da construção de um banco de dados, em planilha do Excel. Estes foram registrados com base em jornais locais, tanto pelo IPT (1991) como por Neves (2017). Posteriormente, os endereços dos eventos registrados foram espacializados

Nemirovsky, Neves & Fernandes, *Análise da distribuição espacial de deslizamentos no município de Petrópolis (RJ) entre 1940 a 2015.*

através da extensão MMQGIS do *Software QGIS 2.10.1.*, o qual atribuí coordenada geográfica (Longitude, Latitude) aos endereços, conferindo-lhes a característica de uma informação geoespacial (MINN, 2017). Foram identificados no município um total de 1425 eventos, reflexo de 342 dias de ocorrência de deslizamentos, dos quais, 1151 (262 dias) estão inseridos no primeiro distrito de Petrópolis.

Na terceira etapa do trabalho, foi feita a distribuição espacial da densidade dos deslizamentos com base nos produtos gerados através do uso da ferramenta *Kernel Density* do *Software ArcGis 10.1*, que calcula a densidade de feições, como ponto ou linha, a partir de um raio estabelecido em torno das feições da vizinhança.

De acordo com Câmara *et al.* (2004) e Souza *et al.* (2013), o estimador de intensidade ('Kernel'), ou a função Kernel é uma 'distribuição gaussiana, onde a medida da distância é um parâmetro da distribuição' (LONGLY *et al.*, 2015). Sendo assim, cada ponto de uma amostra N passa a ser associado a uma função kernel, que gera a partir do seu raio ou parâmetro de distância, uma área ou nuvem ('Cluster') de influência, em que a união dessas funções irá produzir uma superfície contínua de densidade, como pode ser visto na Figura 3.

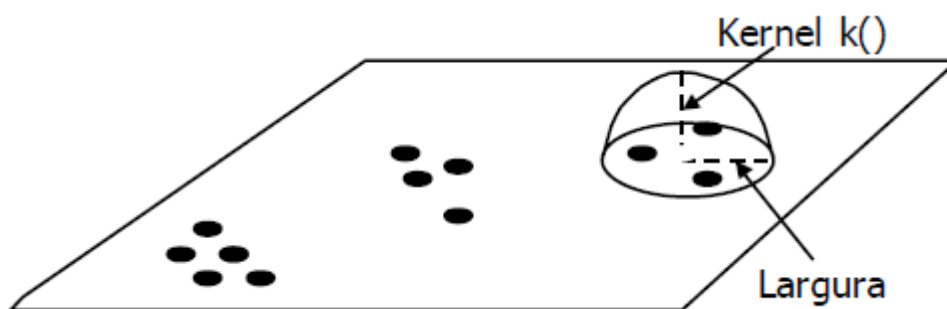


Figura 3. Exemplo de como é feito o cálculo do kernel. Onde, Kernel  $k()$  representa valor da função kernel e a Largura ao valor do raio ou parâmetro da distância. Adaptado de Câmara *et al.* (2001).

Por outro lado, há uma desvantagem quanto a dependência com o valor do raio, e em alguns casos ocorre a excessiva suavização da superfície mascarando variações de locais importantes (SILVERMAN, 1986; CÂMARA *et al.*, 2004).

Nemirovsky, Neves & Fernandes, *Análise da distribuição espacial de deslizamentos no município de Petrópolis (RJ) entre 1940 a 2015.*

Inicialmente, foi gerado um Kernel da intensidade dos eventos de deslizamentos para o município e em seguida para o primeiro distrito, depois de terem sido realizados alguns testes para inferir o tamanho do raio que seria empregado. A tabela 1 indica o valor do raio de influência aproximado e o tamanho da célula, apoiado no padrão de exatidão cartográfica (PEC).

**TABELA 1.** CARACTERÍSTICA DOS MAPAS DE KERNEL PARA CADA EVENTO.

Área	Raio (m)	Tamanho da Célula (m)
Município de Petrópolis	15.600	5
Primeiro Distrito	720	5

**Resultado: das análises espaciais feitas no município e no primeiro distrito de Petrópolis.**

Na Figura 4, é apresentado o mapa com a intensidade dos eventos de deslizamentos, do período de 1940 a 2015, para toda a área do município de Petrópolis, gerado através da ferramenta *Kernel Density* do *Software ArcGis 10.1*.

Os resultados mostraram que a alta intensidade dos eventos de deslizamentos ocorre no primeiro distrito, Petrópolis, seguido por Cascatinha, apresentando uma média intensidade e, por fim, os distritos de Itaipava, Pedro do Rio e Posse, com baixa intensidade. É importante ressaltar, que o primeiro distrito é mais urbanizado que os demais distritos do município, o que pode elevar o número de pessoas vulneráveis aos eventos de deslizamentos.

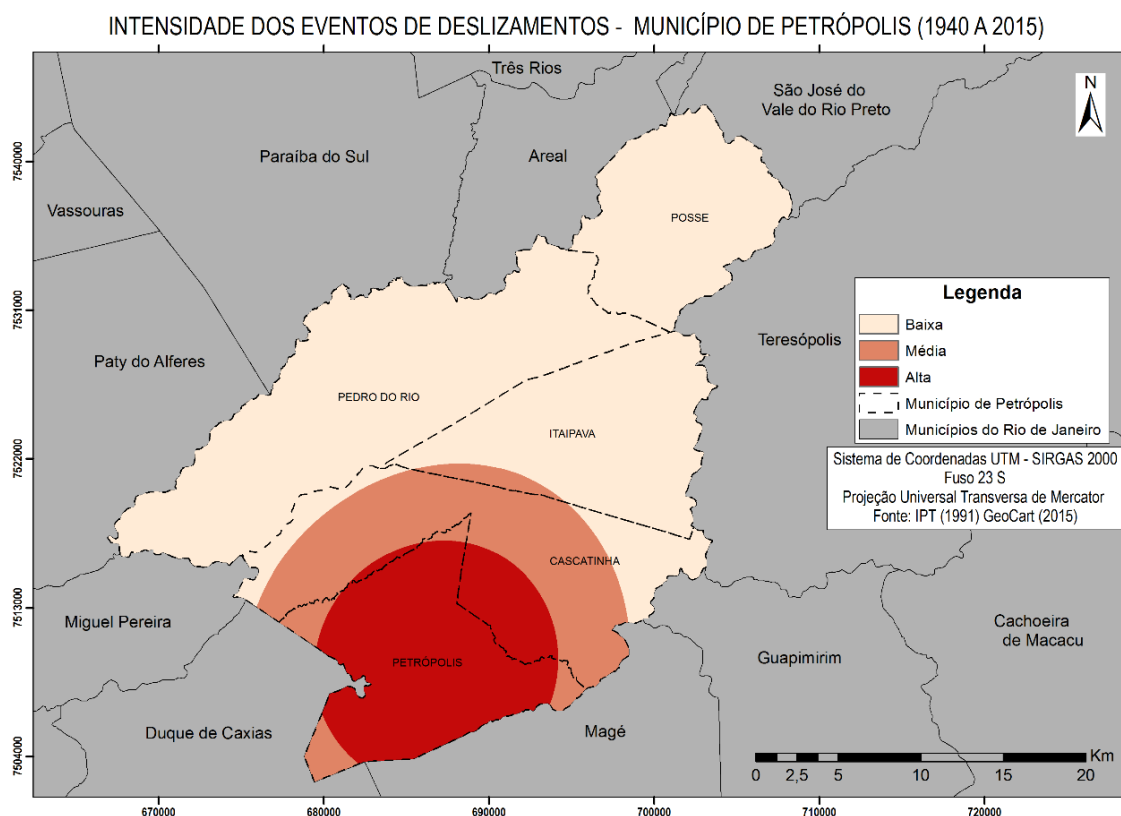


Figura 4. Mapa da intensidade de deslizamentos no município de Petrópolis no período de 1940 a 2015.

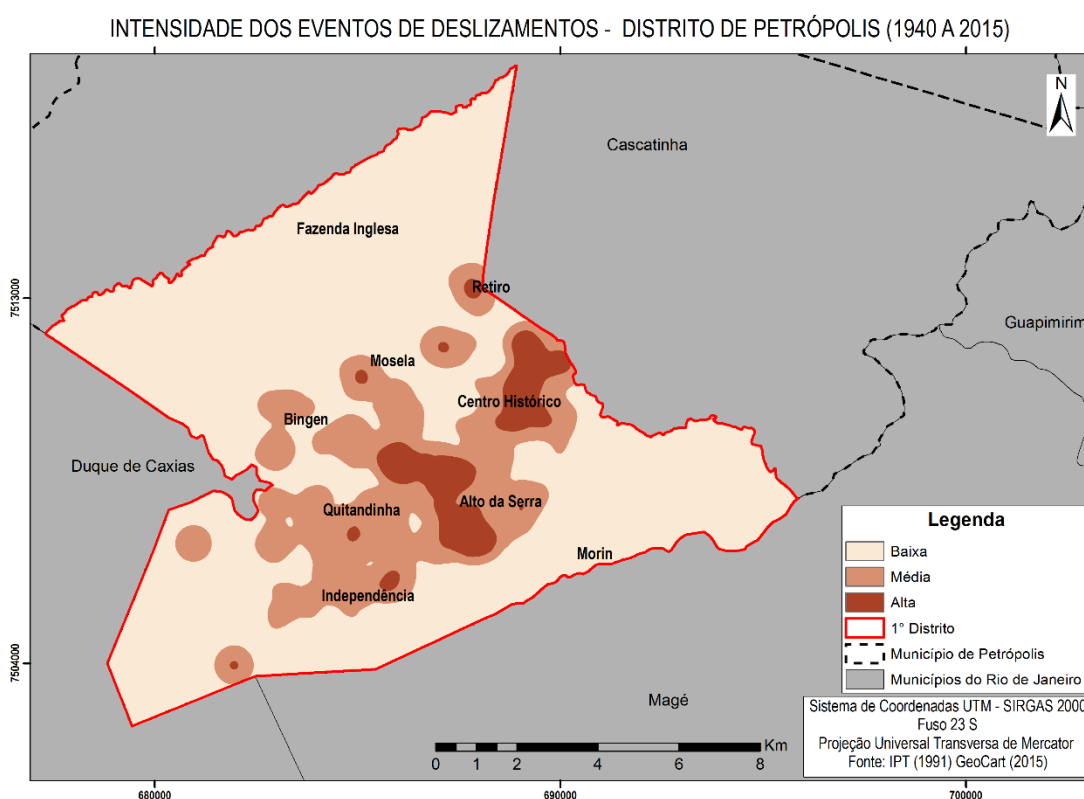
Dessa forma, a partir do mapa da Figura 4, optou-se em trabalhar apenas com o primeiro distrito, Petrópolis, dado que este concentra a maior parte das ocorrências de deslizamento. Consequentemente, fez-se uma análise da concentração dos deslizamentos para o primeiro distrito, como é exibido na Figura 5.

Nota-se que a maior parte deles ocorre principalmente no Centro Histórico e na localidade Alto da Serra, sendo assim, estas áreas foram classificadas como alta intensidade, ao passo que, nas demais localidades predominam as médias e baixas intensidades.

Ambrozio (2013) e Neves (2017) também chegaram à conclusão extraída do mapeamento de que a parte central do primeiro distrito e suas adjacências são onde tem a maior frequência desses eventos. Local, também, em que há maior concentração da população urbana do município, bem como, a construção de casas irregulares, que amplia os impactos causados pelas fortes chuvas.

Nemirovsky, Neves & Fernandes, *Análise da distribuição espacial de deslizamentos no município de Petrópolis (RJ) entre 1940 a 2015.*

Desta maneira, de acordo com Neves (2017), em sua análise espacial para os desastres naturais que ocorreram no primeiro distrito, foi apontado que 89% deles são de deslizamentos, dos quais, 83,05% ocupam a área da Planta Koeler. Planta esta que foi a base para o planejamento urbanístico da região. Destaca-se, também, em seu estudo, que 87,7% dos deslizamentos ocorreram em áreas urbanas, locais em que o índice de eficiência de drenagem é baixo em comparação com as áreas da extremidade, onde se tem um médio ou alto índice e que apresentaram pouca ou nenhuma incidência desse evento.



**Figura 4. Mapa da Intensidade dos Eventos de deslizamentos no primeiro distrito (Petrópolis), no período de 1940 a 2015.**

Nas análises feitas por Oliveira (2003), Ambrozio (2013) e Neves (2017), ressalta-se que a década de 1960, em comparação com as décadas anteriores (1940 e 1950), tem-se um aumento na ocorrência dos movimentos de massa ou deslizamentos, devido a expansão do núcleo urbano no primeiro distrito, construção de loteamentos e por causa da estreita oferta de terras urbanizadas, visto que a população queria ficar mais próxima aos locais que tem infraestrutura, comércio, atividades fabris, serviços etc. Outro fator Nemirovsky, Neves & Fernandes, *Análise da distribuição espacial de deslizamentos no município de Petrópolis (RJ) entre 1940 a 2015.*

de grande importância é a falta de atenção, do código de obras desse período, às áreas florestadas, permitindo que alguns loteamentos fossem construídos em locais de maior suscetibilidade aos perigos.

Nas décadas de 1970 e 1980, tem-se um aumento expressivo dos deslizamentos provocados pelo avanço urbano ao longo das vertentes, além de ter sido o período de maior concentração pluviométrica.

Por sua vez, na década de 90, de acordo com Ambrozio (2013) e Neves (2017), o número de casos de deslizamentos diminuem, visto que, se tem uma redução das intensidades pluviométricas, quando comparadas às décadas anteriores, e devido às políticas públicas, como obras de contenção em todo o município e campanhas educativas de prevenção aos desastres naturais. Tais medidas de prevenção que foram postas em ação, embora não tenham erradicado os desastres naturais, minimizaram seus efeitos à população.

### **Conclusões**

No decorrer deste trabalho buscou-se compreender a distribuição espacial dos deslizamentos no município de Petrópolis, principalmente em seu primeiro distrito, visto que é onde os eventos se concentram. Dessa forma, foi observado que a maior intensidade dos eventos de deslizamentos se deu no primeiro distrito e se direciona ao segundo distrito (Cascatinha), ambos os mais urbanizados do município.

Na análise feita para o primeiro distrito, observou-se que a parte central, local em que foi desenvolvido todo o planejamento urbanístico proposto pelo Major Koeler, apresentou uma maior concentração desses eventos, especialmente nas localidades Alto da Serra e o Centro Histórico devido à negligência ao padrão de ocupação implementado por Koeler.



## Referências Bibliográficas

- AMBROZIO, J. Petrópolis: O presente e o passado no espaço urbano: Uma História Territorial. 1º ed. – Rio de Janeiro: Escrita Fina, 2013. 303p.
- CÂMARA, G *et al.* Introdução à Ciência da Geoinformação. INPE, São José dos Campo, 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em 2016.
- CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S; MONTEIRO, A.M.V; DRUCK, S. Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília, EMBRAPA, 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>
- CARVALHO MS, PINA, MF, SANTOS SM. Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicada à Saúde. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde/Ministério da Saúde; 2000.
- FERNANDES, N.F & AMARAL, C.P. Movimento de Massa: Uma Abordagem Geológica-Geomorfológica. In: Geomorfologia e Meio ambiente. A.J.T. Guerra e S.B. Cunha (orgs.). Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 3º ed, 2000. 342p.
- GUERRA, A.J. T; GONÇALVES, L.F; LOPES, P.B.M. Evolução Histórica Geográfica da Ocupação Desordenada e Movimentos de Massa no Município de Petrópolis, nas Últimas Décadas. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 8, nº 1, 2007. 35-43 p.
- GUERRA, A.J.T; LOPES, P.B.M; SANTOS FILHO, R. D. DOS. Características Geográficas e Geomorfológicas da APA Petrópolis, RJ. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 8, nº 1, 2007. 77-86 p.
- LAETA, T. & FERNANDES, M.C. Cartografia Histórica de Petrópolis (RJ): Levantamento dos Documentos Cartográficos no período de 1846 a 1861. VI Simpósio Luso-Brasileiro de Cartografia Histórica. Braga, Portugal – 2015.
- LONGLEY, P. A. *et al.* Sistema e Ciência da Informação Geográfica. Tradução: André Schneider et al. 3º ed. Porto Alegre, Bookman, 2015. 560 p. Acesso: 2017.
- LOPES, M.T *et al.* Impactos Sócio-Ambientais em Edificações Populares em App no Bairro Quitandinha – Petrópolis – RJ. X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2003.
- LORDEIRO, M. de S. A Atualidade do Plano Urbanístico de Koeler. Instituto Histórico de Petrópolis, 2000.
- MENEZES, P.M.L. & FERNANDES, M.C. Roteiro de Cartografia. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 288p.
- MINN, M. Describes use of MMQGIS, a set of Python vector map layer plugins for Quantum GIS. Disponível em: <http://michaelminn.com/linux/mmqgis/>. Acesso em: 2017.
- NEVES, L.V. Estudo Geoecológico de Deslizamentos e Inundações em Petrópolis (RJ): Reflexões Sobre O Paradoxo do Primeiro Distrito. Dissertação (Mestrado PPGG-UFRJ) Rio de Janeiro, 2017. 159p.
- Nemirovsky, Neves & Fernandes, *Análise da distribuição espacial de deslizamentos no município de Petrópolis (RJ) entre 1940 a 2015.*

NIMER, E. Climatologia do Brasil. IBGE, 2° ed. 1989. 421p.

OLIVEIRA, F. L. Análise Comparativa dos Dados Históricos de Movimentos de Massa Ocorridos em Petrópolis - RJ, das Décadas de 1960 até 1990. Geo UERJ - Revista do Departamento de Geografia, Rio de Janeiro: UERJ, Departamento de Geografia, 2003.

RABAÇO, H.J. História de Petrópolis. Petrópolis: Instituto Histórico de Petrópolis (IHP), 1985.140p.

SILVERMAN, B.W. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. 1994. 176p.

SOUZA, N.P. de *et al.* Aplicação do Estimador de Densidade Kernel em Unidades de Conservação na Bacia do Rio São Francisco. SBSR- XVI, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. abril de 2013.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. DO (orgs.). Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 192p.

**Data de Submissão: 23/11/2018**

**Data da Avaliação: 15/12/2018**

## ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO APOIADA POR CLASSIFICAÇÃO DE IMAGEM ORBITAL: UMA APLICAÇÃO *PEOPLE IN PIXEL*

Lucas Martins de Souza<sup>18</sup>

Vitor Vargas Rodrigues<sup>19</sup>

Gabriel dos Santos Duarte<sup>20</sup>

Ana Paula de Oliveira<sup>21</sup>

Rafael Silva de Barros<sup>22</sup>

97

**Resumo.** Este trabalho objetiva aplicar uma metodologia nomeada de “*People in Pixel*”, utilizando uma imagem Landsat 5 Thematic Mapper (TM), adquirida em Setembro de 2010, para Cabo Frio, um município brasileiro no estado do Rio de Janeiro. Esta metodologia auxilia na estimativa de quantidade de pessoas por pixel relacionando dados demográficos e classificação da cobertura da terra para a mesma área. Este estudo obteve bons resultados estimando a população em qualquer unidade espacial (seja limites políticos ou físicos). Esta abordagem mostrou-se útil em outros tipos de análises que dependem da distribuição espacial da população.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto; Geoprocessamento; Sistemas de Informações Geográficas; Análise Espacial; *People in Pixel*.

### POPULATION ESTIMATOR BASED ON CLASSIFICATION OF ORBITAL IMAGE: A *PEOPLE IN PIXEL*

#### APPLICATION

**Abstract.** This job aims to apply a methodology named “*People in Pixel*”, using a Landsat 5 Thematic Mapper (TM) image, acquired in September 2010, over Cabo Frio, a brazilian municipality in Rio de Janeiro state. This methodology helps to estimate people quantity by pixel relating population data obtained from brazilian demographic Census and land cover classification from the same area. This study has produced good results in order to map and estimate population over any spatial unit (even political or phisical limits.) This approach is usefull in different types of analyses that depends on spatial distribution of population.

**Keywords:** Remote Sensing; Geoprocessing; Geographic Information System; Spatial Analyst; *People in Pixel*.

---

<sup>18</sup> Discente de Graduação em Bacharelado em Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: luksmartins96@gmail.com

<sup>19</sup> Discente de Mestrado em Geografia; Graduado em Bacharelado em Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

<sup>20</sup> Discente de Mestrado em Geografia; Graduado em Bacharelado em Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

<sup>21</sup> Mestre em Geografia; Graduada em Bacharelado em Ciências Matemáticas e da Terra - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: ana.paulaoliveiran@gmail.com

<sup>22</sup> Professor Dr. Adjunto do Departamento de Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: rafael.barros@ufrj.br

**ESTIMATEUR DE DENSITÉ POPULATIONNELLE PAR CLASSIFICATION  
D'IMAGE ORBITALE: UNE APPLICATION PEOPLE IN PIXEL**

**Résumé.** Le travail présenté correspond à l'application de la méthodologie appelée « People in Pixel » à une image type « Landsat 5 Thematic Mapper (TM) », prise en Septembre 2010, à Cabo Frio, municípe brésilien situé sur l'état du Rio de Janeiro. Cette méthodologie aide à l'estimatif de la quantité des personnes par pixel tout en croisant des données démographiques sur des limites administratives avec des mesures de la surface terrestre. L'étude a obtenu des bons résultats liés à l'estimatif populationnel sur différentes unités spatiales (soit sur des limites politiques ou physiques). Cette approche est spécialement utile sur d'autres analyses qu'utilisent l'information de la distribution populationnelle.

**Mots-clés:** Télédétection; Géotraitement; Système d'Information Géographique; Analyse Spatiale; *People in Pixel*.

### **Introdução**

Informações geográficas são importantes insumos para a tomada de decisão com maior confiança. Neste sentido, a utilização de levantamentos socioeconômicos do IBGE já supre parte da demanda por tais informações, porém sua escala de análise de maior detalhe fica restrita aos setores censitários que, dependendo da área, pode abranger espaços grandes com pequenas quantidades de população, o que influencia nos estudos que considerem a área de fato ocupada. Para solucionar este problema, o uso integrado do Sensoriamento Remoto junto com Sistema de Informações Geográficas (SIG) pode contribuir com uma metodologia chamada *People in Pixel* (CRUZ, 2007) que tem mostrado um bom potencial de aplicação. Segundo CARREÑO (2011) e TAVARES (2013), após a geração de um mapa de cobertura da terra, aplica-se um modelo matemático que considera a menor unidade de uma imagem digital – o pixel – para estimar o número de habitantes em cada uma destas unidades em relação às classes correspondentes às áreas habitadas considerando os dados demográficos do Censo.

Tal método para se estimar a população representa uma alternativa ao método usual de tratar as informações demográficas que são representados de acordo com as unidades política-administrativas de forma generalizada. Assim, com a abordagem do *People in Pixel* é possível buscar variações no número de habitantes dentro de unidades espaciais pré-estabelecidas.

*SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel*

Essa metodologia integra um mapeamento de cobertura da terra com dados socioeconômicos, como por exemplo do Censo Demográfico, considerando diferentes intensidades de ocupação. Para cada intensidade é definido um peso que, juntamente com o valor total de população de uma unidade espacial generalizada – como o setor censitário, permite estimar a quantidade de população que vive em cada pixel da imagem.

A área de estudo é Cabo Frio, um município da Região dos Lagos do estado do Rio de Janeiro (Figura 1) onde, a partir da década de 70, a função turística substituiu a indústria salinera como atividade predominante e, mais recentemente, teve o petróleo da bacia de Campos ganhando novo destaque (EGLER, 2004). Atualmente por ser uma região de grande apelo turístico, possui um forte fluxo migratório temporário em certas épocas do ano, como no verão e nos feriados. É uma região já previamente utilizada para estudos de *People in Pixel*, como em PINTO (2011), que se tornou uma referência para este trabalho. A diferença se encontra nos dados demográficos utilizados, uma vez que PINTO (2011) utilizou-se de dados de 2007 enquanto neste trabalho foram utilizados dados do Censo Demográfico do IBGE de 2010.



Figura 1. Localização de Cabo Frio no estado do Rio de Janeiro. (Fonte: wikimedia.org)

## Metodologia

A figura 2, a seguir, apresenta esquematicamente um breve resumo das principais etapas do trabalho, que envolve o mapeamento de diferentes classes de cobertura da terra, com

*SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel*

destaque para as classes de intensidade de ocupação; a organização dos dados do Censo; a integração dos dois tipos de dados, com estabelecimento dos pesos as classes de ocupação; estabelecimento e aplicação do modelo.

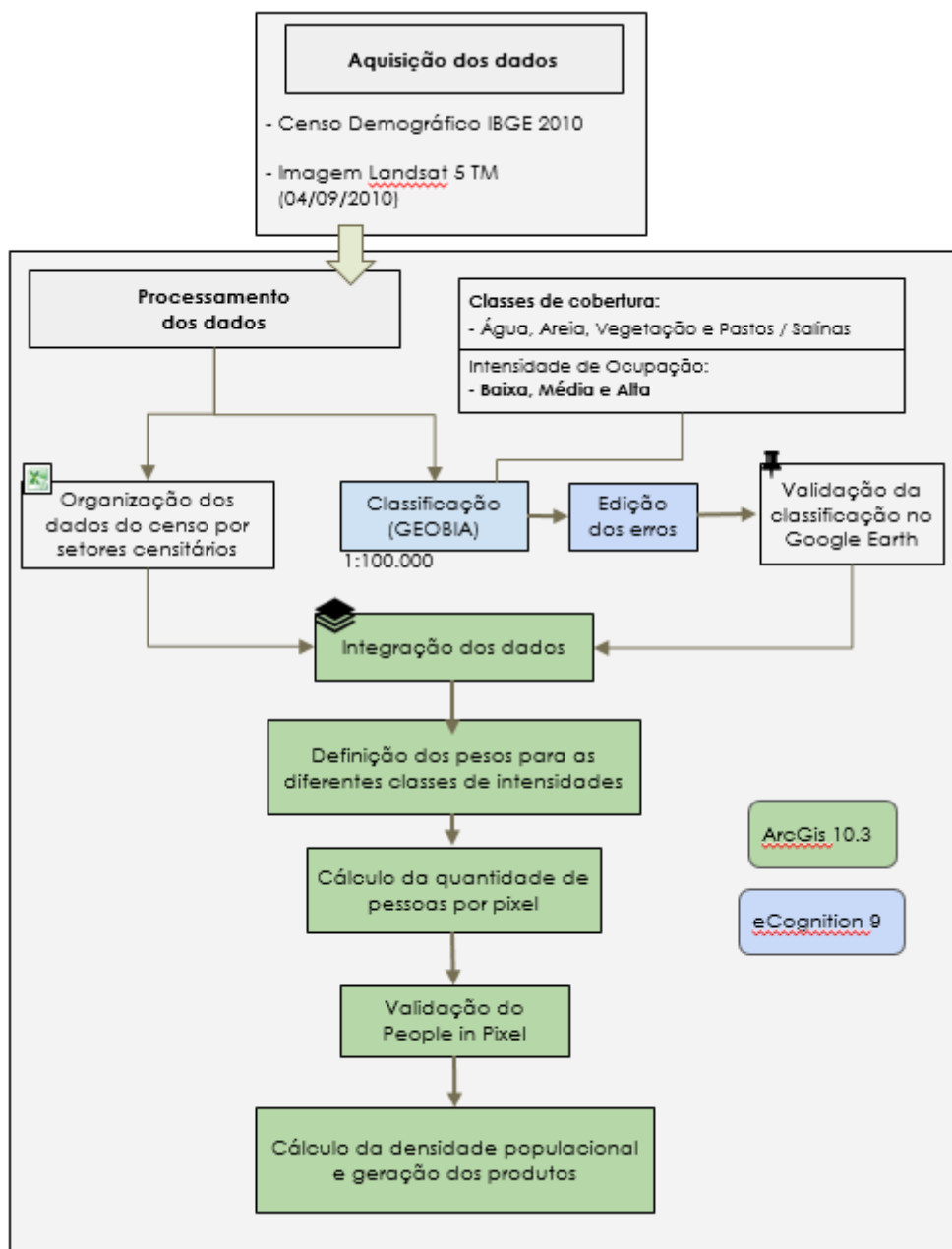


Figura 2. Fluxograma para geração dos dados que posteriormente serão utilizados para aplicar a metodologia *People in Pixel*. (Fonte: Autores)

Discorrendo melhor sobre cada etapa realizada no trabalho, o primeiro passo para realização do mesmo refere-se à aquisição dos dados. Assim, foram obtidos: a base de

dados vetoriais e tabulares dos setores censitários do censo de 2010 do IBGE – com informações de população residente para cada setor; e a imagem de média resolução espacial *Landsat 5 TM*. Duas variáveis foram utilizadas como critério de escolha para a imagem: a condição atmosférica das mesmas – no que diz respeito à presença de nuvens ou não -, e a proximidade temporal da data de imageamento com a realização do censo demográfico em 2010, pois quanto maior a distância temporal em relação ao censo maior a probabilidade das informações diferirem. Sendo assim, a imagem escolhida foi adquirida em setembro de 2010.

### Classificação de cobertura da terra

Na etapa de processamento dos dados foi realizada a classificação da cobertura da terra para a imagem adquirida, utilizando o *software eCognition*. Vale ressaltar que na etapa anterior à classificação a imagem passou pelo processo de **segmentação**, que consiste em agrupar os *pixels* da imagem de acordo com o comportamento espectral dos alvos nas bandas utilizadas, subdividindo a imagem em diversos segmentos.

A **classificação** da imagem foi feita pela abordagem **GEOBIA** (Análise de Imagens Baseada em Objetos Geográficos), que segundo SPERLE (2018) é uma metodologia que se destaca da tradicional por considerar diversos atributos extraídos dos objetos, permitindo uma relação semântica no processo de classificação. As classes de cobertura foram definidas como: água, areia, vegetação, pastos e salinas, além das classes de ocupação de baixa, média e alta intensidade.

Com a classificação da imagem pronta, foi feita a **edição dos erros** de comissão e omissão e, em seguida, a **validação da classificação**, em que foram gerados de 30 pontos para cada classe, gerados de maneira aleatória, e comparados com o observado nas imagens de alta resolução do Google Earth, utilizando como referência, imagens de seu acervo de 2010.

Em paralelo à etapa de classificação da imagem, foi feita a organização da grande quantidade de dados do censo de 2010, de forma a filtrar as informações somente dos setores censitários presentes na área de interesse. Posteriormente foram produzidos

*SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel*

dois mapas: um com população absoluta para cada setor e outro com densidade demográfica.

### Elaboração e aplicação do *People in Pixel*

Após a realização dessas duas etapas, os dois produtos gerados – a classificação e os setores censitários com a população agregada, ambos em formato vetorial - foram integrados no *ArcMap*, de modo que mostrassem as diversas classes de cobertura da terra para cada setor censitário. Com isso, foram obtidos os valores de população do setor para cada classe de cobertura.

Para definir os pesos por classes, foram coletadas amostras de setores censitários que possuem toda ou grande parte de sua área classificada somente como ocupação de alta, média ou baixa intensidade. Foi avaliada a densidade demográfica em cada um destes setores a fim de se estabelecer um valor médio de densidade demográfica para cada classe. O valor do peso foi estimado em função do aumento da densidade entre uma e outra classe. Assim a classe de ocupação de baixa intensidade recebeu peso 1 (densidade demográfica de 200 habitantes por quilômetro quadrado (hab/km<sup>2</sup>); média intensidade recebeu peso 12,5 (2.500 hab/km<sup>2</sup>) e ocupação de alta intensidade recebeu peso 46 (9.200 hab/km<sup>2</sup>).

Para as classes de ocupação com **baixa intensidade**, foram consideradas áreas com ocupações horizontais e bem espaçadas umas das outras e, em geral, encontradas em setores censitários de maiores dimensões. Para ocupações de **média intensidade**, áreas com mistura de ocupações horizontais e verticais, ambas bem consolidadas, nesta ainda é possível de se identificar alguns quarteirões. E por fim, foram englobadas na classe de **alta intensidade** de ocupação, aglomerações urbanas com muitas construções verticais, com ainda maior densidade de ocupação, caracterizadas por estarem presentes dentro de setores censitários pequenos.



Na figura 3 é possível observar como estas três classes de ocupação são vistas na imagem utilizada no estudo (imagem Landsat 5). Nota-se uma diferença entre a classe de ocupação de intensidade alta em comparação com as classes de intensidade média e baixa, sendo a primeira possuindo superfícies construídas mais densas na imagem. Esta densidade de superfícies construídas é menos significativa nas intensidades médias e baixa, sendo possível de observar áreas verdes ou não construídas dentro de seus limites.

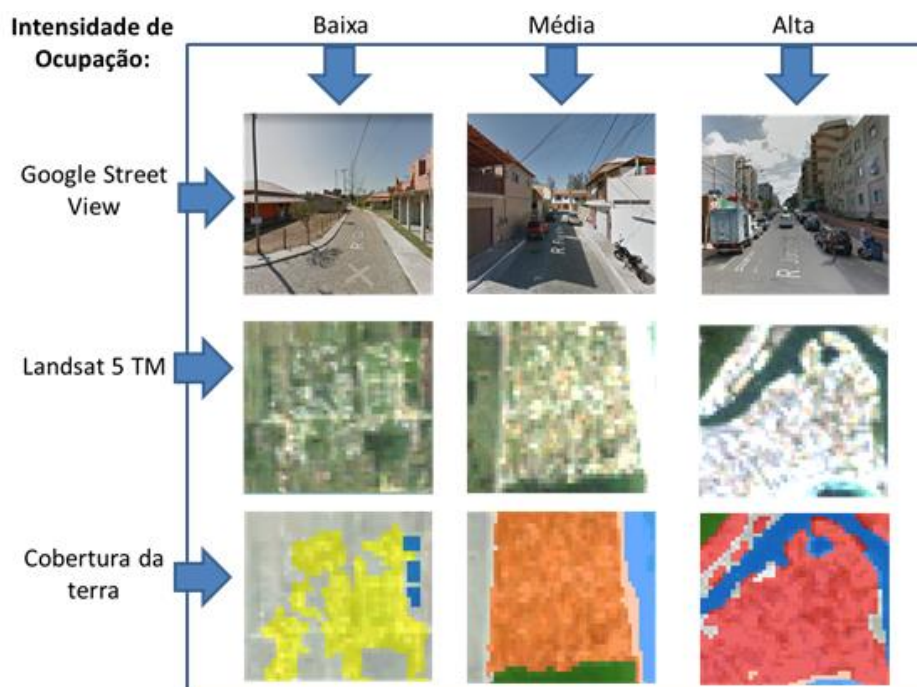


Figura 3. Exemplificação dos níveis de intensidade de ocupação. (Fonte: Autores)

Após a identificação dos setores censitários como amostras para cada tipo de ocupação, verificou-se a densidade demográfica de cada um e se analisou a proporção entre eles para a definição de pesos para cada intensidade de ocupação. Considerou-se o setor de ocupação de intensidade baixa como “Peso 1”, por ser a classe de ocupação mais baixa. A definição dos pesos da ocupação de intensidade média e alta foi feita a partir da proporção entre a média de suas densidades demográficas em relação à média da densidade da classe ocupação baixa.

Em seguida, com os pesos determinados para cada uma das classes de ocupação do mapeamento, com o número de *pixels* que a determinada cobertura possuía e o valor

total da população do setor, se fez o *People in Pixel* a partir da fórmula a seguir (CRUZ et al., 2007) (PINTO, 2011) (TAVARES, 2013).

$$\text{Hab / pixel} = \frac{\text{Total da População do setor} \times \text{Peso relativo à cada classe do setor}}{\sum \left[ \frac{\text{Peso relativo à cada classe do setor} \times \text{nº de pixel de cada classe no setor}}{\text{classe no setor}} \right]}$$

Fórmula 1. Fórmula do *People in Pixel*. (Fonte: CRUZ et al. 2007)

### Análises e resultados

O primeiro produto gerado (Figura 4) foi o **mapa de população absoluta por setor**. Neste é possível observar que a diferença de tamanho entre os setores censitários de Cabo Frio, assim como a variação de população entre os mesmos. Nota-se que neste tipo de representação, como dito anteriormente, a população é distribuída de forma homogênea em cada um dos setores censitários.

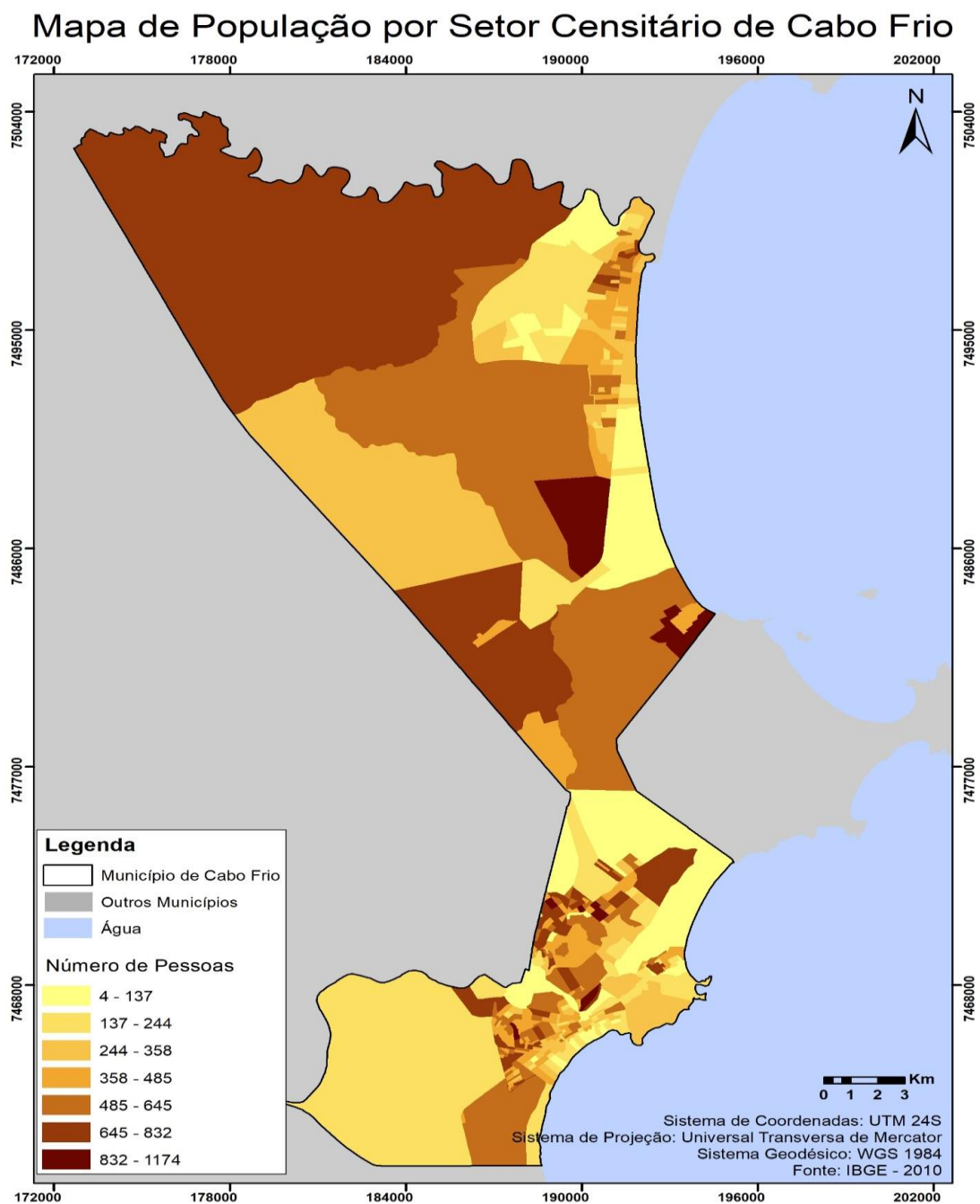


Figura 4. Mapa de População dos setores censitários de Cabo Frio – 2010. (Fonte: Autores)

*SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel*

Um dos problemas desta representação é que faz parecer que os setores com elevado número de população estão completamente ocupados quando, na realidade, a população pode estar concentrada numa pequena área e todo o resto desocupado, com presença, majoritariamente, de áreas naturais e/ou agrícolas.

O segundo produto gerado (Figura 5) foi o mapa de classificação da cobertura da terra para o município de Cabo Frio para o ano de 2010.

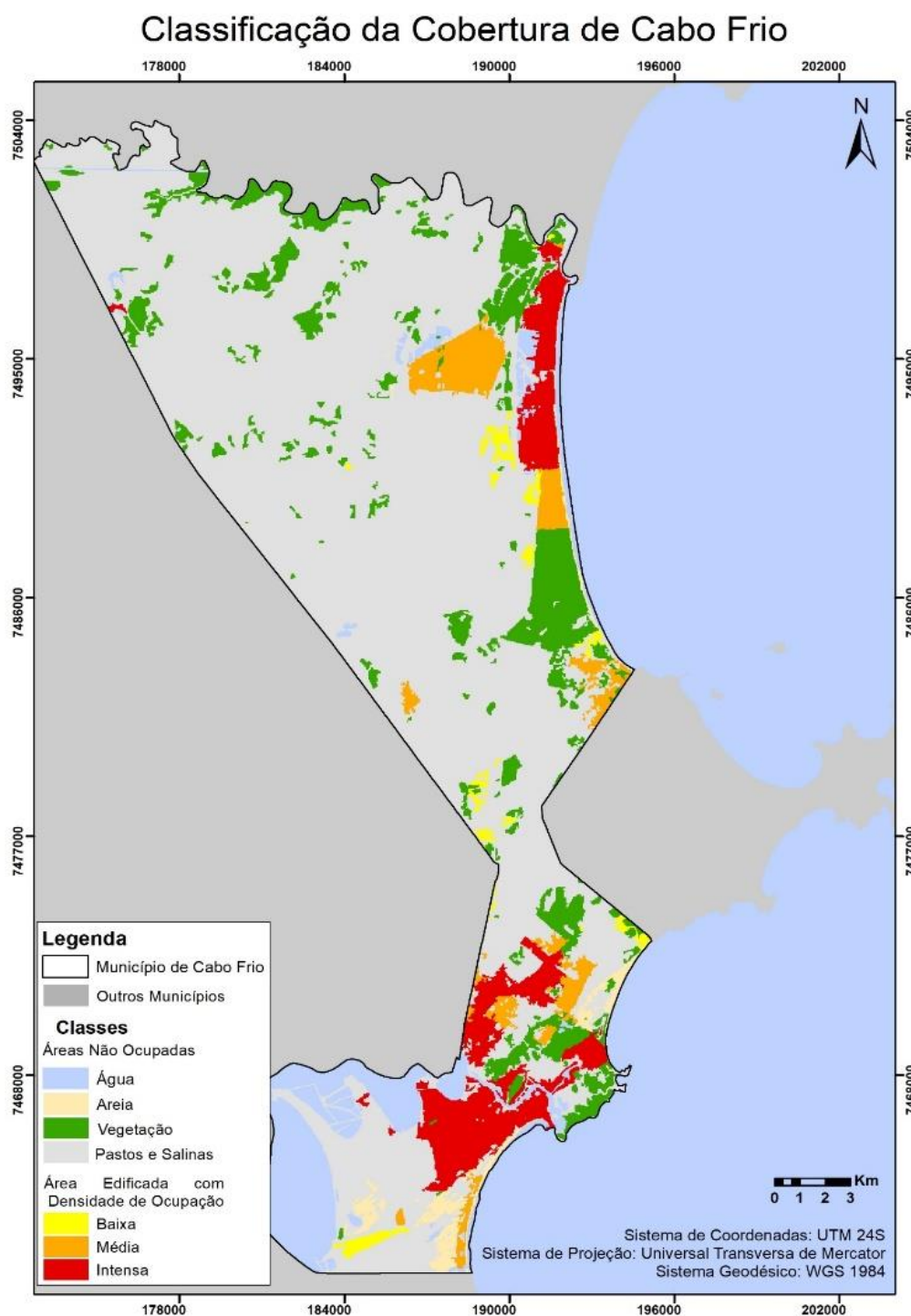


Figura 5. Mapa de cobertura da terra para o município de Cabo Frio – 2010.  
(Fonte: Autores)

Ao comparar este produto (Figura 5) com o mapa da figura 4 fica nítido que alguns poucos setores censitários com registro de população segundo o Censo 2010 não possuíram intensidade de ocupação mapeadas pela imagem Landsat 5. Isto ocorre pois, para as dimensões de pixel utilizado, estas ocupações não possuem tamanho suficiente para serem perceptíveis pelo sensor. Para isso, seria necessário utilizar uma imagem com maior resolução espacial e criar uma classe de ocupação “Rarefeita” para abranger essas ocupações mais dispersas.

Os mapeamentos gerados (Figuras 4 e 5) são os dados de entrada para aplicação do modelo *People in Pixel*. Com o primeiro, a informação de população - agregada à cada um dos 456 setores censitários de Cabo Frio - está distribuída de forma generalizada, isto é, sabe-se o total populacional para cada uma destas unidades político-administrativas, porém não há como saber quais as áreas que são ocupadas de fato por estas pessoas. E com o segundo, referente à classificação de cobertura da terra do município, é possível distinguir pelas classes de ocupação onde as pessoas estariam localizadas, entretanto não há como quantificar o público que se localiza em cada polígono classificado a partir da imagem.

Para integrar os dois produtos, foi utilizada a fórmula mostrada anteriormente, estimando-se o total de habitantes em cada pixel com ocupação no mapeamento de cobertura da terra. para integrar os dois mapeamentos, realizando então o *People in Pixel*.

Antes da integração dos dados, o mapeamento teve sua exatidão temática verificada, através da análise da sua matriz de confusão (Figura 6).

Amostras para validação		Classes do mapeamento							Total Geral
		ÁGUA	VEGETAÇÃO	AREIA	PASTO/SALINA	BAIXO	MÉDIO	ALTO	
Referência (Google Earth)	ÁGUA	28							28
	VEGETAÇÃO		30	2	3	2	1		38
	AREIA	1		27					28
	PASTO/SALINA			1	25	1			27
	BAIXO				2	20	7		29
	MÉDIO					5	19		24
	ALTO	1				2	3	30	36
Total Geral		30	30	30	30	30	30	30	210

Figura 6. Matriz de confusão entre as classes do mapeamento. (Fonte: Autores)

Pela matriz de confusão foi observada uma exatidão global de 85%, isto é, das 210 amostras coletadas - 30 amostras para cada classe do mapeamento que foram verificadas no software *Google Earth* - 85% delas estavam mapeadas corretamente. Entretanto, nas classes de maior interesse para o trabalho como as classes de ocupação de intensidade baixa, média e alta a exatidão foi de 76%, constatando um maior conflito entre as classes com intensidade de ocupação baixa e média.

Após a validação, para integrar os dois produtos, foi utilizada a fórmula do *People in Pixel* mostrada anteriormente, estimando-se o total de habitantes em cada pixel com ocupação no mapeamento de cobertura da terra. Assim, o terceiro produto gerado (Figura 7) foi o **mapa de *People in Pixel***.

Neste mapeamento cada pixel recebe uma estimativa de população baseada no quantitativo de pessoas naquele setor (Figura 4), na classe de cobertura do mesmo setor (Figura 5) atrelado a um peso pré-definido anteriormente. Com este mapa pode-se ver que muitos setores onde a Figura 5 mostrou que eram as áreas mais ocupadas, na realidade possuem uma área ocupada muito menor. A partir disso, a metodologia *People in Pixel* torna evidente as áreas não ocupadas e identifica onde de fato estão as ocupações, conseguindo representar características espaciais com menor nível de generalização em cada setor censitário de acordo com sua classe de ocupação, a partir do pixel ou grupos de pixels.

Após a geração do *People in Pixel* foi feita a validação da metodologia, onde contabiliza-se a população para descobrir se houve perda ou ganho de pessoas nessa estimativa. Para isso, foi contabilizado, para cada setor censitário, o total populacional das pessoas estimadas no *People in Pixel* comparando-se com o total populacional do censo demográfico do IBGE.

### Mapa People in Pixel do Município de Cabo Frio - RJ

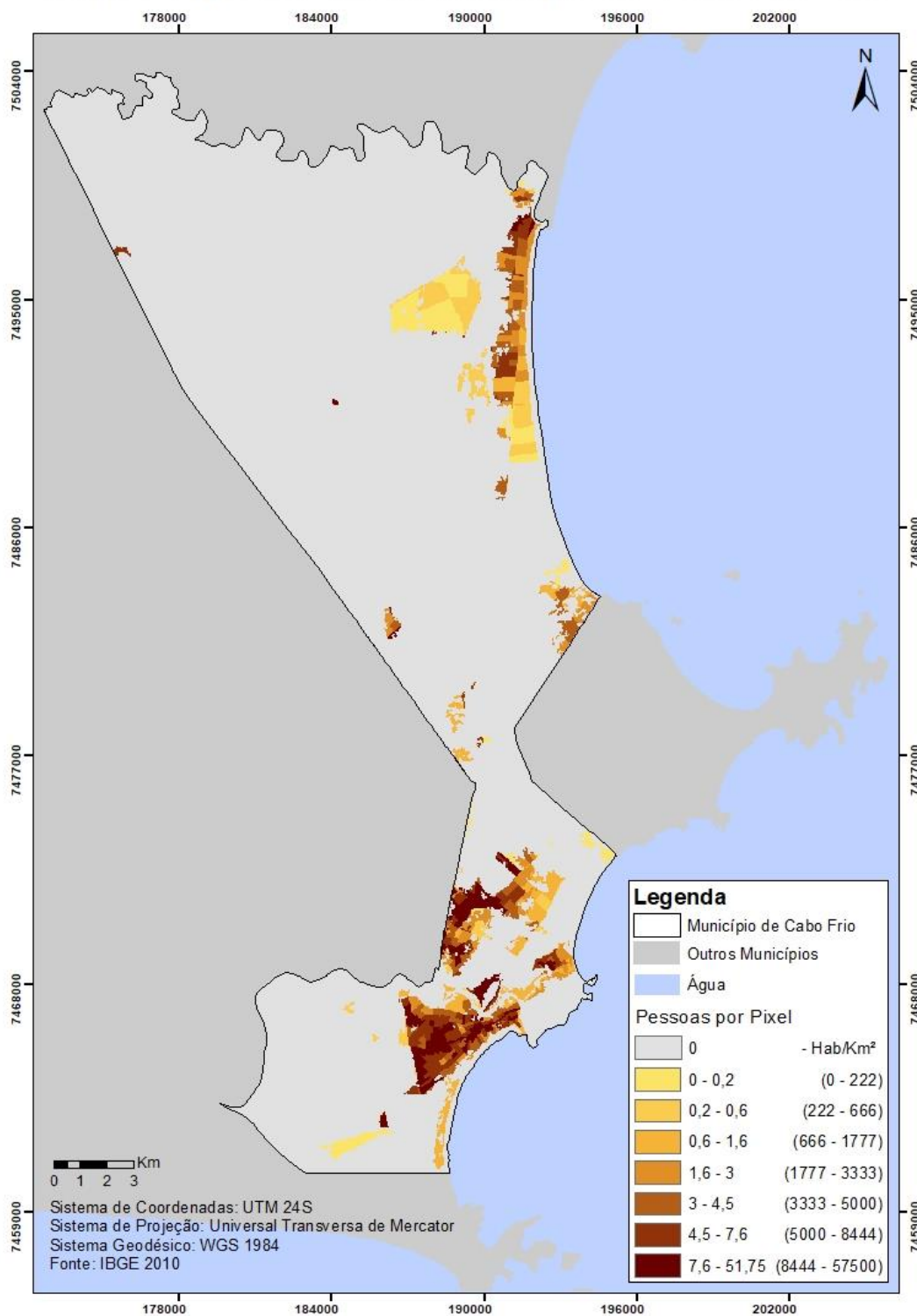


Figura 7. Mapa de People in Pixel para o município de Cabo Frio – 2010. (Fonte: Autores)



Segundo o Censo Demográfico realizado pelo IBGE em 2010 a população de Cabo Frio era de 186.227 pessoas e após a aplicação da metodologia *People in Pixel*, foram quantificadas 185.722 pessoas, ou seja, houve uma diferença de apenas 0,27% no número de pessoas. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de ter sido utilizada uma imagem de média resolução para realizar a classificação da cobertura da terra e com isso, pelo nível de resolução espacial da imagem, não foi possível identificar ocupações muito pequenas e isoladas, como nos agrupamentos residenciais em áreas agrícolas. Para minimizar esse ruído, poderia ser adicionada uma classe “Ocupação Rarefeita” e usada uma imagem de maior resolução espacial.

Para compreender melhor as diferentes formas de representação de população, mais generalizado nos setores censitários e menos generalizado no *People in Pixel*, foi feito um **mapa de densidade demográfica** (Figura 8) dos setores do município de Cabo Frio para comparar com o mapa da figura 8.

A figura 7 mostra que, com o *People in Pixel*, a classe de mais baixa densidade ocupa uma área bem menor. Enquanto na figura 8 (mapa de densidade utilizando os setores censitários), toda a região de Cabo Frio poderia ter algum tipo de população morando, o *People in Pixel* (Figura 7) reduz para áreas mais pontuais, evidenciando onde a população está localizada com maior precisão. Ou seja, há um refinamento no mapeamento dos dados populacionais (valores absolutos ou de densidade demográfica).

Essa precisão na localização é importante para diversos planejamentos governamentais ou econômicos, significando menos custos e maior rapidez para que esta população seja atendida por serviços públicos e privados.

Análises baseadas em cálculos de densidades populações ficam mais precisas, pois reduzindo a área considerada, mas mantendo a mesma população, a densidade tende a aumentar. É possível ver isto comparando as Figuras 7 e 8, onde a densidade máxima no *People in Pixel* (57.500 hab/km<sup>2</sup>) aumenta em mais de 10.000 habitantes por km<sup>2</sup> em relação a densidade considerando os setores censitários (46.670 hab/km<sup>2</sup>). Este é um aumento considerável que poderia definir, por exemplo, a criação de um novo posto de

saúde ou escola, assim como novos serviços privados para a população, como no caso de empreendimentos comerciais.

Em seguida, foi elaborado um gráfico da diferença absoluta de área por classe de ocupação (Figura 9) para auxiliar na visualização da diferença entre uma representação com os dados agregados aos setores censitários e pela metodologia *People in Pixel*.

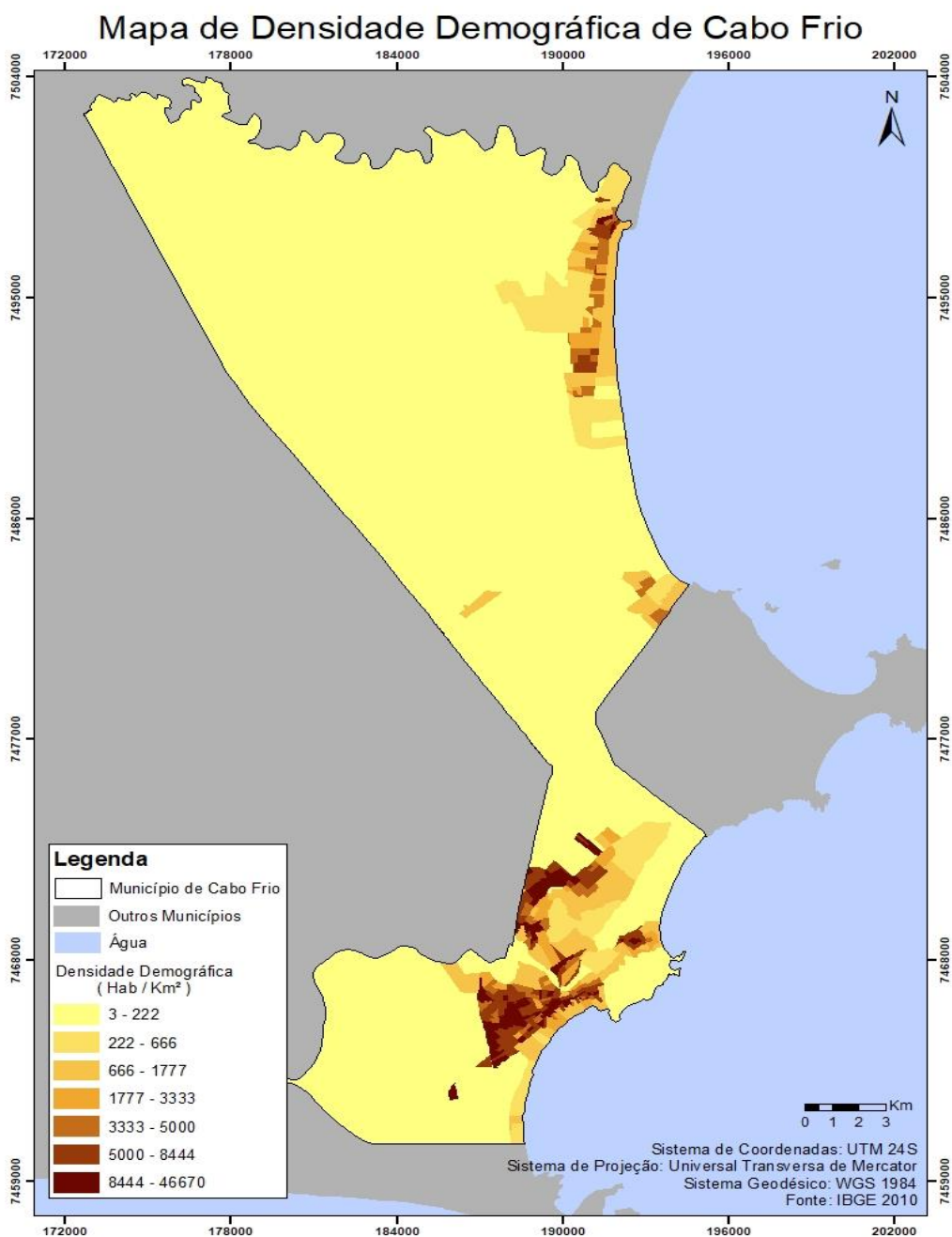


Figura 8. Mapa de densidade demográfica do município de Cabo Frio – 2010. (Fonte: Autores)

*SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel*

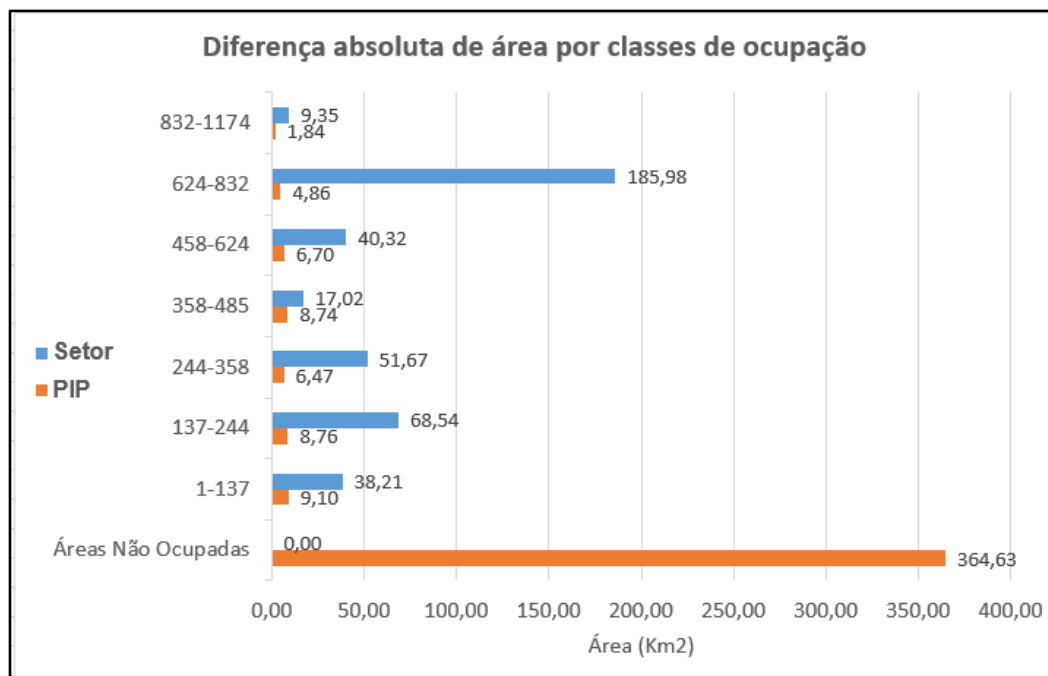


Figura 9. Gráfico da diferença absoluta de área por classes de ocupação. (Fonte: Autores)

O eixo vertical do gráfico (eixo Y) corresponde às classes de população divididos em quantidade de pessoas por setor e o eixo horizontal (eixo X) corresponde às áreas que essa população ocupa, por setor censitário ou por pixel (metodologia *People in Pixel*).

Por mais que os setores censitários apresentem características socioeconômicas distintas dentro de suas respectivas áreas, não é possível representar graficamente ou analisar essas variações internas ao setor. Logo, para uma análise baseada em setor censitário, toda a área de Cabo Frio é ocupada, com diferentes graus de intensidade, como mostrado em azul no gráfico.

A partir do *People in Pixel* são evidenciadas as áreas que não são ocupadas e é identificado o que de fato é ocupado pela população possibilitando, então, representar as características presentes dentro dos setores censitários com menor nível de generalização, a partir de pixel ou grupos de pixel. Em laranja no gráfico é possível ver como o *People in Pixel* reduz drasticamente o que seriam áreas ocupadas e identifica o que, em um primeiro momento, não é ocupado pela população.

Após refinar as áreas ocupadas pelo *People in Pixel* verificou-se também que setores censitários com diferentes classes de ocupação dentro de seus limites originaram diferentes estimativas de população, graças aos pesos atribuídos para cada classe. Ou seja, tendo o pixel como unidade de análise torna-se possível identificar e diferenciar informações, com menor nível de generalização, presentes nestes, como explicitado na figura 10.

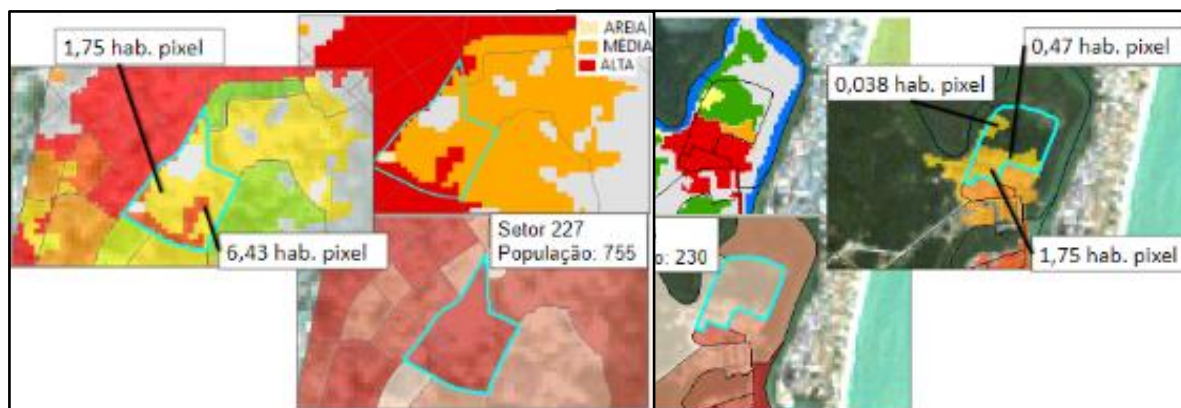


Figura 10. Exemplos de setores censitários que possuem mais que uma classe de ocupação, característica que gera diferentes estimativas de população dentro do mesmo. (Fonte: Autores)

Na figura 10 são destacados dois exemplos de setores censitários que apresentam mais de uma classe de intensidade de ocupação, característica que gera diferentes estimativas de população dentro do mesmo setor graças aos pesos atribuídos a cada classe de ocupação do mapa de cobertura da terra.

No primeiro caso é evidenciado o setor censitário 227, que possui população de 755 pessoas. Nele, foram identificadas duas classes de ocupação, uma sendo de intensidade alta e outra de intensidade média. Como o peso da primeira possui valor de 46 e o da segunda, valor de 12,5, a estimativa de habitantes por pixel para a classe de ocupação de intensidade alta resultou em 6,43 habitantes no pixel, enquanto que a estimativa de pessoas por pixel para a intensidade média resultou em 1,75 habitante por pixel.

No segundo exemplo, o setor censitário de número 353, com 230 residentes, é um dos poucos setores censitários que apresentam as três classes de ocupação. Sendo assim, são realizadas três estimativas de pessoas por pixel neste setor: para a classe de ocupação com intensidade “baixa”, 0,038 hab/pixel; para a classe “média”, 0,47 hab/pixel; e por fim, para a classe “alta”, 1,75 hab/pixel.

Em ambos os casos anteriores, e em toda a área onde a metodologia foi aplicada, ao multiplicar o número de pixels por classe de ocupação pelo número de habitantes por pixel para cada uma dessas classes é possível saber exatamente quantas pessoas moram nesta região dentro do setor censitário em específico. Usando a classe “alta” do exemplo anterior, com 1,75 hab/pixel, caso essa classe possua um total de 300 pixels, por exemplo, o número total de moradores nesta região seria de 525 pessoas.

## Conclusões

A metodologia de *People in Pixel* mostrou-se de grande utilidade para localizar e quantificar a população, de modo que, ao integrar a classificação da cobertura da terra com os dados de população para cada setor censitário, seja possível descobrir variações no número de habitantes dentro das unidades espaciais antes generalizadas às unidades político-administrativas. Isso foi demonstrado quando, em um único setor censitário, foram encontrados 3 níveis diferentes de ocupação que, no *People in Pixel*, geraram estimativas de população de acordo com a sua intensidade de ocupação.

O modelo aplicado adquiriu bom resultado e, além de identificar a concentração da população, foi possível estimar a quantidade de pessoas. Adotando o *pixel* como unidade de análise, torna-se possível trabalhar e integrar diferentes recortes espaciais, seja natural ou político, como por exemplo, identificar quantas pessoas moram dentro de uma bacia hidrográfica - que é um limite natural - e é composta por diversos municípios, bairros ou distritos - que são limites políticos.

Reforça-se que, para a utilização do *People in Pixel*, é necessário que a classificação de cobertura da terra apresente boa exatidão, evitando casos de omissão e comissão, principalmente nas áreas ocupadas, a fim de evitar o comprometimento da aplicação da

*SOUZA, et al, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel*

metodologia. Neste trabalho, a classificação da imagem Landsat 5 para geração do mapa de cobertura da terra foi a etapa que exigiu o maior tempo pois qualquer tipo de problema neste mapa poderia comprometer o resultado final.

Por fim, este estudo pode servir no suporte ao planejamento e gestão do território em diferentes demandas para a geografia e em áreas do conhecimento nos quais a estimativa e localização da população tem grande relevância, como em estudos de demografia e (geo)marketing.

#### Referências bibliográficas:

- CARREÑO, P. M. L. P.; CRUZ, C.B.M. *Aperfeiçoamento do modelo People in Pixel: Estudo aplicado a Região dos Lagos no estado do Rio de Janeiro*. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba. 2011
- CRUZ, C.B.M.; FABER, O.A.; REIS, R.B.; ROCHA, E.M.F.; NOGUEIRA, C.R. *Sensoriamento Remoto como estratégia alternativa para distribuição e mensuração da população – Estudo de caso no município do Rio de Janeiro*. Revista Espaço e Geografia, Vol. 10, 2007.
- EGLER, C. A. G.; RIO, G.A.P. *Turismo e Desenvolvimento Local no Estado do Rio de Janeiro*. VIII Encontro Nacional de Turismo com Base Local. Curitiba. 2004
- PINTO, A. C. M. C. B. *Distribuição de totais populacionais através da representação de superfícies contínuas com o apoio da classificação de imagem ALOS/AVNIR2*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. UFRJ. Rio de Janeiro, 2011.
- SPERLE, D. V. S., CRUZ, C. B. M. *Tipologias de Caatinga: Uma Revisão em Apoio a Mapeamentos Através de Sensoriamento Remoto Orbital e GEOBIA*. Revista Do Departamento De Geografia, 35, 113-120. 2018.
- TAVARES, A.C.A.; SOUZA, E.M.F.R.; CRUZ, C.B.M.; ROSÁRIO, L.S. *Distribuição espacial da população nas sub-bacias hidrográficas do entorno do COMPERJ, com o apoio do sensoriamento remoto: Uma aplicação do People in Pixel*. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu. 2013

**Data de Submissão: 23/11/2018**

**Data da Avaliação: 15/12/2018**

## CARTOGRAFIA TÁTIL: PROPOSTA DE ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO EM ESCOLA DA BAIXADA FLUMINENSE

Érika Medina de Medeiros <sup>1</sup>

Prof. Dr. Gustavo Mota de Sousa <sup>2</sup>

117

**Resumo.** A Cartografia Tátil se destina à confecção de mapas e maquetes que possam ser lidos por pessoas cegas ou com baixa visão, contudo, poucas são as escolas com acesso a tais produtos. Assentido isto, esta pesquisa busca se utilizar da Cartografia Tátil e das Geotecnologias para analisar a percepção que crianças cegas ou com baixa visão, estudantes de escolas regulares da Baixada Fluminense (RJ), possuem do espaço geográfico através da apresentação de mapas e maquetes táteis que buscam representar as feições físicas da paisagem. Para a avaliação dos resultados adotou-se a utilização de questionários orais que se basearam na fenomenologia e na psicologia cognitiva a fim de compreender como se dá o processamento da informação geográfica apresentada. Os resultados adquiridos apontam a necessidade de adoção de tais materiais no processo de ensino-aprendizagem dentro de sala de aula e não apenas em Salas de Recursos como se vem sendo feito.

**Palavras-chave:** Cartografia Tátil; Ensino de Geografia; PNE; Baixada Fluminense; Salas de Aula.

### TACTICAL CARTOGRAPHY: ANALYSIS OF THE PERCEPTION OF THE GEOGRAPHICAL SPACE IN THE SCHOOL OF BAIXADA FLUMINENSE

**Abstract.** The Cartography Tactile is designed to make maps and models that can be read by blind or low vision people, however, few schools have access to such products. Assuming this, this research

---

<sup>1</sup> Bacharelanda em Geografia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, medeiroserika96@gmail.com.

<sup>2</sup> Professor Adjunto do Departamento de Geografia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, gustavoms@ufrj.br.

seeks to use the Tactile Cartography and Geotechnologies to analyze the perception that blind or low vision children, students of regular schools in the Baixada Fluminense (RJ), have the geographical space through the presentation of maps and tactile models that seek to represent the physical features of the landscape. In order to evaluate the results, we used oral questionnaires based on phenomenology and cognitive psychology in order to understand how the geographic information presented is processed. The acquired results point to the need to adopt such materials in the teaching-learning process within the classroom and not only in Resource Rooms as it has been done.

**Keywords:** Cartography Tactile; Geography Teaching; PNE; Baixada Fluminense; Classrooms.

### **CARTOGRAFIE TACTIQUE: ANALYSE DE LA PERCEPTION DE L'ESPACE GEOGRAPHIQUE DANS L'ECOLE DE BAIXADA FLUMINENSE**

**Résumé.** La cartographie tactile est conçue pour créer des cartes et des modèles qui peuvent être lus par les personnes aveugles ou malvoyantes. Cependant, peu d'écoles ont accès à de tels produits. En supposant que cela, cette recherche cherche à utiliser la cartographie tactile et les géotechnologies pour analyser la perception que les enfants aveugles ou malvoyants, étudiants des écoles ordinaires de la Baixada Fluminense (RJ), disposent de l'espace géographique à travers la présentation de cartes et de modèles tactiles qui cherchent à représenter les caractéristiques physiques du paysage. Afin d'évaluer les résultats, nous avons utilisé des questionnaires oraux basés sur la phénoménologie et la psychologie cognitive afin de comprendre le traitement des informations géographiques présentées. Les résultats obtenus soulignent la nécessité d'adopter ce type de matériel dans le processus d'enseignement et d'apprentissage en classe et pas seulement dans les salles de ressources, comme cela a été fait.

**Mots-clés :** Cartographie tactile; Enseignement de la géographie; PNE; Baixada Fluminense; Salles de classe.

## **Introdução**

A Cartografia é a ciência responsável pela organização, apresentação, comunicação e utilização da geoinformação para a criação de mapas e maquetes cartográficas e um de seus ramos é a Cartografia Tátil a qual se destina à confecção de mapas e maquetes que



possam ser lidos por crianças cegas ou com baixa visão (Loch, 2008). Tais mapas são considerados recursos educativos para a aprendizagem cartográfica dessas pessoas, configurando, desta forma, importante instrumento de ensino, por possibilitar a inclusão das mesmas em ambiente escolar.

No entanto, segundo Almeida e Melo (2007), tais crianças encontram dificuldades para estudar, principalmente em escolas regulares de ensino, devido à falta de infraestrutura específica para atender as mesmas (Mantoan, 2001), bem como, o precário auxílio durante as aulas, seja por falta de profissionais qualificados, denominados tutores ou monitores, seja pela falta de preparação dos professores para acompanhar tais alunos em suas aulas, o que se tratando de turmas de trinta a quarenta alunos em uma mesma sala de aula se torna uma tarefa quase impossível.

Isto posto, observou-se cada vez mais pesquisas acadêmicas na área da Educação Inclusiva, onde diversos são os autores que propõem, dentre outras coisas, a construção de materiais didático-pedagógicos que auxiliem os educandos em seu processo de aprendizagem, porém tais propostas não chegam a sociedade interessada na mesma quantidade em que são publicadas.

E em se tratando da Ciência Geográfica e de suas ferramentas, as chamadas geotecnologias, para que a construção de mapas e maquetes táteis e a aplicação das mesmas em Sala de Aula se suceda é necessário que o docente possua conhecimentos técnicos básicos em softwares de geoprocessamento, o que muitas vezes não ocorre, denunciando, deste modo, a defasagem de diversos currículos de cursos de licenciatura em geografia espalhados pelo país no que tange a manipulação de softwares de geoprocessamento e análise de imagens de satélite, disciplinas importantíssimas para os tempos atuais e futuros mas que, em sua maioria, se restringem aos cursos de bacharelado em geografia.

Neste trabalho, propôs-se detalhar metodologias para a construção de mapas político-administrativos do Brasil e maquetes táteis de feições físicas da paisagem da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, mais precisamente, dos Maciços do Gericinó-Mendanha, da Pedra Branca e da Tijuca, buscando, além de demonstrar mais uma maneira de se transmitir conhecimento para os docentes responsáveis, trabalhar

também a cartografia e a geomorfologia em crianças cegas ou com baixa visão do 6º e do 7º ano do ensino fundamental a fim de compreender como as mesmas complexificam o conceito de espaço geográfico e como a utilização de tais recursos didáticos, podem auxiliar na internalização de tantos conceitos basilares para a ciência geográfica.

Pensando na construção de materiais táteis acessíveis (Régis et al., 2011) seja para o docente que se sente obrigado a construir tais pois não tem quem o faça e deste modo procura materiais fáceis de se encontrar para confeccionar, seja para os discentes atendidos, foram escolhidos materiais como EVA, velcro, barbante e para textura, glitter, cola comum, lantejoulas, entre outros (Silva, 2013).

Para que a avaliação sucedesse, foram confeccionados questionários que, por sua vez, foram apresentados de forma oral e elaborados baseando-se em duas áreas do conhecimento distintas mas que estão imbricadas internamente uma a outra que é a Filosofia e a Psicologia; na primeira buscou-se compreender o processo de internalização do conhecimento através de símbolos e incorporação de significados que se configura objeto de estudo da Fenomenologia, já na segunda buscou-se na Psicologia Cognitiva (Issmael, 2008) meios para estudar os processos de aquisição do conhecimento e de processamento da informação geográfica.

Após tantas contribuições teórico-metodológicas, a aplicação se fez necessária e se sucedeu em escolas da Baixada Fluminense onde a relação cartografia, geomorfologia e espaço geográfico não se é feita devidamente dentro da disciplina de Geografia, principalmente quando se trata de alunos com alguma deficiência visual.

## **Metodologia**

Com o intuito de escolher feições geomorfológicas próximas ao ambiente de estudo dos discentes definiu-se como objeto principal desta pesquisa os três conjuntos principais de elevações presentes dentro do Município do Rio de Janeiro, também chamados de Maciços Cariocas (Dantas et al., 2005) e caracterizados pelo Maciço do Gericinó-

Mendanha (com 964 metros de altitude), o Maciço da Tijuca (com 1021 metros) e o Maciço da Pedra Branca (com a maior altitude, 1024 metros) (Figura 1).

## MAPA DE CARACTERIZAÇÃO DO MOSAICO CARIOCA

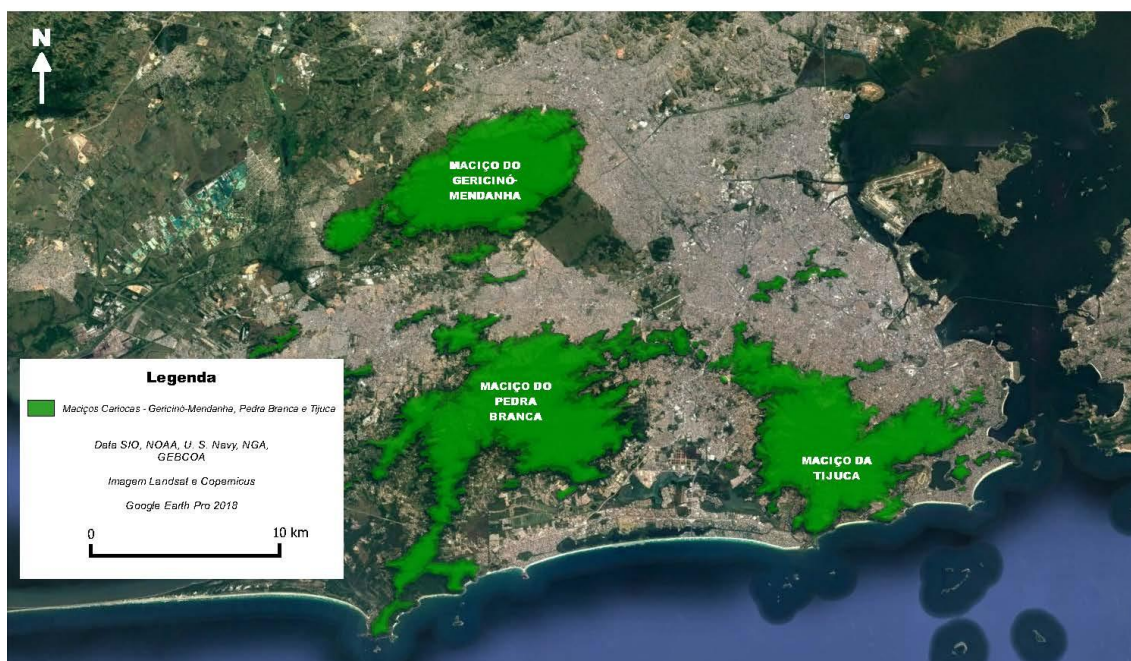


Figura 1. Mapa de Caracterização do Mosaico Carioca. Fonte: Google 2017.

Com o objeto de pesquisa definido, foram construídos mapas e maquetes táteis com objetivos individuais diferenciados (Figura 2 – Fluxograma I), isto é, com os mapas táteis almejou-se localizar os usuários no espaço geográfico em que estão inseridos; já com as maquetes táteis pretendeu-se trabalhar os conceitos da Geografia Física aproximando, desta forma, os conceitos lecionados abstrativamente às feições concretas percebidas no dia a dia e construídas neste trabalho, deste modo, sua utilização em conjunto dentro de sala de aula demonstrou-se como mais uma metodologia de ensino da Geografia Física que, por sua vez, se utilizou de diferentes ferramentas para a sua concretização (Figura 3 – Fluxograma II).



Figura 2. Fluxograma (I) metodológico para a compreensão dos objetivos específicos de cada produto tátil produzido.

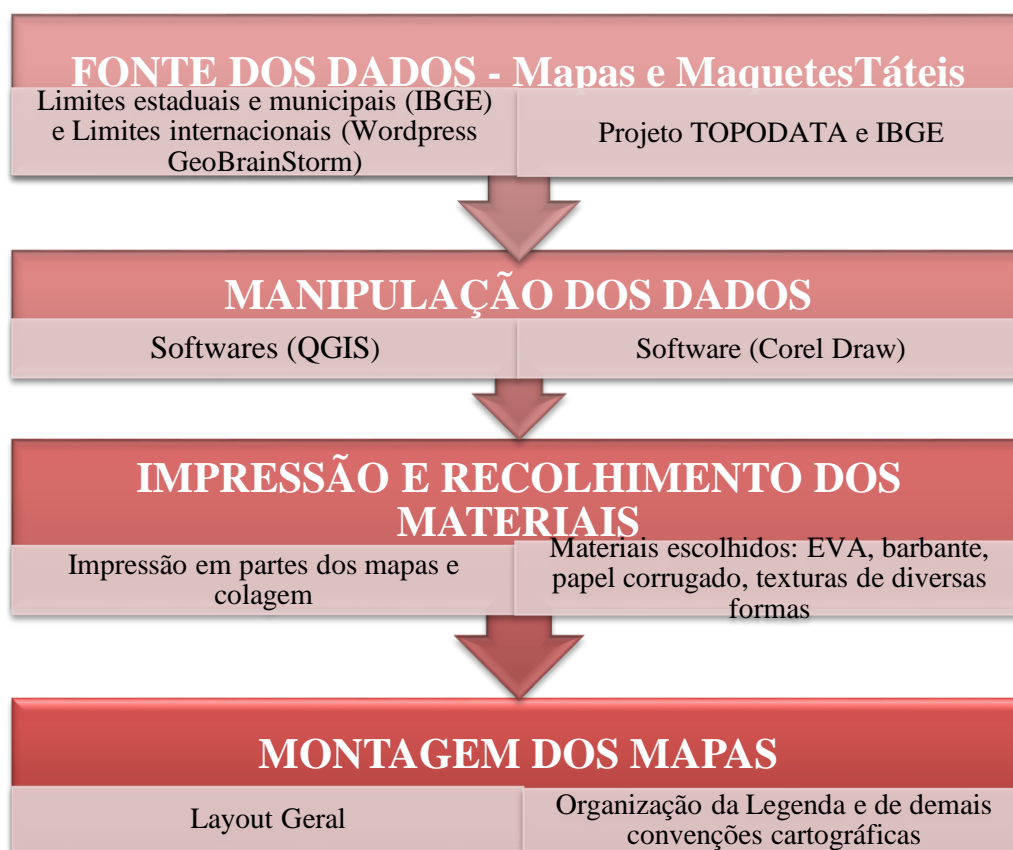


Figura 3. Fluxograma (II) metodológico para construção dos Mapas e Maquetes Táteis.

Como explicitado anteriormente, a metodologia utilizada para a confecção dos mapas e maquetes táteis são um pouco diferentes e exigem conhecimentos dos docentes que irão construí-las, pois, para criar os Mapas Táteis se fez necessária a aquisição dos limites territoriais em arquivo shape através do Banco de Dados do IBGE (Rio de Janeiro e Brasil) e de um blog acadêmico chamado GeoBrainStorm (Mundo e América do Sul), através do Software QGIS o docente poderá manipular os dados conseguidos e transformá-los em mapas com o cuidado de respeitar todas as convenções cartográficas.

Para a impressão dos mapas, com o arquivo salvo como imagem, o professor deverá acessar o software Corel Draw a fim de configurá-lo a fim de que se possa dividir o mapa como mosaico, podendo imprimi-lo em quarto partes pelo menos; sabendo assim que a colagem das partes irá formar um mapa de tamanho de folha A0 que cobre todo o EVA que servirá de base, com isto, é importante saber qual é o tamanho dos materiais EVA que o docente possui antes de imprimir, ou imprimir e comprar o material com base nestes mapas, a opção é do professor.

Com os mapas impressos, se fez necessário adquirir os materiais que foram utilizados para a montagem, os mesmos não possuem uma regra ou padrão e nem é desta pesquisa o propósito de padronagem dos mesmos, o importante é pensar na capacidade de diferenciação textural dos materiais a fim de não colocar texturas parecidas muito próximas pois poderá ocorrer confusão na interpretação e diferenciação de conceitos (Figura 4, 5 e 6).

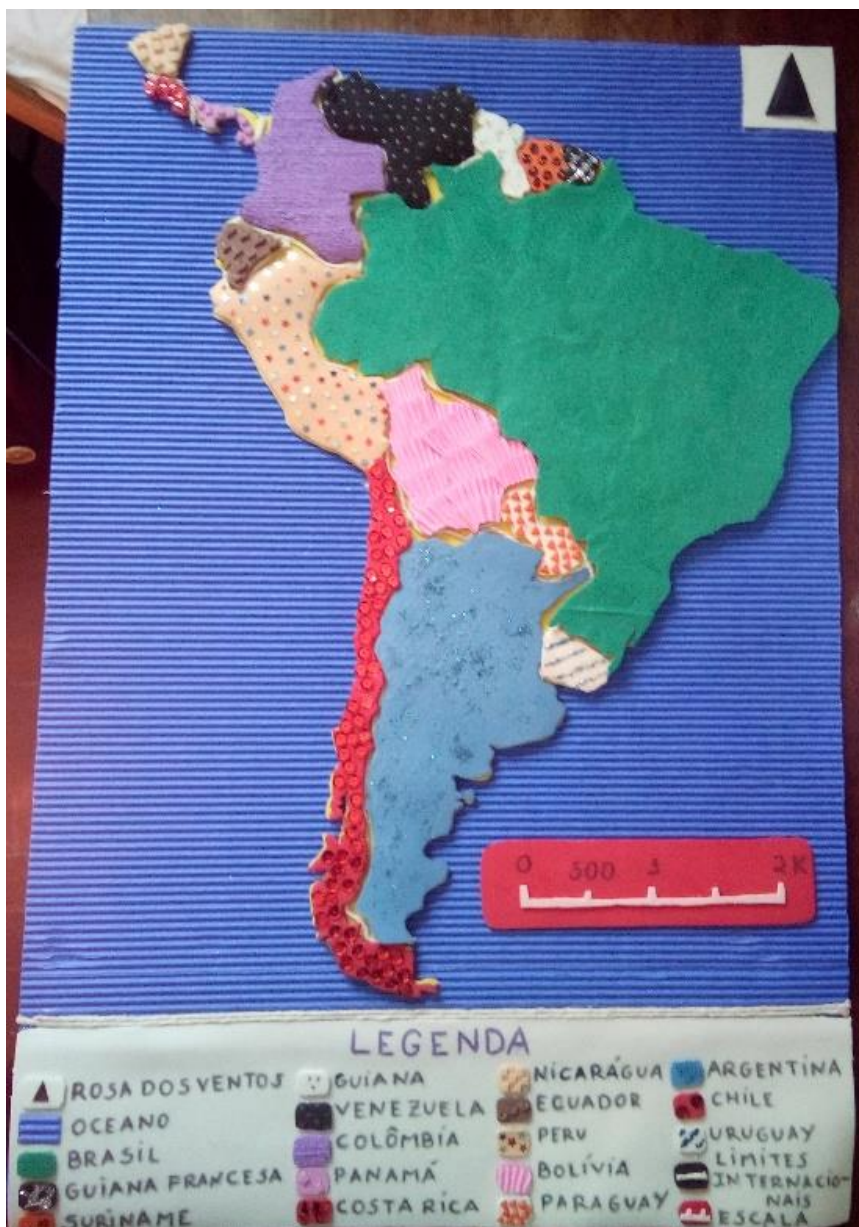


Figura 4. Mapa Tátil da América do Sul.



Figura 5. Mapa Tátil do Território Brasileiro.



Figura 6. Mapa Tátil do Território do Rio de Janeiro.

MEDEIROS & SOUSA, Cartografia tátil: proposta de análise da percepção do espaço geográfico em escola da Baixada Fluminense

Por último, para que a maquete tátil fosse produzida, a metodologia utilizada foi muito parecida, principalmente no que tange a aquisição dos dados, com a metodologia dos mapas táteis com apenas algumas manipulações diferenciadas. A aquisição dos dados altimétricos para este material didático se deu através do Projeto TOPODATA, tais dados podem ser entendidos como curvas de nível e os mesmos poderão ser adquiridos através da manipulação dos arquivos no software QGIS, onde se fará necessário a criação de mapas respeitando as convenções cartográficas já conhecidas a fim de imprimi-las no mesmo formato que os mapas. Com as partes do mapa impresso, bastou-se colá-las.

Fez-se necessário então escolher a cor do EVA que serviu para representar o continente e traçar com ajuda de um lápis os limites municipais, após retirar o modelo em papel pode-se observar as pequenas linhas deixadas no EVA e com uma caneta esferográfica teve-se que reforçá-las a fim de haver uma boa demarcação político-administrativa.

Após isto como na outra metodologia, o recorte foi feito da menor cota para a maior cota altimétrica, de tal modo que, pode-se traça-las em um EVA de cor diferenciada a fim de possibilitar que as pessoas com baixa visão possam perceber tal contraste (Figura 7). Após desta etapa, apenas foi necessário colar as curvas já moldadas no EVA de maneira correta e adequar o restante da maquete (ferramentas possuidoras de elevação podem ser consideradas como tal) às convenções cartográficas como nos mapas táteis.





Figura 7. Maquete Topográfica dos Maciços Cariocas em EVA.

## Resultados

As escolas escolhidas para a aplicação dos materiais didáticos produzidos se localizaram na Baixada Fluminense onde se é possível encontrar os níveis mais baixos de rendimento escolar (Sistema FIRJAN, 2018), principalmente, de crianças com necessidades específicas (NEE) (Censo INEP, 2017) que, por sua vez, nos municípios que compõem o grupo, em sua maioria nem são encontradas dentro das salas de aula devido à falta de infraestrutura para acolhe-las ou mesmo para chegar na escola.

As poucas escolas encontradas foram escolas regulares que incluíram seus alunos NEE dentro de salas superlotadas, onde o docente além de não possuir, em sua maioria, o tutor para auxiliá-lo, não conseguia gerir a turma sem aumentar seu tom de voz, chamando-os a atenção, não tendo assim a liberdade de utilizar didáticas diferenciadas

capazes, talvez, de levar todo o grupo de alunos a compreender os conteúdos passados de forma diferenciada.

Os alunos foram divididos em grupos, os quais formaram duas rodas, sendo uma composta de alunos do 6º ano do ensino fundamental e a outra de alunos do 7º ano do ensino fundamental. Nesta pesquisa, alunos sem deficiência visual, após saberem da dinâmica que foi exposta em frente a todos no horário de aula normal pediram para participar também o que exigiu que a pesquisadora fizesse faixas da cor preta para vender completamente os olhos desses alunos, tais faixas foram feitas de TNT e para simular os alunos com baixa visão, faixas feitas com material de sacos plásticos transparente foram confeccionadas. Apenas depois que todos os alunos estavam devidamente arrumados e com suas faixas é que a aplicação começou, todo o procedimento teve o auxílio dos docentes responsáveis pela disciplina nas diferentes escolas

Após apresentação dos mapas e maquetes táteis para cada um dos alunos obteve um resultado geral satisfatório, no entanto, separadamente, os mapas e maquetes possuíram avaliações diferenciadas. Tanto nos mapas e nas maquetes sentiu-se a falta do Braille, no entanto, tal falta foi compensada com a legenda e o apoio da pesquisadora e dos auxiliares; para o mapa topográfico do território brasileiro sentiu-se a necessidade de representação dos países existentes no entorno do país mesmo que o objetivo do mapa não fosse representar os mesmos e já quanto a maquete topográfica, visto que o Maciço do Gericinó-Mendanha é a feição mais próxima das escolas participantes houve a sugestão de enfoque apenas neste maciço com a justificativa de que os demais, apesar de serem importantes, não auxiliariam os mesmos a compreender os conteúdos de Geografia Física.

### **Conclusões**

Conclui-se com isto que a utilização de mapas e maquetes táteis dentro de sala de aula auxiliam as aulas de cartografia e geomorfologia tornando as mesmas mais didáticas sejam para os alunos possuidores de alguma deficiência visual seja para aqueles que não

possuem. Restringindo para apenas os alunos cegos e com baixa visão observou-se que a percepção desenvolvida pelos mesmos do espaço geográfico é diretamente relacionada a refuncionalização cerebral (Luria, 1980) que os mesmos sofrem após a perda da visão ou a parcialidade da mesma, auxiliando-os a produzir imagens mentais das feições geomorfológicas apresentadas logo após o contato háptico com os materiais didáticos produzidos o que resulta na compreensão dos signos do meio, isto é, objetos a serem analisados pelo sujeito, que por sua vez, define significados aos mesmos, “decodificando-os” (Sposito, 2004). Isto posto, verifica-se a necessidade de mais pesquisas nesta área a fim de produzir materiais cada vez mais funcionais para o auxílio do processo de ensino-aprendizagem de crianças cegas e com baixa visão.

### Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, D. C. S., MELO, A. Á. O Ensino de Geografia para alunos com necessidades educacionais especiais: o caso dos alunos cegos e com baixa-visão. Instituto de Geografia (IG). Universidade Federal de Uberlândia, 2007.
- DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A.I.M.; SILVA, C.R.; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J.F.; CALDERANO, S.B. e; CARVALHO FILHO, A. 2005. Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro, Brasília/CPRM. Encontrado na internet via <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/644>>. Acesso em: 01 de novembro de 2017.
- INEP. Resultados finais do Censo Escolar (redes estaduais e municipais) – Anexo II. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. Brasília, 2017.
- ISSMAEL, L. S. Cartografia Cognitiva: Um instrumento de Espacialização de Informações Geográficas. 2008. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.
- LURIA, A. R. Consciencia y Lenguaje. Pablo del Rio, Madrid, 1980.
- MANTOAN, M. T. E. A educação especial no Brasil – da exclusão à inclusão escolar. Laboratório de Estudos e Pesquisas em Ensino e Diversidade. Núcleo Temático ‘Escola, Diversidade e Educação’. Cursos. UNICAMP, 2001.
- RÉGIS, T. C.; CUSTÓDIO, G. A; NOGUEIRA, R. E. Materiais didáticos acessíveis: mapas táteis como ferramenta para a inclusão educacional. In: Colóquio de Cartografia para crianças e escolares, 7, 2011. Vitória. Anais... Vitória, p. 598-612, 2011.

SILVA, R. R. Mapa Tátil: Metodologia para construção de mapas por videntes e cegos. 2013. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Ciência e Tecnologia. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2013.

SISTEMA FIRJAN. Análise Especial IFDM 2018 / Ano Base 2016: Rio de Janeiro. Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal. Sistema FIRJAN, 2018.

SPOSITO, E. S. Geografia e Filosofia, contribuição para o ensino do pensamento geográfico. São Paulo: Ed. UNESP, 2004.

**Data de Submissão: 05/11/2018**

**Data da Avaliação: 10/12/2018**

## ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA DO CÓRREGO ÁGUA DAS FURNAS: UMA PROPOSTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL UTILIZANDO GEOTECNOLOGIA NA ESCOLA

Lauriane Rodrigues<sup>1</sup>

Maryna Silva Bueno<sup>2</sup>

Anderson Oliveira de Araújo<sup>3</sup>

Carla Cristina Reinaldo Gimenes de Sena<sup>4</sup>

131

### RESUMO

O artigo em questão aborda a proposta de educação ambiental realizada com os alunos do 2º ano do ensino médio, nas aulas de Geografia de uma escola no município de Ourinhos – SP. Dentro da temática de educação ambiental, foi escolhido o tema água para realização das atividades, como aulas expositivas, abordando a importância da educação ambiental para pretensas mudanças perante os problemas ambientais, pontuando a preservação, principalmente das nascentes que são primordiais para a formação dos corpos hídricos além de trabalhar atividades práticas, como a realização do trabalho de campo com coleta de água para análise e verificação da qualidade da água no córrego Água das Furnas com o uso de algumas geotecnologias a fim de contribuir na formação do aluno.

Palavras-chaves: Educação Ambiental, Recursos Hídricos, Análise de Água, Geotecnologias no Ensino.

### WATER QUALITY ANALYSIS OF THE FURNAS WATER STREAM: A PROPOSAL FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION USING GEOTECHNOLOGY IN THE SCHOOL

### ABSTRACT

The article in question addresses the proposal of environmental education carried out with the students of the second year of high school, in the classes of Geography of a school in the municipality of Ourinhos-SP. Within the theme of environmental education, the topic water was chosen to carry out the activities, such as lectures, addressing the importance of environmental

<sup>1</sup> Graduanda em Geografia na UNESP – Campus de Ourinhos. E-mail: lauriane.rodrigues24@gmail.com;

<sup>2</sup> Graduanda em Geografia na UNESP – Campus de Ourinhos. E-mail: maryna.4sb@gmail.com;

<sup>3</sup> Graduando em Geografia na UNESP – Campus de Ourinhos. E-mail: anderson.oliveira7@live.com.

<sup>4</sup> Professora Doutora da UNESP - Campus de Ourinhos. E-mail: carla@ourinhos.unesp.br.

education for alleged changes to environmental problems, punctuating the preservation, especially of springs that are essential for the formation of water bodies in addition to working on practical activities, such as carrying out the field work with water collect for analysis and verification of the water quality in Água das Furnas stream with the use of some geotechnologies in order to contribute to the formation of the student.

Keywords: Environmental Education, Water Resources, Water Analysis, Geotechnology in Education.

## **ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CORRIENTE DE AGUA DE FURNAS: UNA PROPUESTA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL UTILIZANDO LA GEOTECNOLOGÍA EN LA ESCUELA**

### **RESUMEN**

El artículo en cuestión aborda la propuesta de educación ambiental realizada con los alumnos del 2º año de la enseñanza media, en las clases de Geografía de una escuela en el municipio de Ourinhos - SP. En el marco de la temática de educación ambiental, se eligió el tema agua para realizar las actividades, como clases expositivas, abordando la importancia de la educación ambiental para supuestos cambios ante los problemas ambientales, puntuando la preservación, principalmente de las nacientes que son primordiales para la formación de los cuerpos y el trabajo de campo con recolección de agua para análisis y verificación de la calidad del agua en el arroyo Agua das Furnas con el uso de algunas geotecnologías a fin de contribuir en la formación del alumno.

Palabras clave: Educación Ambiental, Recursos Hídricos, Análisis de Agua, Geotecnologías en la Enseñanza.

### **INTRODUÇÃO**

O artigo apresenta uma proposta de educação ambiental especificamente relacionada ao tema água, desenvolvido durante a disciplina de gestão de recursos hídricos, no curso de Geografia, no campus de Ourinhos, São Paulo, na UNESP (Universidade Estadual Paulista). As atividades abordadas neste trabalho foram realizadas em uma escola pública e no Córrego Água das Furnas entre os meses de abril e maio de 2018.

Utilizando as aulas de geografia, o trabalho foi realizado através de duas etapas, sendo uma teórica com a aplicação de aulas expositivas, voltadas para a contextualização dos conceitos relacionados à educação ambiental e análise da

*RODRIGUES et al, análise da qualidade de água do córrego água das FURNAS: uma proposta de educação ambiental utilizando geotecnologia na escola*

mudança espacial, com auxílio de fotografias aéreas e imagens de satélites, contidas na área de estudo, como na nascente e no perímetro já canalizado do Córrego Água das Furnas e seu entorno.

A segunda etapa da proposta de educação ambiental foi a realização do trabalho de campo com alunos do 2º ano do ensino médio, desde nascente na Vila Mano até a primeira parte já canalizada do córrego no bairro na Vila Adalgisa do município, onde foram coletadas amostras de água desses dois pontos, para análise da qualidade da água e posteriormente foi realizada com os alunos a comparação dos dados obtidos, com os critérios de acordo com os parâmetros do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente).

Assim foi possível demonstrar para os alunos a importância da preservação das nascentes, tanto para um consumo consciente da água, como para a manutenção da sua disponibilidade em função dos impactos exercidos pelas atividades humanas, que foram averiguadas no decorrer das aulas.

Este trabalho teve como objetivo conscientizar os alunos sobre a qualidade da água no Córrego Água das Furnas e mostrar como suas ações podem impactar de forma positiva ou negativa nesses resultados, além de promover o uso de geotecnologias no ensino de Geografia.

Segundo Ribeiro (2008), a água é fonte de riqueza por ter sido transformada em uma mercadoria internacional, gerando interesses dos grandes grupos transnacionais e é também fonte de conflitos porque a sua distribuição natural não equivale à sua distribuição política, já que alguns países possuem mais água que o necessário para atender as necessidades de sua população, e outros países sofre com a sua escassez.

Segundo Nogueira et al. (2013, p. 33) existem alguns fatores importantes para a proteção da água:

Acredita-se, que uma série de combinações entre fatores de proteção, possa garantir a existência permanente da água no meio ambiente. Um dos principais fatores é através da proteção de florestas, da qual também influenciará na sua qualidade e na sua quantidade. Uma vez protegida ela disponibilizara um recurso hídrico de boa qualidade.

É necessário que esses fatores sejam levados em conta para a manutenção dos recursos hídricos, segundo Valente e Gomes (2005) existem duas maneiras das nascentes se formarem, sendo uma a partir dos lençóis freáticos, da qual se deposita em camadas impermeáveis, e a outra em relação aos lençóis artesianos cuja água fica confinada entre duas camadas impermeáveis.

#### 1. Caracterização da área de estudo

Ourinhos é um município localizado no interior do estado de São Paulo. Ocupa uma área de 296,27 km<sup>2</sup> (OURINHOS, 2014), sendo que 12,4015 km<sup>2</sup> estão no perímetro urbano (IBGE, 2010 adaptado por Araújo et al., 2017, no prelo). Possui uma população estimada de 112711 habitantes (IBGE, 2018) e uma densidade demográfica de 347,78 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2010 adaptado por ARAÚJO et al., 2017, no prelo).

Em relação ao córrego ao qual foi realizado o trabalho de campo, mostra que às mudanças ocorridas no uso da terra da microbacia do córrego Água das Furnas, Piroli (2015) desenvolveu um estudo neste local fazendo uma análise da ocupação do solo no ano de 1972 e 2012. Foi concluído que as mudanças no uso e na cobertura da terra da microbacia foram grandes e trouxeram impactos ambientais relacionados à redução da infiltração da água das chuvas no solo que pode trazer diversas consequências para a agricultura, para o ciclo hidrológico e para a população que reside nesta área.

De acordo com Peron & Piroli (2011), as nascentes “surgem a partir de aflorações dos lençóis freáticos, dando origem a cursos d’água” e a mata ciliar é uma “cobertura vegetal nativa localizada às margens das nascentes, rios e demais corpos d’água”.

Além de não haver uma mata ciliar protegendo a nascente do córrego Água das Furnas, já que está dentro do campo de futebol de um clube privado, o percurso da água deste curso se dá em uma canalização que inicia na empresa produtora de concreto e massa e termina no lago do Parque Olavo Ferreira de Sá. De lá, continua o trajeto até o rio Pardo, que é responsável pelo abastecimento de água para a maioria da população ourinhense.

A canalização dos córregos para muitos moradores pode significar uma “higienização” do espaço devido a retirada do mato e dos animais peçonhentos que

*RODRIGUES et al, análise da qualidade de água do córrego água das FURNAS: uma proposta de educação ambiental utilizando geotecnologia na escola*



cercam este curso d'água. Ela faz que a vazão da água diminua e ocorra o assoreamento (uma erosão do solo que causa o soterramento do córrego) devido a derrubada das árvores essenciais para o equilíbrio ecológico da microbacia.

Segundo o parágrafo único do artigo 1º da Lei nº 12.651, de 2012 (Novo Código Florestal), que estabelece normas sobre a proteção da vegetação faz o seguinte apontamento:

I - afirmação do compromisso soberano do Brasil com a preservação das suas florestas e demais formas de vegetação nativa, bem como da biodiversidade, do solo, dos recursos hídricos e da integridade do sistema climático, para o bem-estar das gerações presentes e futuras.

A situação em que se encontra o Córrego Água das Furnas é apenas um dos exemplos de abandono dos poderes públicos que não cumprem o que foi prometido.

## 1.2 Sensoriamento remoto e seus produtos e a análise do uso da terra

Segundo Colwell (1983 adaptado por JENSEN, 2009), o sensoriamento remoto foi definido pela American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) como: “a medição ou aquisição de informação de um objeto ou fenômeno, por um dispositivo de registro que não esteja em contato físico ou íntimo com o objeto ou fenômeno em estudo”. Pode ser considerado também como “a ciência e a arte de obtenção de informações sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por dispositivos que não estão em contato com os mesmos” (LILLESAND et al., 2004 adaptado por PIROLI, 2017).

A análise do uso da terra é fundamental para identificar as possíveis mudanças no local escolhido em “termos de quantidade e na sua distribuição espacial” (PIROLI et al., 2011 adaptado por PIROLI, 2017). Podemos citar como exemplos a expansão urbana de um município, as alterações ocorridas na área de uma determinada cultura e as mudanças ocorridas em um curso de água e ao seu entorno, o que foi feito neste trabalho.

De acordo com Melo (2004) o sensoriamento remoto é visto cada vez mais como aquisição de informação que pode ter seu desenvolvimento na área da educação. O uso

*RODRIGUES et all, análise da qualidade de água do córrego água das FURNAS: uma proposta de educação ambiental utilizando geotecnologia na escola*

de imagens de satélite, segundo Menezes (2013) possibilita, a partir de uma análise e interpretação de imagens de sensores remotos, a articulação entre conceitos geográficos, como lugar, região e movimento, além de compreender a interação ser humano/meio.

Outro aspecto segundo Dambros e Cassol (2011) é a necessidade de se trabalhar com imagens de para que possam entender uma imagem do terreno para futuramente construir um mapa, neste processo o aluno passa a ser crítico da sua própria realidade e começa a identificar elementos que estão presentes na paisagem que nem sempre fizeram parte de sua construção histórica.

Essa prática da inserção da tecnologia no ensino é reforçada no PCN, como o sensoriamento remoto, que pode tornar-se um grande exponencial como um recurso didático. Florenzano (2007) destaca que é a partir da análise e interpretação de sensores remotos, os conceitos de lugar, interação homem/meio, localização, região e movimento (dinâmica) podem ser articulados, possibilitando determinar configurações da visão do planeta Terra a de visão de Estado, região ou localidade ou aspectos físicos.

## **METODOLOGIA**

A discussão do tema sobre Educação Ambiental, Água e o uso de geotecnologias aplicadas no ensino torna-se indispensável para compreender e produzir uma Geografia mais crítica, onde a compreensão pelo lugar em que os alunos vivem é de extrema importância, pois é a partir das dinâmicas do meio que será possível avaliarem e perceber mudanças e permanências, além de discutir questões públicas, jurídicas.

Para o estudo do tema proposto foi realizada uma pesquisa com abordagem qualitativa, onde foram ministradas aulas expositivas abordando sobre questões ligadas a educação ambiental como a preservação dos recursos hídricos (nascentes, córregos e rios), foi proposto um trabalho de campo para que pudessem analisar a qualidade da água do córrego Água das Furnas e criamos um caderno de campo onde os alunos pudessem observar algumas questões no pré/durante e pós campo, além de conter o roteiro e uma tabela com os resultados obtidos na análise. Ao total foram utilizadas sete aulas de Geografia, totalizando cinco dias de aplicação.

As questões levantadas no caderno de campo são as seguintes:

*RODRIGUES et all, análise da qualidade de água do córrego água das FURNAS: uma proposta de educação ambiental utilizando geotecnologia na escola*

### Questões antes do campo

- 1- Porque é importante preservar uma nascente?
- 2- Como você vê o processo de canalização? Quais outras possibilidades além da canalização?

### Perguntas durante o campo

- 1- Como se encontra a nascente? (Análise o redor, cobertura vegetal, solo e possíveis impactos).
- 2- Como é tratada a água no Ourinhense?
- 3- Descreve os aspectos possíveis sobre o córrego (cor, odor e volume).

Na primeira aula foi discutido sobre a disponibilidade dos recursos naturais, da água, sobre a desigualdade ao acesso aos recursos hídricos, o que é uma nascente e como preservar e debater sobre o Código Florestal.

Nas duas aulas seguintes discutimos os elementos de uma fotografia aérea e das imagens de satélite, onde os mesmos na aula apontaram diferenças entre ambas. Logo após apresentamos a área de estudo que seria percorrida e aplicamos uma atividade de uso do solo com uma fotografia aérea do ano de 1972, a partir desta fotografia os mesmos puderam observar as mudanças e permanências do lugar, além do mais, essa atividade contribuiu para verem “que nem sempre aquele lugar” foi assim.

A fotografia utilizada neste trabalho é do ano de 1972. Ela abrange toda a área urbana, as culturas agrícolas da época e drenagens contando com a presença dos rios Pardo e Turvo e a microbacia do córrego Água das Furnas. Este córrego tem uma de suas nascentes dentro do campo de futebol do Clube Atlético Ourinhense (ponto 1 de coleta de água) e deságua no rio Pardo, na porção Norte do município. Foi utilizada uma imagem do Landsat 8, do ano de 2018, obtida através do item Google Satellite presente na ferramenta QuickMapServices do software QGIS 2.18.

Já na quarta e quinta aula os alunos foram a campo. A área de estudo foi a nascente do córrego Águas das Furnas no Clube Atlético Ourinhense – ponto 1 – (figura 1) e no início da canalização próximo a uma empresa de concreto – ponto 2 – (figura 2). Durante o campo foram coletadas duas amostras de água através de um kit para o controle da qualidade da água, que serve para análise física e química da qualidade de

*RODRIGUES et al, análise da qualidade de água do córrego água das FURNAS: uma proposta de educação ambiental utilizando geotecnologia na escola*

água e o seu uso é destinado ao ensino por ser uma análise menos complexa. Na figura 3, vemos os pontos visitados para a coleta da água (marcados com um círculo vermelho) e a localização da escola ao noroeste dos locais visitados.



Figura 1 – Coleta no ponto 1 - nascente do Córrego Águas das Furnas.  
Fonte: Acervo pessoal (2018).



Figura 2 – Coleta no ponto 2 – córrego canalizado.  
Fonte: Acervo pessoal (2018).

Localização da escola e dos pontos visitados durante o trabalho de campo



Datum: WGS 84 - EPSG: 4326  
Fonte: Google Earth (2018)  
Elaborado por: Anderson Oliveira de Araújo (2018)

*RODRIGUES et al, análise da qualidade de água do córrego água das FURNAS: uma proposta de educação ambiental utilizando geotecnologia na escola*

Figura 3 – Pontos visitados para a coleta de água no córrego Água das Furnas e a localização da escola onde as demais atividades foram realizadas.  
Elaborado por: Anderson Oliveira de Araújo (2018).

Na sexta e sétima aula foram discutidos os resultados obtidos através da coleta para análise de qualidade da água.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

No geral os alunos classificam nascente como um corpo d'água que deve ser preservado por ser “a origem” dos rios, por ser fonte de vida de organismos aquáticos, porque a contaminação de uma nascente prejudica todo o curso.

Sobre a questão da canalização do córrego os alunos apontaram dois pontos: negativo e positivo, o positivo é que a partir de uma canalização diminui-se enchentes e o negativo contrapõe o positivo, pois considera-se que o curso perde sua corredeira natural e pode gerar um aumento no descarte de resíduos sólidos.

Após as aplicações feitas em sala de aula e a ida a campo e o auxílio do caderno, foi necessário montar uma tabela (Tabela 1) com os elementos químicos analisados presentes na água, onde os alunos compreenderam o que significava cada elemento.

A base para a explicação foi utilizada o padrão do CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) que classifica os índices de qualidade de água. Desta forma de acordo com o CONAMA – RESOLUÇÃO Nº 357, de 17 de março de 2005, define-se como:

Considerando que a Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente e o SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente, que visa assegurar a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental através da racionalização do uso dos meios, controle e zoneamento das atividades potencialmente poluidoras e o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, de modo a não prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, de outras formas de vida ou ainda criar condições adversas às atividades econômicas e sociais (BRASIL, 2005).

Desta forma, define-se como CONAMA o órgão que é deliberado pelo SISNAMA e que dispõe de classificações de corpos d'água, além da preservação dos recursos naturais disponíveis.

*RODRIGUES et all, análise da qualidade de água do córrego água das FURNAS: uma proposta de educação ambiental utilizando geotecnologia na escola*

O ponto 1 refere-se a uma nascente é classificado como classe 1, levando em conta o que o órgão sugere:

Art. 3º - As águas subterrâneas são classificadas em: I – Classe especial - As águas subterrâneas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção destes que estão situadas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial (BRASIL, 2005).

Já o ponto 2 como é o início da canalização do córrego e já passou por um processo de antropização é classificado como classe 2, de acordo com o CONAMA:

III - Classe 2 - Águas subterrâneas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção destes que não contêm substâncias antropogênicas e cujas características hidrogeoquímicas naturais podem exigir tratamento adequado dependendo do uso pretendido (BRASIL, 2005).

Após discussão da classificação e do significado de cada elemento, surgiu a seguinte tabela.

Análise	Amostra 1	Amostra 2	Classe 1	Classe 2
Cloreto	20mg/L	20mg/L	250mg/L	250mg/L
Oxigênio Dissolvido	8mg/L	7mg/L	6mg/L	5mg/L
Amônia	2,42mg/L	1mg/L	1,5mg/L	1,5mg/L
Cloro	0,10mg/L	0,25mg/L	0,1mg/L	-
Ortofosfato	0,9mg/L	2,1mg/L	Até 0,020mg/L (lêntico) Até 0,1 mg/L (lótico)	Até 0,03 mg/L (lêntico)
PH	6,5	8	6-9	6-9
Turbidez	50NTS	100NTS	40 NTS	100 NTS
Dureza	40mg/L	40mg/L	40mg/L	40mg/L

Tabela 1 - Elementos químicos encontrados na água  
Fonte: BRASIL (2005 adaptado pelos autores, 2018).

As amostras 1 (nascente) e 2 (início da canalização) referem-se a valores após a coleta e análise d'água e as classes 1 e 2 referem-se aos valores máximos estipulados pelo CONAMA. Ao comparar os resultados obtidos através da análise com o índice permitido pelo CONAMA em aula concluímos que, em relação ao índice de cloreto notamos que está abaixo do valor máximo, indicando que esta água pode não apresentar alta concentração de íons. Isso significa que em alta concentração pode causar efeitos laxativos. Mesmo que o ponto 2 apresentou um pouco mais elevado que o ponto 1 ainda se encontra em boas condições.

Outro resultado que chamou atenção dos alunos e foi discutido pelos mesmos foi o alto índice de ortofosfato nas duas amostras. Quando em altos níveis indica a presença de esgotos domésticos ou esgotos fecais e também industriais. Ao fazer essa análise a grande questão foi sobre a preservação e conservação de nascentes tendo em vista que até mesmo a nascente apresentou um número elevado, isso demonstra a contaminação no solo por conta da concentração de áreas residenciais no entorno.

No ponto 2 esse índice também chamou atenção pelos valores correspondentes, isso demonstra que em um pequeno trecho da nascente até o início da canalização essa água passa por um processo intenso de descarte de resíduos. Além do ortofosfato outro elemento em destaque foi o pH do ponto 2 que houve uma maior alteração, representando uma água mais alcalina.

E por fim, a alta concentração de amônia revelou no ponto 1 a grande concentração de matéria orgânica, que em alta quantidade prejudica a vida aquática, representando a decomposição da matéria orgânica adivinha do solo.

Após a discussão feita os alunos apontaram que as condições que hoje encontram-se a nascente no clube poderiam ser melhoradas, sendo que por conta de uma construção de um campo de futebol o curso da mesma foi desviado.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de outras metodologias, a abordagem da Cartografia e do Sensoriamento Remoto no ensino de Geografia torna-se de suma importância, pois esta ciência possibilita aos alunos a compreensão de sua posição no conjunto das relações da sociedade com a natureza; como e por que suas ações, individuais ou coletivas, em

*RODRIGUES et all, análise da qualidade de água do córrego água das FURNAS: uma proposta de educação ambiental utilizando geotecnologia na escola*

relação aos valores humanos ou à natureza, que haverá consequências tanto para si quanto para a sociedade, contudo observar os processos de permanências e mudanças no meio onde vivem é fundamental para favorecer a compreensão e a leitura da realidade.

Portanto, o Sensoriamento Remoto pode ser usado como recurso didático não só em relação aos conteúdos curriculares das diferentes disciplinas (multidisciplinar) mas nos estudos de interdisciplinaridades, que coopera na análise do meio ambiente, ou em estudos do meio ou em projetos de diversas áreas.

Os ensinamentos aos alunos da escola fizeram com que eles pudessem ter uma nova visão sobre os cursos hídricos indo além do córrego estudado. As abordagens sobre as presenças da mata ciliar e da canalização permitiram que os alunos tivessem uma análise crítica do espaço durante o trabalho de campo que é essencial para reforçar a aprendizagem e trazer bons resultados dos adolescentes ao entrarem em contato com a área de estudo.

Os materiais utilizados como a fotografia aérea foi necessária para localizar o surgimento do córrego até a sua chegada no rio Pardo, responsável pelo abastecimento do município. A partir desta, foi possível compreender as mudanças ocorridas no uso e na cobertura do solo e o crescimento da urbanização em torno deste curso d'água nos últimos 46 anos com o uso de geotecnologias.

A análise hídrica feita nos dois pontos concluíram que a água do córrego Água das Furnas não é uma água tóxica e que em condições de tratamento essa água pode ser consumida, porém a grande preocupação em relação ao ponto 2 é a alteração em alguns valores que demonstram a presença de resíduos que podem causar assoreamento no seu percurso final, além do odor que exala, causando um certo desconforto a população residente próxima, porém destaca-se que além da análise e da conscientização da preservação é necessário levar a toda a comunidade uma educação ambiental, acreditando-se que ao atingir a esfera dos alunos, eles possam compartilhar seus conhecimentos.

O estudo das unidades de produção da água (oxigênio dissolvido, amônia, fósforo, pH, turbidez, cloreto, cloro e ferro) foi fundamental para que os alunos



aprendessem a importância de cada um deles, essenciais para identificar as matérias orgânicas e inorgânicas e os micro-organismos na água.

Ao realizar as atividades e o campo, puderam compreender índices e apontarem quais os principais problemas quando há o uso e ocupação do solo, mas não só esse fator, pois além disso os alunos puderam conhecer esse lugar – conceito que é muito discutido na Geografia - e puderam perceber a importância de conhecer, pois é a partir do momento em que o aluno entra em contato com a realidade que pode o tornar mais crítico e um ser atuante na sociedade.

#### REFERÊNCIAS

BRASIL. Dispositivos que tratam de Áreas de Preservação Permanente (APP) na legislação brasileira vigente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/E72A2846/DispositivosLegaisAPP.pdf>> Acesso em 21 mai. 2018.

CIAGRO/IAC – Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas do Instituto Agrônomo de Campinas. Resenha: Ourinhos no período de 01/01/2017 até 01/01/2018. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Listagens/Resenha/LResenhaLocal.asp>> Acesso em: 21 mai. 2018

DAMBROS, G; CASSOL, R. O sensoriamento remoto como recurso didático para o ensino de cartografia. In: Anais XV SBRS, Curitiba, PR, 2011, P. 3302 – 3307.

FLORENZANO, Teresa Galloti. Iniciação em sensoriamento remoto. São Paulo. 101 p. 2007.

GOVERNO DE OURINHOS. Ourinhos-SP / Região de Governo de Ourinhos / Território e População. Disponível em: <<http://www.ourinhos.sp.gov.br/ourinhos/dados-gerais/>> Acesso em: 21 mai. 2018

IBGE Cidades. Brasil / São Paulo / Ourinhos. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ourinhos/panorama>> Acesso em: 20 jul. 2018.

MELO, A. A. O uso do sensoriamento remoto como recurso didático para o ensino da cartografia na geografia. Instituto de Geografia UFU Programa de Pós graduação em Geografia, Caminhos de Geografia, 2004

*RODRIGUES et all, análise da qualidade de água do córrego água das FURNAS: uma proposta de educação ambiental utilizando geotecnologia na escola*

MENEZES, et al. Utilização do sensoriamento remoto no ensino da geografia para o ensino médio como recurso didático. In: Geo UERJ, Rio de Janeiro, - Ano 15, nº. 24, v. 2, 2º semestre de 2013.

PERON, Amanda Fabiane; PIROLI, Edson Luís. Conhecendo e cuidando da bacia hidrográfica do Rio Pardo. Centro de Estudo e Divulgação de Informações sobre Áreas Protegidas, Bacias Hidrográficas e Geoprocessamento – CEDIAP-GEO. Ourinhos-SP, 2011.

PIROLI, Edson Luís. Mudanças no uso da terra e impactos sobre a infiltração de água em microbacias hidrográficas avaliados com técnicas de geoprocessamento. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, João Pessoa-PB. Anais... João Pessoa-PB, 2015, p. 2228.

PIROLI, Edson Luís. Mudanças no uso da terra em microbacias hidrográficas e impactos nos recursos naturais e na população humana. Projeto de pesquisa financiada pela FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) - Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Ourinhos. Ourinhos, 2017.

RIBEIRO, Wagner Costa. Geografia política da água. São Paulo: Annablume, 2008.

VALENTE, Osvaldo Ferreira; GOMES, Marcos Antônio. Conservação de Nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005

**Data de Submissão: 05/11/2018**

**Data da Avaliação: 10/12/2018**

*RODRIGUES et all, análise da qualidade de água do córrego água das FURNAS: uma proposta de educação ambiental utilizando geotecnologia na escola*