

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE  
SUBSECRETARIA DO MEIO AMBIENTE**

**INSTITUTO GEOLÓGICO**

**PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

***CADERNO DE RESUMOS***

***8º Seminário de Iniciação Científica  
PIBIC-IG***

**SÃO PAULO**

**MARÇO - 2019**

## **INSTITUTO GEOLÓGICO**

---

*Luciana Martin Rodrigues Ferreira*  
*Diretora do Instituto Geológico*

## **PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - PIBIC**

---

*Claudia Luciana Varnier*  
*Coordenadora do PIBIC-IG*

*Comitê Interno (2017-2018)*  
*Gustavo Armani*  
*Mirian Ramos Gutjahr*  
*Ricardo Vedovello*  
*William Sallun Filho*

## **COMISSÃO EDITORIAL INSTITUTO GEOLÓGICO**

---

*Mirian Ramos Gutjahr*  
*Editora-Chefe*

*Denise Rossini Penteado – Editora-Assistente*  
*Márcia Vieira Silva – Editora-Assistente*  
*Ricardo Vedovello – Editor-Assistente*  
*Rosangela do Amaral – Editora-Assistente*

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca e Mapoteca do Instituto Geológico

S471c Seminário de Iniciação Científica PIBIC-IG (8. : 2018 : São Paulo, SP)  
Caderno de resumos. 8º Seminário de Iniciação científica PIBIC-IG,  
realizado no dia 29 de maio de 2018 – São Paulo, SP. – São Paulo: IG/SMA,  
2018.

54p. (versão on-line)

ISSN: 2525-7722

1.Seminário 2. Bolsista – Iniciação Científica. 3. Produção científica. I.  
Título.

CDD 507.8

## **SUMÁRIO**

|   |    |
|---|----|
| Apresentação: .....   | IV |
| Resumos: .....  | V  |
| MINERALOGIA DE PALEOSSOLOS DO PLANALTO DE MONTE VERDE, SERRA DA MANTIQUEIRA:.....   | 06 |
| O USO DE SIG NA CARACTERIZAÇÃO DE RISCOS GEODINÂMICOS EM ESCOLAS NO MUNICÍPIO DE UBATUBA (SP): FASE 03 – CONTINUAÇÃO DA CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE:..... | 12 |
| GEORREFERENCIAMENTO DO ACERVO DIGITAL DE FOTOGRAFIAS AÉREAS DO INSTITUTO GEOLÓGICO (IG) - LITORAL NORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO:.....                            | 18 |
| USO DE ALUMINAS ATIVADAS E MODIFICADAS COM MANGANÊS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS COM FLÚOR:.....  | 23 |
| INVENTÁRIO DE DESASTRES RELACIONADOS A EVENTOS GEODINÂMICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO EM 2017: .....   | 30 |
| ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA EM ÁREAS SUSCETÍVEIS À INUNDAÇÃO E MOVIMENTO DE MASSA: ESTUDO DE CASO EM MAIRIPORÃ, A PARTIR DE 2010:..                              | 36 |
| REAVLIAÇÃO DO MAPEAMENTO DA GEOMORFOLOGIA CÁRSTICA DE KARMANN (1994) NOS PLANALTOS CÁRSTICOS LAJEADO-BOMBAS E FURNAS-SANTANA, SP:.....                          | 43 |
| GEORREFERENCIAMENTO DO ACERVO DIGITAL DE FOTOGRAFIAS AÉREAS DO INSTITUTO GEOLÓGICO (IG) – VALE DO RIBEIRANO ESTADO DE SÃO PAULO:.....                           | 49 |

## APRESENTAÇÃO

A atividade de Iniciação Científica do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Geológico (PIBIC-IG) vem continuamente se aprimorando e gerando ótimos resultados. Entre 2011 e 2017, 47 bolsistas participaram do programa, sendo 27 do Ensino Superior e 20 do Ensino Médio.

Na categoria de Ensino Superior, em virtude da diversidade de temas abordados nos projetos de pesquisa desenvolvidos pelos pesquisadores desta instituição, o perfil dos bolsistas que por aqui passaram, abarcou graduandos de diversos cursos de graduação, tais como: biologia, ciências ambientais, geografia, geologia, química e licenciatura em geociências.

Como normalmente acontece, a 8ª edição do “Seminário de Iniciação Científica PIBIC-IG (8º SICIG)”, ocorreu no dia 29 de maio de 2018, na sede do Instituto Geológico (IG/SIMA), sob a organização do Comitê PIBIC-IG.

Com uma visão multidisciplinar, o 8º SICIG apresentou uma temática moderna, atraindo profissionais da área de geociências, professores, estudantes e o público, em geral. Na ocasião, foram apresentados 08 trabalhos, desenvolvidos pelos bolsistas de Iniciação Científica, categorias Ensino Médio e Ensino Superior, que fomentaram debates sobre diversos temas na área de Geociências e Meio Ambiente.

Os temas abordados durante as apresentações incluíram: i) georreferenciamento; ii) uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) na prevenção de eventos geodinâmicos; iii) inventário de desastres relacionados a eventos geodinâmicos no Estado de São Paulo; iv) análise da expansão urbana em áreas suscetíveis; v) reavaliação do mapeamento da geomorfologia cárstica; vi) mineralogia de paleossolos; vii) uso de aluminas ativadas e modificadas com manganês no tratamento de água.

Ainda nesta edição, a coordenação do Comitê PIBIC-IG apresentou o histórico deste programa, com enfoque na missão, números de bolsas concedidas e bolsistas contemplados, bem como as áreas de interesse. Ademais, formou-se uma mesa redonda que contou com a presença dos seguintes integrantes: Dr. Ricardo Vedovello (IG/SIMA), membro do Comitê PIBIC-IG e mediador, Dra. Claudia Varnier (IG/SIMA), coordenadora do Comitê PIBIC-IG, Dr. José Luiz Albuquerque Filho (IPT), membro do Comitê Externo PIBIC-IG, Wellington Henrique dos Santos, ex-bolsista PIBIC-IG (Ensino Superior) e Maurício Santos de Jesus, ex-bolsista PIBIC-IG (Ensino Médio). As discussões que se sucederam abordaram, sobretudo, a importância do programa na formação dos bolsistas, e como esta experiência possibilitou que eles se tornassem pessoas mais sensíveis à relação entre o homem e as ciências naturais, principalmente a geociências.

Por fim, este caderno reúne os resumos (simples ou expandidos), produzidos pelos bolsistas de Iniciação Científica, categorias Ensino Médio e Ensino Superior, e de seus respectivos orientadores.

O comitê deseja a todos, boa leitura!

**Comitê do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica  
Instituto Geológico**



## **RESUMOS**

## **MINERALOGIA DE PALEOSSOLOS DO PLANALTO DE MONTE VERDE, SERRA DA MANTIQUEIRA**

### *MINERALOGY OF PALEOSOLS FROM MONTE VERDE PLATEAU, SERRA DA MANTIQUEIRA*

**FAQUIM, R.G. (1), HIRUMA, S.T. (2), FURQUIM, S.A.C. (3)**

- (1) Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas, Universidade Federal de São Paulo, 09913-030, Diadema, Brasil; rg.faquim@gmail.com
- (2) Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, 04015-903, São Paulo, Brasil; sthiruma@gmail.com
- (3) Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas, Universidade Federal de São Paulo, 09913-030, Diadema, Brasil; sacfurquim@gmail.com

**Resumo:** Colúvios ocorrem de maneira generalizada nos trópicos e possuem um importante significado paleoambiental. Na região do Planalto de Monte Verde, Serra da Mantiqueira, foi feita uma descrição pedológica de uma sucessão complexa de colúvios pedogeneizados em baixa vertente, compostos por três gerações de horizontes húmicos (H) enterrados, seguidos de horizontes C em profundidade (perfil MV-4). Os horizontes H possuem, das menores para as maiores profundidades, idades de radiocarbono equivalentes a  $14.180 \pm 50$  AP,  $25.410 \pm 110$  AP e  $28.990 \pm 170$  AP, respectivamente. Em complementação aos estudos pedológicos, realizou-se uma caracterização da área de estudo a partir de análise morfométrica em Sistema de Informação Geográfica (SIG) e estudos mineralógicos por difração de raios-X (DRX) da fração total dos paleossolos, especialmente dos horizontes H, com o intuito de obter informações sobre as evoluções pedogenéticas atual e pretérita. Os resultados da difração de raios-X indicaram a presença dos seguintes minerais principais: caulinita (argilomineral 1:1), gibbsita (óxido de alumínio) e quartzo, sendo os dois primeiros provavelmente presentes na fração argila e o último, nas frações silte e areia.

**Palavras-chave:** colúvios, paleossolos, mineralogia

**Keywords:** *colluvia, paleosols, mineralogy*

## **1 - INTRODUÇÃO**

Colúvios ocorrem de maneira generalizada nos trópicos e possuem um importante significado paleoambiental, muitas vezes associado às mudanças climáticas e de vegetação que levam à instabilidade das vertentes. Sequências coluviais complexas, com intercalações de paleossolos descritas nas cimeiras do Sudeste do Brasil (MODENESI-GAUTTIERI, 2000, HIRUMA *et al.*, 2013), evidenciam uma alternância dos processos de coluvionamento e pedogênese.

HIRUMA *et al.* (2016) descreveram uma sucessão de colúvios em setor de baixa vertente (perfil MV-4) no Planalto de Monte Verde (Serra da Mantiqueira), como uma sequência de três gerações de paleossolos, com idades de radiocarbono dos horizontes H de  $14.180 \pm 50$  AP,  $25.410 \pm 110$  AP e  $28.990 \pm 170$  AP, da menor para maior profundidade, respectivamente.

O presente trabalho complementa a caracterização pedológica supracitada, apresentando resultados mineralógicos preliminares da fração total dos horizontes H do perfil MV-4, obtidos a partir da difração de raios-X. Em uma etapa posterior do trabalho, será analisada a mineralogia da fração argila desses horizontes, podendo fornecer informações importantes sobre as evoluções pedogenéticas atual e passada, inclusive com possíveis implicações paleoclimáticas (TABOR & MYERS, 2015). Paralelamente, e visando uma melhor interpretação sobre o relevo da área de estudo, efetuou-se uma análise morfométrica a partir de modelos digitais de terreno.

## 2 – ÁREA DE ESTUDO

O perfil MV-4 (latitude: 22° 46' 14"S, longitude: 46° 03' 06"O), alvo do presente estudo, localiza-se no Planalto de Monte Verde, na porção sudoeste da Serra da Mantiqueira (Figura 1), dentro do contexto de áreas escarpadas e montanhosas cristalinas pré-cambrianas do leste do Brasil. Insere-se na morfoestrutura do Cinturão Orogenético Antigo do Atlântico (morfoescultura dos planaltos e serras do Atlântico Leste-Sudeste) (ROSS, 2016).

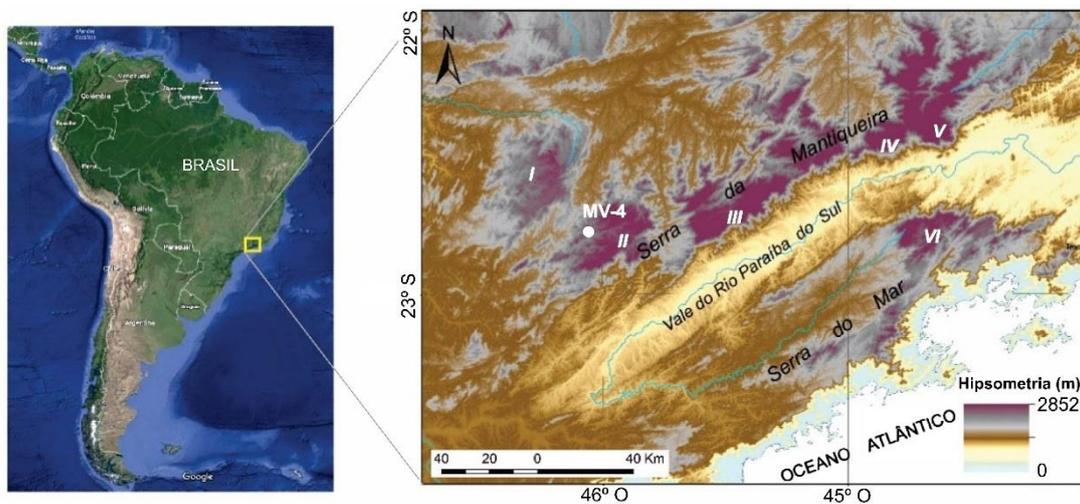


Figura 1 - Mapa hipsométrico (SRTM/NASA) com a localização do perfil MV-4. Cimeiras do sudeste do Brasil: (I) campos do Ribeirão Fundo, (II) Planalto de Monte Verde, (III) Planalto de Campos do Jordão, (IV) Maciço Alcalino de Passa-Quatro, (V) Maciço Alcalino de Itatiaia, (VI) Planalto da Bocaina.

A individualização das Serras do Mar e da Mantiqueira está relacionada com a formação do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RICCOMINI *et al.*, 2004) durante o Paleógeno. Trata-se de uma depressão tectônica, paralela à linha de costa, composta por bacias cenozoicas, que se estende de Curitiba (PR) até Barra de São João (RJ). Na porção central do *rift*, as serras do Mar e Mantiqueira correspondem às feições soerguidas, com altitudes superiores a 2.000 m, e o vale do Rio Paraíba do Sul, à feição rebaixada, desenvolvida sobre a Bacia de Taubaté (Figura 1). O

soerguimento das serras a mais de 2.000 m deu origem a um sistema de paisagem, os *altos campos* (MODENESI-GAUTTIERI, 2000), adaptado a um clima típico de altitude.

As maiores altitudes do Planalto de Monte Verde atingem cotas superiores a 2.000 m (Figura 2). A declividade varia de 10 a 15° no topo do planalto e nas vertentes dissecadas do planalto é superior a 25°. Os mapas de aspecto do terreno e sombreamento do relevo destacam a orientação dos lineamentos morfoestruturais de direção NW-SE e NNE-SSW, que coincide com a orientação do bandamento gnáissico, e, subordinamente, NW-SE. O perfil MV-4 encontra-se em altitude aproximada de 1.600 m, com declividade aproximada de 5°, em um setor de baixa vertente voltado para noroeste.

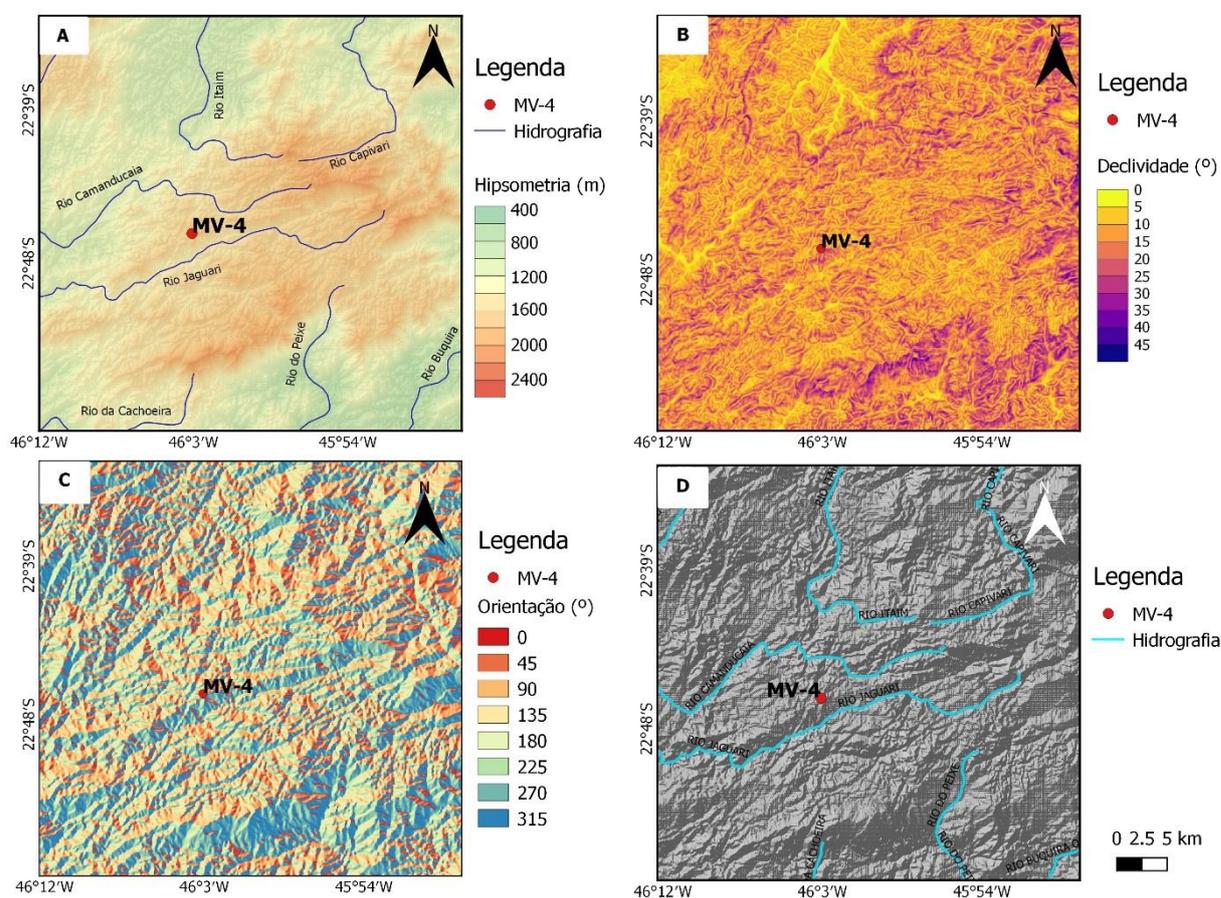


Figura 2 - Mapas de A) hipsometria, B) declividade, C) orientação de vertentes e D) sombreamento de relevo. Os mapas foram gerados no programa QGIS (Sistema de Informações Geográficas), derivados de modelos digitais de elevação do levantamento Shuttle Radar Topography Mission (SRTM/NASA), com resolução de 30 m (Disponível em <https://earthexplorer.usgs.gov>).

No perfil MV-4 (Figura 3) foram reconhecidas três gerações de paleossolos, cujos horizontes H foram datados pelo método do radiocarbono, fornecendo as seguintes idades, respectivamente, do mais superficial (92-117 cm) ao mais profundo (240-270 cm): 14.180±50 AP

(MV-4/92-117),  $25.410 \pm 110$  AP (MV-4/150-190) e  $28.990 \pm 170$  AP (MV-4/240-270) (HIRUMA *et al.*, 2016). As classes de textura encontradas no perfil variam de média-arenosa a argilosa. Para os horizontes H enterrados, MV-4/92-117, MV-4/150-170 e MV-4/240-270, foram encontradas as seguintes classes texturais: média argilosa, média arenosa e argilosa, respectivamente. A litologia predominante na área de estudo é composta por paragnais, mica xistos e biotita gnaisses.



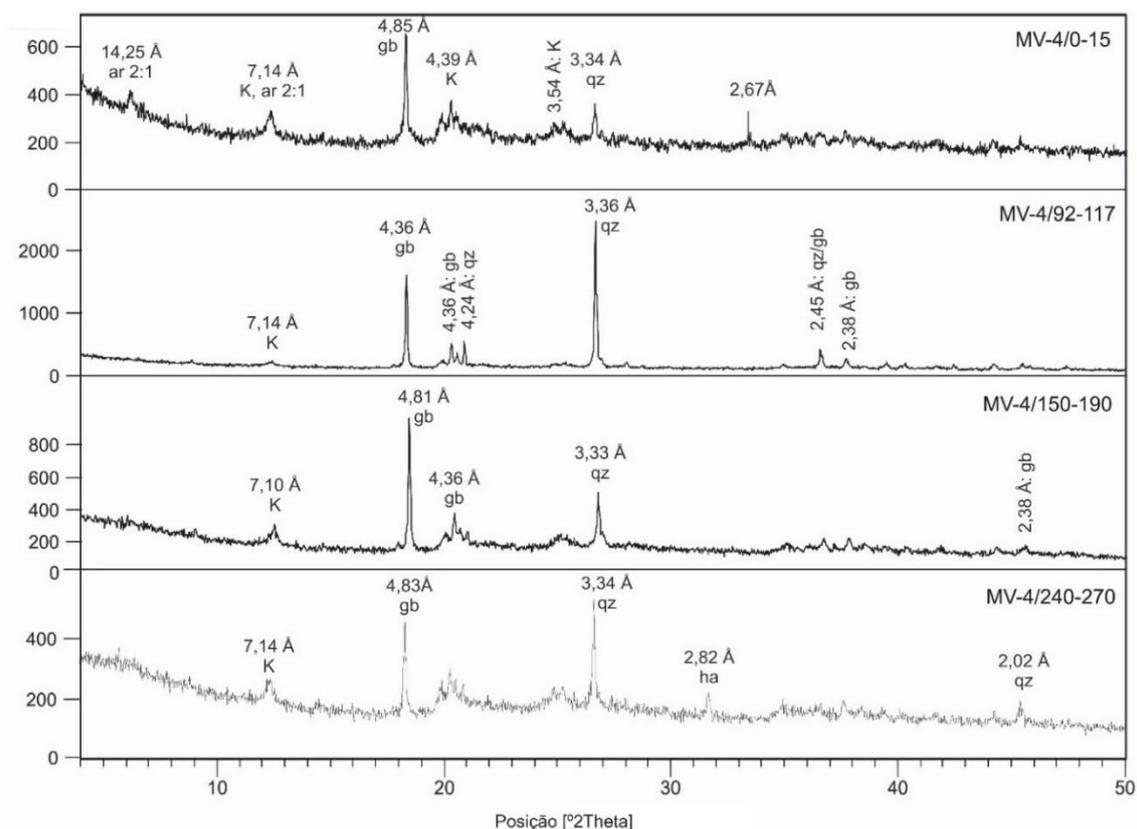
Figura 3 - Perfil de estudo MV-4 com a localização dos horizontes H e as idades de radiocarbono: superficial (MV-4/0-15: não datado) e enterrados (MV-4/92-117:  $14.180 \pm 50$  AP, MV-4/150-170:  $25.410 \pm 110$  AP e MV-4/240-270:  $28.990 \pm 170$  AP). A notação da amostra MV-4/x-y indica a sua profundidade (m). O perfil MV-4 encontra-se em altitude aproximada de 1.600 m, inserido dentro da bacia hidrográfica do córrego do Paiolzinho, declividade aproximada de  $5^\circ$ , em um setor de baixa vertente voltado para noroeste.

### 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Análises mineralógicas da fração total foram realizadas para as amostras do horizonte H superficial MV-4/0-15 e dos horizontes H enterrados MV-4/92-117, MV-4/150-170 e MV-4/240-270 (Figura 3), a partir da análise de difração de raios-X (DRX). Antes desse procedimento, procurou-se extrair o conteúdo de matéria orgânica, utilizando os métodos do hipoclorito de sódio (NaClO) e do peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), conforme EMBRAPA (1997) e VERDADE (1954), respectivamente. A análise de DRX da fração total das amostras (natural) foi feita no Laboratório de Difração de Raios-X do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, utilizando o equipamento D8-Advanced/Bruker, com radiação  $CuK\alpha$ . O intervalo angular  $2\theta$  foi de  $3^\circ$  a  $60^\circ$ , com passo de  $0,020^\circ$  e tempo de contagem de 0,5 s/ passo.

#### 4 – RESULTADOS

Os resultados preliminares da difração de raios-X (Figura 4) indicaram a presença de gibbsita (óxido de alumínio) (MV-4/0-15, MV-4/92-117, MV-4/150-190, MV-4/240-270), caulinita (MV-4/0-15, MV-4/92-117, MV-4/150-190, MV-4/240-270) (argilomineral 1:1), quartzo (MV-4/0-15, MV-4/92-117, MV-4/150-190, MV-4/240-270), argilomineral 2:1 (MV-4/0-15) e halita (MV-4/240-270).



Legenda: qz = quartzo; gb = gibbsita (óxido de alumínio); K = caulinita (argilomineral 1:1); ar 2:1 = argilomineral 2:1; ha = halita

Figura 4 - Difratoogramas de raios-X para os horizontes H do perfil MV-4 (0-15, 92-117, 150-190 e 240-270 cm).

#### 5 – CONCLUSÕES PRELIMINARES

A caracterização mineralógica obtida neste trabalho subsidiará a análise pedogenética dos colúvios da região do Planalto de Monte Verde.

Os minerais identificados mais comuns em todos os horizontes são quartzo, caulinita (argilomineral 1:1) e gibbsita (óxido de alumínio); já no perfil mais superficial detectou-se a presença de argilomineral 2:1. A mineralogia é semelhante àquela descrita para os colúvios de baixa vertente dos planaltos de Campos do Jordão e Itatiaia. As condições paleoambientais

vigentes durante a formação dos colúvios devem ter sido similares nos planaltos da Serra da Mantiqueira durante o Pleistoceno tardio/Holoceno.

Pretende-se aprofundar essa análise com a difração de raio-X da fração argila dessas amostras. Com esse intuito, está sendo realizada a etapa de fracionamento da argila.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1997. Manual de métodos e análise do solo. EMBRAPA Solos, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2ª edição, Rio de Janeiro, 212 p.
- HIRUMA, S.T.; MODENESI-GAUTTIERI, M.C.; RICCOMINI, C. 2013. Late Quaternary colluvial deposits in the Bocaina Plateau, southeastern Brazil highlands: age and palaeoenvironmental consequences. *Boreas*, 42: 306-316.
- HIRUMA, S.T.; FURQUIM, S.A.C.; TEIXEIRA, A.L. 2016. Late Quaternary chronology of colluvial and pedogenic processes in the Mantiqueira Highlands, Southeastern Brazil. In: GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA, GSA 2016, Denver, *Abstracts with Programs*, vol. 48, n. 7. Disponível em <https://gsa.confex.com/gsa/2016AM/webprogram/Paper281339.html>.
- MODENESI-GAUTTIERI, M.C. 2000. Hillslope deposits and the Quaternary evolution of the altos campos – Serra da Mantiqueira, from Campos do Jordão to the Itatiaia Massif. *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 508-514.
- RICCOMINI, C; SANT'ANNA, L.G; FERRARI, A.L. 2004. Evolução geológica do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil. In: V. Mantesso Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro & B.B. Brito Neves (Eds.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Editora Beca, p. 383-405.
- ROSS, J.L.S. 2016. O relevo brasileiro no contexto da América do Sul. *Revista Brasileira de Geografia*, 61(1): 21-58.
- TABOR, N.J.; MYERS, T.S. 2015. Paleosols as indicators of paleoenvironment and paleoclimate. *Annual Review of Earth Planetary Sciences*, 43: 333-361.
- VERDADE, F.C. 2015. Ação da água oxigenada sobre a matéria orgânica dos solos. Campinas: Instituto Agrônomo, 295 p. (Boletim, 13).

**Agradecimentos** – Ao CNPq, pela Bolsa de Iniciação Científica de Rafael Gobeti Faquim Pereira. Ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP), pela análise de difração de raios -X. À UNIFESP, *campus* Diadema, e ao Instituto Geológico/SMA, pelos apoios logístico e laboratorial.

**O USO DE SIG NA CARACTERIZAÇÃO DE RISCOS GEODINÂMICOS EM ESCOLAS NO MUNICÍPIO DE UBATUBA (SP): FASE 03 – CONTINUAÇÃO DA CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE**

*THE USE OF GIS IN GEODYNAMIC RISK EVALUATION FOR SCHOOLS BUILDINGS IN UBATUBA MUNICIPALITY: PHASE 03 - CONTINUATION OF VULNERABILITY CHARACTERIZATION*

**FERNANDES, V. S. (1), LEAL, P.C.B. (2)**

(1) Escola Estadual Professora Florentina Sanches, 4018031, São Paulo, Brasil; viniuba@gmail.com

(2) Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, 04015-903, São Paulo, Brasil; pedro.leal@sp.gov.br

**Resumo** – Este trabalho contempla a avaliação da vulnerabilidade de cinco escolas no município de Ubatuba (SP) que apresentam situação de perigo muito alto de inundação e que serão analisadas quanto ao risco a esse fenômeno. Para a avaliação da vulnerabilidade foram realizadas as seguintes atividades: levantamento de informações cartográficas em formato digital, elaboração de um banco de dados geográficos da área de interesse com o uso do programa de QGIS, e levantamento das situações de vulnerabilidades e danos, por meio de trabalhos de campo e visitas às escolas selecionadas. As informações foram organizadas em tabelas e inseridas no banco de dados para a determinação dos riscos em cada uma das escolas. Observa-se que das cinco escolas consideradas, três sofreram inundação anteriormente aos trabalhos de campo, com o registro de danos. Tal fato permitirá maior precisão para avaliação das vulnerabilidades e dos riscos associados.

**Palavras-chave:** Risco, QGIS, inundação, escolas seguras, vulnerabilidade

**Keywords:** Risk, QGIS, flooding, safe schools, vulnerability

## **1 - INTRODUÇÃO**

A região do litoral norte do Estado de São Paulo caracteriza-se pela presença da Serra do Mar, com relevos escarpados e íngremes, além de diversas planícies litorâneas, favorecendo a ocorrência de eventos de deslizamentos e inundações. Tais características, quando aliadas a ocupações precárias e desordenadas, resultam em situações de risco que precisam ser analisadas mediante a elaboração de pesquisas que auxiliem na articulação de políticas públicas de redução e prevenção de desastres, além de fomentar a implantação de programas de educação ambiental e auxílio técnico à população. As análises de risco incluem avaliações sobre os tipos e graus de perigos de uma área, sobre o nível de vulnerabilidade de pessoas ou bens e o dano potencial, em caso de acidentes ou desastres. Isto tem sido aplicado para avaliar os riscos em escolas do município de Ubatuba (SP), e já contemplou pesquisas anteriores (fases 1 e 2), vinculadas aos projetos de iniciação científica PIBIC-EM anteriores. Nas fases prévias, foram realizados o cadastro e o mapeamento de escolas do referido município frente às respectivas avaliações de perigo de escorregamento e de inundação. Inicialmente, foram identificadas 23 unidades escolares

que apresentavam situações de perigo muito alto de inundação. Também se efetuou uma avaliação preliminar da vulnerabilidade de 11 dessas escolas, com muito alto grau de perigo, para definição de métodos e critérios de análise. A análise de vulnerabilidade constitui a fase 3 das pesquisas e a terminologia e conceitos adotados são os mesmos utilizados por TOMINAGA *et al.* (2009) e FERREIRA & ROSSINI-PENTEADO (2011). O presente trabalho compreende a continuação da fase 3, cujo objetivo é avaliar a vulnerabilidade de escolas que apresentaram situação de perigo muito alto de inundação e que serão analisadas quanto à situação de risco. A partir da revisão das classificações de perigos e dos critérios de avaliação de vulnerabilidade utilizados nas fases anteriores, foram selecionadas 23 escolas para a análise de riscos. No atual estágio do trabalho serão apresentadas as informações obtidas para a caracterização da vulnerabilidade de cinco escolas das 23 previstas no projeto, bem como a seleção e organização de material de apoio e a modelagem do banco de dados.

## 2 – ÁREA DE ESTUDO

A Figura 1 apresenta a localização das 23 escolas com perigo muito alto para inundação, situadas no município de Ubatuba (SP), e que serão avaliadas quanto à sua vulnerabilidade, bem como a localização das cinco escolas consideradas no presente trabalho. São elas: Escola Estadual Doutor Esteves da Silva, Escola Estadual Professora Semiramis Prado de Oliveira, Escola Municipal Professora Altimira Silva Abirached, Escola Municipal Ensino Infantil Professora Bessie Ferreira Osório de Oliveira, Escola Técnica de Enfermagem.

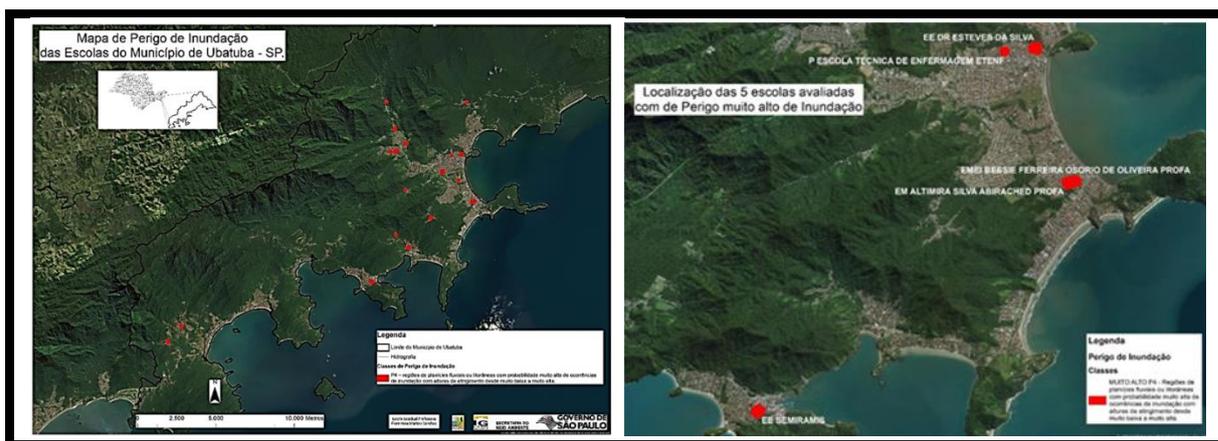


Figura 1 - Localização das escolas com perigo muito alto para inundação em Ubatuba, SP (à esquerda). À direita, são apresentadas as cinco escolas com perigo muito alto, avaliadas quanto à vulnerabilidade.

## 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do trabalho abrangeu a execução das seguintes atividades: seleção e organização de material cartográfico da área de estudo, elaboração de banco de dados geográficos

e avaliação da vulnerabilidade das escolas. Os materiais cartográficos reunidos estão em formatos digital, vetorial e matricial, e incluem: ortofotos do projeto Mapeia SP, com resolução de 1m; imagens *Ikonos*, com resolução de 1m; imagens *Landsat*, com resolução de 30 m; modelo digital de elevação, em formato *raster*, com resolução de 5 m; bases cartográficas, em formato *raster*, nas escalas 1:50.000 e 1:10.000, com curvas de nível, drenagem e vias. Para a elaboração do banco de dados geográficos, foi utilizado o programa QGIS que é um *software* livre, com permissão de instalação e uso gratuito. Foram desenvolvidas operações nos módulos de inserção de informações e dados espaciais, oriundos de trabalhos anteriores e relacionados com as etapas de análise de riscos. Na sequência, serão inseridas as informações relacionadas às vulnerabilidades das escolas em análise. A realização das operações associadas aos bancos de dados teve como base os trabalhos de CÂMARA *et al.* (1996) e SHERMAN *et al.* (2011). A respeito da vulnerabilidade, definiu-se a coleta de informações locais e trabalhos de campo. Dessa forma, cinco escolas incluídas no trabalho foram visitadas com o intuito de se obter informações relacionadas aos perigos, vulnerabilidades e danos. Ao mesmo tempo, produziu-se documentação fotográfica sobre a situação das mesmas. Tais dados foram posteriormente tabulados, inseridos no banco de dados e utilizados para a avaliação da vulnerabilidade.

## 4 – RESULTADOS

Um dos resultados parciais do projeto é o banco de dados no QGIS, com a inserção e o georreferenciamento das informações anteriores, já disponíveis. A Figura 2 apresenta uma visão geral do *layout* do banco.

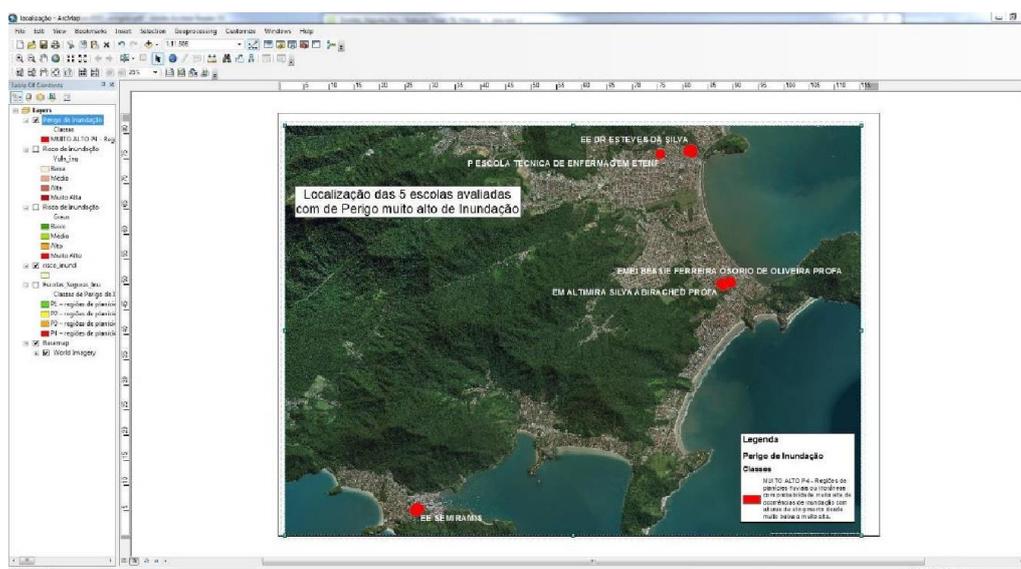


Figura 2 - Desenho (*layout*) do banco de dados georreferenciados do projeto.

Os demais resultados parciais incluíram os dados de vulnerabilidades das cinco escolas visitadas e das respectivas documentações fotográficas. Tais informações foram padronizadas, valoradas e formatadas para inserção no banco de dados. A seguir, apresenta-se uma síntese de informações levantadas durante as visitas às escolas: Na **Escola Estadual Dr. Esteves da Silva**, os estudantes desenvolvem o projeto “Vamos cuidar do Brasil cuidando das águas”. Uma das questões do projeto, que possui relação direta com a avaliação de vulnerabilidade, é: “Ocorre enchente no seu bairro?”. A escola desenvolve parcerias com unidade de conservação local e uma organização não-governamental que, juntas, contribuem para a diminuição da vulnerabilidade, além de possuir placas para descarte adequado do lixo e do ponto de coleta de óleo para o preparo de sabão. Em relação às inundações, observa-se que a escola fica ao lado do rio Grande de Ubatuba, embora exista um muro bem grande de contenção de inundação entre o rio e a escola. A escola não possui histórico de inundação, que ocorre normalmente na Ilha dos Pescadores, na outra margem do rio. No entanto, salienta-se que as ruas do entorno da escola inundam, em situação de fortes chuvas. A **Escola Técnica de Enfermagem** situa-se acima do nível da rua. A informação é de que a rua alaga, mas a escola não. A drenagem da rua, que é asfaltada, é insuficiente segundo moradores do lugar, os quais informaram também que antigamente alagava toda a região. Porém, um desvio do rio foi providenciado e, agora, o problema parece ter sido resolvido. Na **Escola Municipal Professora Altimira Silva Abirached** houve registro de inundação na madrugada do dia 23/02/2018, quando o nível d’água atingiu cerca de 1,0 m. O acumulado de três dias marcou 300mm no dia 24/02/2018. A empresa de limpeza teria jogado dejetos em terreno adjacente, entupindo drenos e favorecendo o aumento da inundação. Houve informação também de que os pais dos alunos ajudaram no mutirão para limpar a escola no fim de semana, após a referida inundação. As perdas materiais registradas incluíram: quatro portas, 15 armários tipo colmeia, seis armários de aço; cinco estantes de aço, geladeira; armário de madeira, impressora e copiadora, mesa de pebolim, além de muitos livros didáticos. Adicionalmente, houve o prejuízo de dois dias sem aulas. A **Escola Municipal de Educação Infantil Professora Bessie Ferreira Osório de Oliveira** também foi afetada por inundação que ocorreu na madrugada do dia 23/02/2018, verificando-se marca de atingimento de 1,5 m. A escola situa-se ao lado de um córrego bem poluído. Soube-se que os vizinhos jogam muito lixo em terreno baldio no entorno. Durante a ocorrência da inundação, o vigia da escola conseguiu salvar muitos objetos e materiais, colocando-os em lugares altos. Ainda assim, foram contabilizados danos materiais: rádio, 30 carteiras, livros, estantes, dois colchões, painel, brinquedos, documentos e portas. Cita-se também o prejuízo de quatro dias sem aula. Salienta-se que as crianças ficaram muito assustadas quando chegaram e se depararam com a escola danificada pela

inundação. Ressalta-se que o problema é conhecido e que, quando chove, os pais vão buscar seus filhos mais cedo. Inclusive, já havia sido registrada outra enchente na escola, em 2009. Por fim, a **Escola Estadual Professora Semíramis Prado Oliveira** também foi atingida por uma inundação ocorrida na madrugada do dia 23/02/2018. Na ocasião, registrou-se que a água alcançou a marca de atingimento de 0,5 m. A escola localiza-se ao lado de um córrego retificado, com influência do mar. Como não havia possibilidade de entrar na escola, foi necessário dispensar as crianças das aulas. Os danos registrados incluíram: apostilas e livros (500 kg), dois rádios, um freezer cheio com carne e frango, itens de merenda, documentos de professores e alunos, duas prateleiras, uma porta, papel sulfite, quatro colchões e três computadores. Houve um dia sem aula. Soube-se que, quando chove muito ou a maré está muito alta, são registrados pontos de surgência de água no chão da escola, inclusive restringindo o uso da fossa. Este problema está associado ao fato de que o nível d'água do aquífero está muito próximo à superfície. Ressalta-se que um estudante do 6º ano sugeriu que fosse realizado um trabalho sobre a drenagem da escola.

As Figuras 3 a 6 ilustram algumas situações relacionadas às informações supracitadas, e que serão utilizadas tanto para as avaliações de vulnerabilidade como para a estimativa de danos potenciais às escolas estudadas.

## 5 – CONCLUSÕES

O projeto mostrou algumas dificuldades iniciais. Foi necessário esperar o retorno às aulas para a realização do trabalho de campo. Porém, tal fato acabou contribuindo para obtenção de informações mais precisas sobre os perigos, vulnerabilidades e os danos efetivos relacionados às inundações, pois parte das escolas mapeadas com perigo muito alto de inundação foram atingidas por tal fenômeno durante as chuvas intensas que ocorreram em 23 de fevereiro de 2018. As cinco escolas visitadas mostraram-se solícitas durante os trabalhos de campo, ao contrário do que ocorre quando as perguntas são encaminhadas por e-mail, o que gera certa desconfiança por parte dos diretores e coordenadores. Estar uniformizado também ajudou na conversa inicial. As escolas falaram de seus problemas e disponibilizaram fotos e informações preciosas para gerar o índice de vulnerabilidade, e mesmo para a estimativa e valoração de danos que irão compor a avaliação final de riscos. Muitas escolas ficaram preocupadas com as perdas de mobiliário, documentos, materiais lúdicos e didáticos, além dos danos imateriais para a comunidade escolar. A sensação de impotência durante as inundações incomodou muito os profissionais de educação. A pergunta comum era: “O que fazer?” A partir desta pergunta e após a conclusão dos estudos de vulnerabilidade e da análise de riscos, pretende-se avaliar uma nova fase para o projeto e que

contemplaria a elaboração de um plano de contingência para as escolas classificadas com risco muito alto para inundação.



Figura 3 - Foto do dia da inundação (23/02/2018) em frente à Escola Municipal Bessie Ferreira Osório de Oliveira.



Figura 4 – Marca d'água provocada pela inundação na Escola Municipal Altimira Silva Abirached.



Figura 5 — Retirada de material perdido na inundação que ocorreu na Escola Municipal Bessie Ferreira Osório de Oliveira.



Figura 6 - Projeto dos alunos sobre cuidar da água na Escola Estadual Dr. Esteves da Silva.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.S.; MAGALHÃES, G.C.; MEDEIROS, C.M.B. Anatomia de sistemas de informação geográfica. São José dos Campos: INPE, 1996. 205 p. (INPE-8094-RPQ/716). URL: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/10.07.13.36>>. Acesso em: 01 fev. 2012.
- FERREIRA, C.J.; ROSSINI-PENTEADO, D. Mapeamento de risco a escorregamento e inundação por meio da abordagem quantitativa da paisagem em escala regional. ABGE – 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Paulo, 2011. Anais, CD-ROM, 12 p.
- SHERMAN GE, SUTTON T, BLAZEK R, HOLL S, DASSAU O, MORELY B, MITCHELL T AND LUTTMAN L. 2011. Quantum GIS User Guide - Version 1.7 “Wroclaw”. URL: [http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-1.7.0\\_user\\_guide\\_en.pdf](http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-1.7.0_user_guide_en.pdf).
- TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. 2009. Desastres naturais: conhecer para prevenir. Instituto Geológico, São Paulo, 196 p.

**Agradecimentos** – Os autores agradecem ao Instituto Geológico/SMA, ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos e à Escola Estadual Florentina Sanches.

**GEORREFERENCIAMENTO DO ACERVO DIGITAL DE FOTOGRAFIAS  
AÉREAS DO INSTITUTO GEOLÓGICO (IG) - LITORAL NORTE DO  
ESTADO DE SÃO PAULO**

*GEOREFERENCING OF THE DIGITAL DATA BASE OF AERIAL PHOTOGRAPHS  
OF THE INSTITUTO GEOLÓGICO (IG) – NORTH COAST OF THE STATE OF SÃO  
PAULO*

**FIGUEIREDO, L.S. (1), LEAL, P.C.B. (2)**

- (1) Escola Estadual Maestro Fabiano Lozano, São Paulo, Brasil, 04018-031; lumasfigueiredo@hotmail.com  
(2) Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, 04015-903, São Paulo, Brasil; pedro.leal@sp.gov.br

**Resumo** – O projeto de georreferenciamento do acervo digital de fotografias aéreas do Instituto Geológico (IG/SMA) surge da necessidade de acessar e utilizar as fotografias aéreas digitais, com eficiência e rapidez. O objetivo deste trabalho foi promover o georreferenciamento de fotografias aéreas do Litoral Norte de São Paulo. A metodologia consistiu no manuseio de fotografias analógicas do acervo do IG, organização das fotografias aéreas digitais do Litoral Norte do Estado de São Paulo, entendimento e aplicação da fotointerpretação e fotogrametria e, por último, realização do georreferenciamento a partir do programa QGIS. Ao todo, foram georreferenciadas 303 imagens aéreas do Litoral Norte, totalizando 29 faixas de voo.

**Palavras-chave:** georreferenciamento, SIG, fotografias aéreas, litoral norte, acervo, Instituto Geológico

**Keywords:** *georeferencing, GIS, aerial photographs, north coast, database, Geological Institute*

## **1 - INTRODUÇÃO**

O projeto de georreferenciamento do acervo digital de fotografias aéreas do Instituto Geológico (IG/SMA) surgiu da necessidade de acessar e utilizar as fotografias aéreas analógicas, digitalizadas com eficiência e rapidez. O acervo foi se constituindo, ao longo dos anos, por meio das necessidades de diversos projetos realizados no IG/SMA.

O objetivo deste trabalho é promover o georreferenciamento de fotografias aéreas do Litoral Norte do Estado de São Paulo, através do programa QGIS, de modo a facilitar a disseminação e uso do acervo digital das fotografias aéreas do IG/SMA.

## **2 – ÁREA DE ESTUDO**

O Litoral Norte abrange quatro municípios paulistas: Caraguatatuba, Ubatuba, Ilhabela e São Sebastião. Esta área foi escolhida, pois o desenho da costa litorânea ajuda encontrar pontos de controle para o georreferenciamento. Isto se deve ao fato dessas localidades não apresentarem tantas mudanças com o decorrer do tempo, facilitando o desenvolvimento do trabalho. Ressalta-se também que as construções feitas anteriormente nessas cidades permanecem no local por um

bom tempo. Além disso, um dos fatores para esta escolha é que há uma grande quantidade de imagens da área selecionada no acervo do IG/SMA.

### **3 – MATERIAIS E MÉTODOS**

O desenvolvimento deste trabalho abrangeu a realização das seguintes atividades:

#### **3.1 *Levantamento e leitura de material bibliográfico***

Realizou-se o levantamento e leitura de material bibliográfico sobre Sistemas de Informação Geográfica (SIG), fotogrametria, fotointerpretação, mosaico e georreferenciamento de fotografias aéreas.

#### **3.2 *Organização das fotografias aéreas digitalizadas do Litoral Norte***

Um banco de dados geográficos das fotografias aéreas digitalizadas do Litoral Norte (DATAGEO, 2017; IGC, 2017) foi organizado. Para tanto, as fotografias aéreas foram copiadas do banco de dados do acervo do IG/SMA (GALINA *et al.*, 2012).

#### **3.3 *Fotointerpretação***

A fotointerpretação é a observação de determinada imagem perante as características que nela existem (HILL, 2006). Assim, consultou-se o acervo de fotografias aéreas do IG/SMA de modo a identificar aproximadamente onde cada imagem situa-se no mapa do Estado de São Paulo.

Em seguida, foram consideradas algumas fotos analógicas para a estereoscopia, com auxílio de estereoscópios para visualização detalhada das imagens. No total, foram identificados 20 pontos de controle, cujas descrições são apresentadas na Tabela 01.

Qualquer objeto fixo (pontes, casas, rios, etc.) poderia ser um ponto de referência em uma imagem, mas era preciso que fossem muito bem definidos, uma vez que todos deveriam estar muito bem distribuídos por toda a imagem, caso contrário poderiam ocorrer deformações no georreferenciamento.

Inicialmente, foram apresentadas noções sobre coordenadas, linhas imaginárias ao redor do globo, medidas em graus latitude (paralelos são as distâncias contadas a partir da Linha do Equador) e longitude (meridianos são distâncias contadas a partir do Meridiano de Greenwich).

Em seguida, a partir do Google Earth os objetos foram identificados na imagem, sendo assim obtidas as coordenadas geográficas de cada objeto.

### **3.4 Georreferenciamento**

De posse das coordenadas, acessou-se o programa QGIS (NANNI *et al.*, 2018) para iniciar o processo de georreferenciamento da primeira imagem. A seguir, foram inseridos os pontos de referência, respectivamente na imagem no mapa. A partir do mapa, foram incluídas as coordenadas geográficas. Utilizou-se uma forma simples de georreferenciamento, onde, um mapa com as coordenadas geográficas foi inserido no QGIS, servindo de referência para o georreferenciamento das imagens.

Após o treinamento do georreferenciamento na primeira imagem, procedeu-se a metodologia para as demais. Com o intuito de facilitar o trabalho, começou-se por fotos que estavam mais próximas ao litoral, pois a forma da costa marítima possui pontos de referências muito bem definidos. Notou-se que quanto mais as imagens se distanciavam do litoral e das cidades, mais difícil era identificar pontos em comum entre a imagem e o mapa. Foi definido que os resíduos não deveriam ultrapassar 10 pixels, pois quanto mais escassos os pontos de referência, mais deformadas tornavam-se as imagens. Para o georreferenciamento das imagens do interior do continente, foi utilizado, como base, as fotos aéreas do litoral georreferenciadas anteriormente.

## **4 – RESULTADOS**

A Tabela 1 apresenta as descrições dos pontos de referência identificados nas fotografias aéreas consultadas.

Tabela 1 - Informações necessárias para georreferenciamento da imagem.

| Pontos | Pontos de referências                                 | Coordenadas Geográficas        |           |
|--------|---|--------------------------------|-----------|
|        |   | Latitude                       | Longitude |
| 1      | Encontro do rio com o mar                             | 24°19'58.60" S, 47°00'04.83" O |           |
| 2      | Ponte sobre rio                                       | 24°18'23.04" S, 47°00'46.85" O |           |
| 3      | Rotatória na BR 101                                   | 24°19'17.57"S, 47° 0'57.56"O   |           |
| 4      | Junção de rio com a BR 101                            | 24°19'16.82"S, 47° 0'47.13"O   |           |
| 5      | Ponte mais próxima ao mar                             | 24°19'47.29" S, 47°00'16.38" O |           |
| 6      | Ponta da praia  | 24°19'54.37" S, 47°00'04.25" O |           |
| 7      | Meandro de rio  | 24°19'54.62" S, 47°00'38.92" O |           |
| 8      | Curva acentuada em estrada                            | 24°17'43.14"S, 47°10'24.51"O   |           |
| 9      | Cruzamento de ruas                                    | 24°19'58.14" S, 47°00'15.35" O |           |
| 10     | Encontro de dois rios                                 | 24°18'18.75"S, 47° 0'34.56"O   |           |
| 11     | Meandro de rio  | 24°19'34.00" S, 47°01'25.85" O |           |
| 12     | Encontro de rua com a praia                           | 24°19'25.52"S, 46°59'39.97"O   |           |
| 13     | Ponta de costão rochoso encontrando o mar             | 24°20'10.18" S, 47°00'13.65" O |           |
| 14     | Junção de duas estradas                               | 24°13'49.17"S, 46°59'23.29"O   |           |
| 15     | Meandros antigos do rio                               | 24°19'22.74" S, 47°00'41.03" O |           |
| 16     | Caminho aberto em meio à mata. Canto superior direito | 24°17'19.72" S, 46°58'46.38" O |           |
| 17     | Topo de morro   | 24°17'41.31"S, 47° 2'45.11"O   |           |
| 18     | Antiga construção, próxima à praia                    | 24°17'33.54" S, 46°57'58.72" O |           |
| 19     | Cruzamento de duas estradas                           | 24°19'59.87"S, 47° 0'28.29"O   |           |
| 20     | Cruzamento da BR 101 e estrada                        | 24°16'5.85"S, 46°57'31.52"O    |           |

Ao todo, foram georreferenciadas 303 fotografias aéreas do Litoral Norte, especificamente dos municípios de Ubatuba e Ilhabela. Com isso, foram georreferenciadas 29 faixas de voo até a presente data.

## 5 – CONCLUSÕES

Foi possível notar que o QGIS é um bom programa para efetuar o georreferenciamento de fotografias aéreas. Percebeu-se que era muito mais fácil do que extrair as coordenadas a partir do mapa. Porém, surgiram dificuldades ao tentar georreferenciar imagens do interior, pois nestes pontos as coordenadas não foram tão fáceis de encontrar. Nessas regiões foi necessário utilizar fotografias aéreas, previamente georreferenciadas, já que cada imagem abrange 60% da outra. Ressalta-se que nas imagens do litoral não houve muito problema, uma vez que o desenho da costa é melhor definido.

O georreferenciamento do acervo digital de fotografias aéreas pode ajudar a georreferenciar outras imagens, conforme efetuado com as imagens do interior supracitadas. Acredita-se que o uso de tal ferramenta nessas imagens permitirá uma análise mais detalhada do que mudou, o que está diferente na região, permitindo notar o crescimento de uma cidade, grau de desmatamento da área, avanço da cidade ou se determinado relevo sofreu erosão, entre outros.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DATAGEO, 2017. INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS AMBIENTAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO. ACESSO EM 07/03/2018.

GALINA, M.H.; HERNANDEZ, E.P.; SARTORI, V.A.; OLIVEIRA, A.M.; GUEDES, A.C.M.O Processo de digitalização das fotografias aéreas do acervo de produtos cartográficos do Instituto Geológico. In: BOLETIM IG – COLETÂNEA DE TRABALHOS – 2 SIGMA-SIMPÓSIO GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE, 1 SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM GEOCIÊNCIAS E SEMINÁRIO ANUAL DO INSTITUTO GEOLÓGICO – SAIG. São Paulo, Volume 19, n 01 jan.-jun. 2012.

HILL, L.L. Georeferencing. 2006. The geographic associations of information. Cambridge, MA: The MIT Press, 260 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. 2000. Limite municipal do Estado de São Paulo. URL: [http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslatgor/rest/getXml/Geoserver\\_Publico/LImiteMunicipal/1435155782260/wms?](http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslatgor/rest/getXml/Geoserver_Publico/LImiteMunicipal/1435155782260/wms?). Acesso em 05 out. 2017.

NANNI A.S.; DESCOVI FILHO L.; VIRTUOSO, M.A.; MONTENEGRO D.; WILLRICH G.; MACHADO P.H.; SPERBR, D.G.S.; CALAZAS, Y. Quantum GIS – Guia do Usuário, Versão 1.7.4 ‘Wroclaw’. URL: [http://ggisbrasil.files.wordpress.com/2012/05/guia\\_do\\_usuario\\_174\\_pt\\_br1.pdf](http://ggisbrasil.files.wordpress.com/2012/05/guia_do_usuario_174_pt_br1.pdf). Acesso em: 01 out. 2013.

**Agradecimentos** – Os autores agradecem ao Instituto Geológico/SMA, ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica e à Escola Estadual Maestro Fabiano Lozano.

## USO DE ALUMINAS ATIVADAS e MODIFICADAS COM MANGANÊS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS COM FLÚOR

### USE OF ACTIVATED AND MODIFIED ALUMINA WITH MANGANESE IN THE TREATMENT OF WATER WITH FLUORINE

SARAIVA, I.C.G. (1) (3), EZAKI, S. (2), SHINZATO, M.C. (3)

- (1) Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema, 09913-030, Diadema, Brasil; isis.saraiva@unifesp.br
- (2) Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, 04015-011, São Paulo, Brasil; sibezaki@sp.gov.br
- (3) Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema, 09913-030, Diadema, Brasil; mirian.chieko@unifesp.br

**Resumo** – Este trabalho teve como objetivo estudar o uso de aluminas, comercial (AN) e pré-tratadas (AA e AP), para remover o íon fluoreto ( $F^-$ ) da água. Esse tratamento é importante, uma vez que foram constatados casos de fluorose dentária em crianças nas regiões que se abastecem de água com elevado teor de  $F^-$ . A amostra AN foi caracterizada química e mineralogicamente. Verificou-se que esse material possui 90% de  $Al_2O_3$ , 0,06% de  $Na_2O$ , e 9,6% de voláteis. As fases minerais presentes são boehmita ( $\gamma-AlOOH$ ), diásporo ( $\alpha-AlOOH$ ) e nitreto de alumínio ( $AlN$ ). Dados de espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) também confirmaram a presença de ligações O-H e Al-O. A amostra AN foi pré-tratada a partir de aquecimento sem e com um sal de manganês, originando as amostras AA e AP, respectivamente. O ponto de carga zero (PCZ), obtido para essas amostras (AN, AA e AP) foram, respectivamente, 7,34, 5,93 e 5,74, indicando que a remoção de  $F^-$  é favorecida em águas com valores de  $pH < PCZ$  – condição em que a superfície das aluminas adquire carga positiva. As três amostras de alumina (AN, AA, AP) foram utilizadas em testes de batelada para remoção de  $F^-$  obtendo-se as seguintes eficiências para o tempo de 1h e concentração inicial de  $F^-$  de  $5\text{ mg L}^{-1}$ : 68,3%, 66,3% e 98,5%, respectivamente. Observou-se, portanto, que o pré-tratamento realizado com sal de manganês aumenta a capacidade de remoção de  $F^-$  da alumina em 30%.

**Palavras-chave:** fluoreto, remoção, tratamento, manganês, adsorção

**Keywords:** fluoride, removal, treatment, manganese, adsorption

## 1 - INTRODUÇÃO

O flúor é um importante elemento que auxilia na manutenção da estrutura dentária, sendo adicionado na água de abastecimento público para beneficiar a saúde dental da população. No entanto, segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006), o teor máximo permitido de íons fluoreto ( $F^-$ ) na água potável é de  $1,5\text{ mg. L}^{-1}$ . Em excesso, torna-se prejudicial à saúde, principalmente em crianças, podendo inibir o desenvolvimento cerebral (LU *et al.*, 2000), além de causar doenças como fluorose dentária ou esquelética (FRAZÃO *et al.*, 2011).

Diversas ocorrências de  $F^-$  têm sido constatadas em importantes aquíferos do Estado de São Paulo (EZAKI *et al.*, 2016a). A presença de fluoreto nesses aquíferos, por sua vez, está relacionada a eventos geológicos pretéritos, como os processos hidrotermais e tectônicos, que

propiciaram a circulação de soluções residuais do magma e provocaram a mineralização e remobilização do F<sup>-</sup> contido nas rochas percoladas (KUNDU *et al.*, 2001; NANNI, 2008). A liberação desse íon para as águas também está relacionada a processos intempéricos atuais (hidrólise, dissociação e dissolução) que agem, continuamente, sobre os minerais ricos nesse elemento (EZAKI *et al.*, 2016b).

Diante de vários casos de ocorrência de fluoreto nas águas subterrâneas e também de casos de fluorose em algumas localidades do interior paulista, há a necessidade de se realizar tratamentos para removê-lo dessas águas. As técnicas mais comuns utilizadas para remoção de F<sup>-</sup> se baseiam nos processos de adsorção e troca iônica, tratamento químico por precipitação, filtração em membranas (osmose reversa) ou, simplesmente, pela diluição da água (ARORA *et al.*, 2004).

Os métodos de adsorção são os mais utilizados e, comumente, realizados com alumina ativada e carvão ativado. A alumina ativada é um óxido de alumínio que se apresenta principalmente na forma de gama-alumina ( $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) e possui elevada capacidade de adsorção de F<sup>-</sup> (LEYVA-RAMOS *et al.*, 2008). Esta eficiência, no entanto, pode ser afetada pela dureza da água e da carga superficial da alumina (MEENAKSHI & MAHESHWARI, 2006). A presença de ânions como  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , além de outros elementos tóxicos, como arsênio e selênio, também podem reduzir a adsorção de íons F<sup>-</sup> por concorrerem pelas mesmas superfícies de adsorção da alumina ativada (TANG *et al.*, 2009).

Este trabalho teve como objetivo avaliar e comparar a capacidade de remoção de flúor em solução por aluminas (comercial e pré-tratadas).

## 2 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

As amostras de alumina foram fornecidas pela empresa Celta Brasil, que as importa da China e comercializa como meios filtrantes de torneiras de uso residencial para tratamento de água. Essa alumina, denominada AN, sofreu um pré-tratamento, conforme método proposto por MALIYEKKAL *et al.* (2006), a fim de impregná-la com manganês. Preparou-se uma mistura de  $\text{MnCl}_2$  com NaOH que foi adicionada às amostras de alumina, em um cadinho de porcelana. Essa amostra foi aquecida no interior de uma mufla em duas etapas: primeiro a 150° C por 5h, seguido de 500° C por mais 3h. Essa amostra foi designada de AP. Para verificar se o aquecimento da alumina pode alterar sua estrutura cristalina e, conseqüentemente, interferir na remoção de F<sup>-</sup>, a

amostra AN também foi aquecida seguindo as mesmas etapas de aquecimento anteriores, porém sem a presença da mistura de sais. Essa amostra foi denominada AA.

## 2.2 Métodos

### 2.2.1. Caracterização dos materiais

Para caracterizar a amostra de alumina (AN), realizou-se análise química por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) no Laboratório de Ensaio Químicos do Núcleo de Tecnologia Cerâmica no SENAI Mario Amato, utilizando o equipamento XFR-1800 da marca Shimadzu. A composição mineralógica foi determinada por Difração de Raios-X (DRX) no equipamento D8-Advanced/Burkers do Núcleo de Instrumentação para Pesquisa e Ensino (NIPE) da Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema. Efetuou-se também a espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) a partir do equipamento IRP restige-21/Shimadzu do NIPE/UNIFESP para determinar os principais grupos funcionais presentes nas amostras.

Uma vez que a propriedade de adsorção da alumina depende do pH do meio, determinou-se o seu Ponto de Carga Zero (PCZ), que corresponde ao valor de pH onde um determinado sólido apresenta carga igual a zero em sua superfície. O método empregado é o estabelecido por CAMARGO *et al.* (2009). Essa análise e o pré-tratamento da alumina foram realizados no Laboratório de Geologia Ambiental e Ciência do Solo da UNIFESP – Campus Diadema.

### 2.2.2. Teste de remoção de F<sup>-</sup> em batelada

Nesses testes utilizaram-se as três amostras de alumina (AN, AP e AA) para comparar suas eficiências de remoção de F<sup>-</sup> em solução. Foram consideradas, nessa etapa, apenas soluções sintéticas contendo concentrações conhecidas de fluoreto e preparadas a partir do sal de grau analítico NaF, dissolvidas em água deionizada. Verificou-se o efeito do tempo de contato (entre 30 min e 24h) e da concentração de F<sup>-</sup> (entre 0,5 e 10 mg L<sup>-1</sup>). A proporção sólido/líquido adotada foi de 1:50, ou seja, foi utilizado 0,5 grama de material para 25 mL de solução. Após as amostras serem mantidas em contato com a solução, sob um sistema de agitação, à temperatura ambiente, as soluções finais foram centrifugadas e o teor de F<sup>-</sup> remanescente, analisado por espectroscopia na região de UV/Vis no equipamento da Genesys 20 (Thermo Scientific), cujo limite de detecção é de 0,01 mg.L<sup>-1</sup>, do Laboratório de Geologia Ambiental e Ciência do Solo (UNIFESP– Campus Diadema).

### 3 – RESULTADOS

#### 3.1. Caracterização dos materiais

Verificou-se que AN é composta por cerca de 90% de óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e uma pequena quantidade de óxido de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), equivalente a 0,06%, que pode estar associada ao processo utilizado para fabricação da alumina (RODRÍGUEZ-PÁEZ *et al.*, 2001). A perda ao fogo foi de quase 10% de massa e, provavelmente, corresponde à quantidade de água presente.

O difratograma de raios X da amostra AN revelou a presença de fases cristalinas de boehmita ( $\gamma\text{-AlOOH}$ ), compostos de nitreto de alumínio ( $\text{AlN}$ ) e diásporo ( $\alpha\text{-AlOOH}$ ). A boehmita é um óxido hidróxido de alumínio, e o diásporo, um polimorfo de  $\text{AlOOH}$ . Ambos são precursores da alumina ativada. A presença destes compostos na amostra indica que a mesma não se trata de uma alumina ativada propriamente dita ( $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ), apesar de ser comercializada dessa forma. Já o nitreto pode ter se formado durante o processo de fabricação do material, pois dependendo do precursor utilizado, pode ocorrer a reação do alumínio com o nitrogênio atmosférico.

Foi possível distinguir as seguintes bandas e picos no espectro de FTIR das amostras:  $3463\text{ cm}^{-1}$ , correspondente à deformação da ligação O-H (CONCEIÇÃO *et al.*, 2007);  $1630\text{ cm}^{-1}$  devido à água adsorvida (PRADO *et al.*, 2010); as bandas que aparecem próximas a  $1400\text{ cm}^{-1}$  são atribuídas a deformações de ligações C-H, C-C e C-O (GUERMAT *et al.*, 2010; GANGWAR *et al.*, 2015);  $1065\text{ cm}^{-1}$  refere-se ao estiramento das ligações Al-O-H (FENG *et al.*, 2008);  $580\text{ cm}^{-1}$  está na faixa correspondente ao estiramento das ligações de Al-O (PRADO *et al.*, 2010).

Os valores de PCZ obtidos para as amostras AN, AP e AA foram respectivamente, 7,34; 5,74 e 5,93. Esses valores indicam que as superfícies desses materiais adquirem carga positiva quando em contato com soluções de  $\text{pH} < \text{PCZ}$ , possibilitando a remoção de ânions da solução.

#### 3.2. Teste de remoção de $\text{F}^-$ em batelada

O teste que analisou o efeito da variação de tempo (0,5; 1; 3; 6; 16 e 24h) (Figura 1a) revelou um aumento da remoção de  $\text{F}^-$  a partir de 1h, estabilizando-se ao longo do tempo. Quanto à capacidade de remoção, verificou-se que as amostras AN e AA apresentaram resultados muito semelhantes após 1h de contato:  $0,163$  e  $0,166\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , respectivamente. A amostra AP, por sua vez, apresentou maiores valores em todo o período analisado (cerca de  $0,24\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  após 1h). Os resultados revelaram também que o aquecimento da alumina não causa o aumento da eficiência de remoção de  $\text{F}^-$ , sendo esse comportamento inerente à impregnação com  $\text{Mn}^{2+}$ .

Com base nos resultados do teste anterior (variação de tempo), foi definido o tempo de 1h para o teste de variação de concentração (0,5; 1,5; 5; 8 e  $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Conforme analisado na

Figura 1b, a remoção de AN variou de 0,02 a 0,16 mg.g<sup>-1</sup> e a de AP, entre 0,06 e 0,51 mg.g<sup>-1</sup>. Foi observada uma tendência de aumento na remoção com o aumento da concentração para a amostra AP, enquanto AN apresentou um ligeiro aumento, seguido de uma redução e aparente estabilização com o aumento da concentração. Esta estabilização pode estar relacionada com o pH do meio.

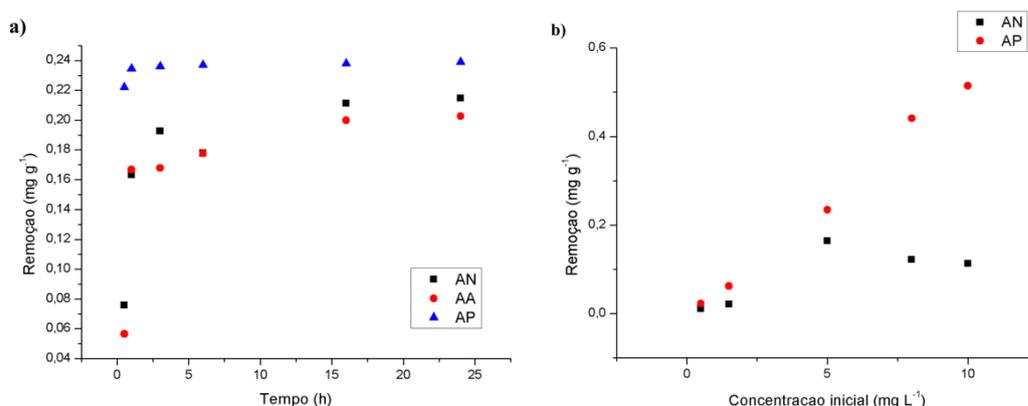


Figura 1 - Resultado dos testes: a) remoção de fluoreto ao longo do tempo, concentração da solução inicial igual a 5 mg.L<sup>-1</sup>; b) remoção de fluoreto em diferentes concentrações, tempo de 1h.

## 5 – CONCLUSÕES

A amostra de alumina comercial estudada é composta principalmente por boehmita, e possui uma boa capacidade em adsorver íons fluoreto. Essa propriedade não foi afetada mesmo a amostra sendo aquecida a 500°C. No entanto, verificou-se que quando a alumina é tratada com Mn<sup>2+</sup> (pelo método de aquecimento), a capacidade de remoção de F<sup>-</sup> da água aumenta significativamente, e o tempo para atingir o equilíbrio de adsorção ocorre de forma mais rápida (1h). Para compreender como o pH e as condições naturais podem ou não interferir na remoção desse íon, são sugeridos testes futuros com soluções sintéticas de diferentes pHs e com a água subterrânea de poços que apresentam contaminação por F<sup>-</sup>, como alguns que exploram o Aquífero Tubarão.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARORA, M.; MAHESHWARI, R.C.; JAIN, S.K.; GUPTA, A. 2004. Use of membrane technology for potable water production. *Desalination*, 170(2):105-112.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. 2009. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas: Instituto Agrônomo. 77 p. (Boletim técnico, 106)

CONCEIÇÃO, L. da; PERGHER, S. B. C.; MORO, C. C.; OLIVEIRA, L. C. A. 2007. Compósitos magnéticos baseados em hidrotalcitas para a remoção de contaminantes aniônicos em água. *Química Nova*, 30(5):1077-1081.

EZAKI, S.; PÉREZ-AGUILAR, A.; HYPOLITO, R.; SHINZATO, M.C. 2016a. Anomalias de flúor nas águas subterrâneas do Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, 37(1): 65-98.

EZAKI, S.; HYPOLITO, R.; PÉREZ-AGUILAR, A. 2016b. Experimental fluorine liberation from Precambrian granites and Carboniferous-Permian sedimentary rocks associated with crystalline and sedimentary aquifers, Paraná Basin, southeastern Brazil. *Geochemical Journal*, 50:379-392

FRAZÃO, P.; PERES, M.A.; CURY, J.A. 2011. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. *Revista Saúde Pública*, 45(5): 964-973.

FENG, Y.; WENCONG, L.; LIANGMIAO, Z.; XINHUA, B.; BAOHUA, Y.; YONG, I.; XINGFU, S. 2008. One-Step Synthesis of Hierarchical Cantaloupe-like AlOOH Superstructures via a Hydrothermal Route. *Crystal Growth & Design*, 8(4):1426-1429

GANGWAR, J., GUPTA, B. K., TRIPATHI, S. K., SRIVASTAVA, A. K. 2015 Phase dependent thermal and spectroscopic responses of different morphogenesis of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanostructures. *Nanoescale*. 7:13313-13344

GUERMAT, N.; BELLEL, A.; SAHLI, S.; SEGUI, Y.; RAYNAUD, P. 2010. Electrical and structural characterization of plasma-polymerized TEOS thin films as humidity sensors. *The Moroccan Statistical Physical and Condensed Matter Society*. 12(3):288-211

KUNDU, N.; PANIGRAHI, M.K.; TRIPATHY, S.; MUNSHI, S.; POWELL, M.A.; HART, B.R. 2001. Geochemical appraisal of fluoride contamination of groundwater in the Nayagarh District of Orissa, India. *Environmental Geology*, 41: 451-460

LEYVA-RAMOS, R.; MEDELLIN-CASTILLO, N.A.; JACOBO-AZUARA, A.; MENDONZA-BARRON, J.; LANDIN-RODRIGUEZ, L.E.; MARTINEZ-ROSALES, J.M.; ARAGON-PIÑA, A. 2008. Fluoride removal from water solution by adsorption on activated alumina prepared from pseudo-boehmite. *Journal of Environmental Management*, 18(5):301-309.

LU, Y.; WU, L.N.; WANG, X.; LU, W.; LIU, S.S. 2000. Effect of high-fluoride water on intelligence in children. *Fluoride*, 33(2):74-78.

MALIYEKKAL, S.M.; SHARMA, A.K.; PHILIP, L. 2006. Manganese-oxide-coated alumina: a promising sorbent for defluoridation of water. *Water Research*, 40:3497-3506.

MEENAKSHI & MAHESHWARI, R.C. 2006 Fluoride in drinking water and its removal. *Journal of Hazardous Materials*, B137:456-463.

NANNI, A.S. 2008. O flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico. Instituto de Geociências, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Tese de Doutorado, 127 p.

PRADO, L. A. S. A.; SRIYAI, M.; GHISLANDI, M.; BARROS-TIMMONS, A.; SCHULTE, K. 2010. Surface modification of alumina nanoparticles with silane coupling agents. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 21(12):2238-2245.

RODRÍGUEZ-PÁEZ, J.E.; VILLAQUIRÁN, C.; COBO, J. 2001. Estudio de la formación de los complejos intermedios durante la síntesis de alumina. *Materials Research*, 4(4):255-264.

TANG, Y.; GUANC, X.; WANG, J.; GAOB, N.; MCPHAILD, M.R.; CHUSUEI, C.C. 2009. Fluoride adsorption onto granular ferric hydroxide: effects of ionic strength, pH, surface loading, and major co-existing anions. *Journal of Hazardous Materials*, 171(1-3):774-779.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2006. Fluoride in drinking-water. Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva, World Health Organization.

## 8º Seminário de Iniciação Científica PIBIC-IG

29 de maio de 2018 - São Paulo - SP

**Agradecimentos** – Os autores agradecem à Celta Brasil pelo fornecimento da amostra de alumina, ao Instituto Geológico por toda logística e ao CNPq, pela bolsa PIBIC.

## INVENTÁRIO DE DESASTRES RELACIONADOS A EVENTOS GEODINÂMICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO EM 2017

### INVENTORY OF DISASTERS RELATED TO GEODYNAMIC EVENTS IN THE STATE OF SAO PAULO IN 2017

SILVA, D.P. (1), FERREIRA, C.J. (2)

- (1) Escola Estadual Maestro Fabiano Lozano, 04018-031, São Paulo, Brasil; daniellepereira2607@gmail.com  
(2) Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, 04015-011, São Paulo, Brasil; cferreira@sp.gov.br

**Resumo** – Dados estatísticos sobre acidentes e desastres relacionados a eventos geodinâmicos constituem elementos fundamentais para análise de risco e implantação de políticas preventivas e mitigadoras de redução de risco. Este trabalho apresenta os dados de desastres para os meses de fevereiro 2017 e de maio a agosto de 2017, obtidos do Sistema Integrado de Defesa Civil (SIDECA), da Subsecretaria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Estado de São Paulo. Os dados foram reinterpretados e incluídos no cadastro de eventos e desastres do Instituto Geológico. Levantou-se um total de 236 desastres, distribuídos em 57 municípios paulistas. Para a amostragem analisada, há um predomínio de eventos hidrológicos (47,9%), seguido dos meteorológicos (32,9%), geológicos (14,5%) e climatológicos (4,7%). O principal tipo de evento perigoso é o alagamento (24,7%), seguido de chuva intensa (22,5%) e inundação (13,9%). Indicadores de consequência mostra que houve no período analisado, três mortes, 1.563 pessoas afetadas e 206 residências danificadas. A comparação entre os dados dos mesmos meses, para o período 2008-2017, evidencia que 2017 foi pouco crítico. Observa-se que para todas as variáveis e meses reportados, os valores obtidos situam-se abaixo da média para o período, exceto para o número de desastres e pessoas afetadas em maio e o número de edificações danificadas, em junho. O mesmo padrão de baixa criticidade é observado, em comparação com o ano anterior. O ano de 2017 exibe valores menores para quase todas as variáveis e meses, exceto para a variável pessoas afetadas, nos meses de maio e agosto. Um aumento da abrangência dos desastres é notado, em função da ocorrência inédita de seis novos municípios no cadastro.

**Palavras-chave:** risco, defesa civil, código brasileiro de desastres, pessoas afetadas.

**Keywords:** risk, civil defense, Brazilian code for disasters, affected people.

## 1 - INTRODUÇÃO

Dados estatísticos sobre acidentes e desastres relacionados a eventos geodinâmicos constituem elementos fundamentais para implantação de políticas preventivas de redução de risco e adoção de medidas mitigadoras (IRDR, 2014; GUHA-SAPIR *et al.*, 2016). Uma forma de registrar e monitorar as ocorrências é a criação e o gerenciamento de um banco de dados que permita monitorar tendências e subsidiar o planejamento e o gerenciamento de ações preventivas e mitigadoras (COUTINHO, 2010).

No Brasil, muitas iniciativas surgiram com o intuito de pesquisar, regionalmente, os

dados estatísticos de desastres. HERMANN (2006) e MARCELINO *et al.* (2006) caracterizaram o panorama de desastres de Santa Catarina com base nos formulários de avaliação de danos da defesa civil, no período 1980 a 2003. SAITO *et al.* (2009) sistematizam as ocorrências de desastres naturais na região Sul do Brasil, entre 2007-2009, por meio da consulta de periódicos *online* e de sítios da internet das defesas civis municipais.

PELLEGRINA *et al.* (2009) e PELLEGRINA (2012) descreveram um banco de dados de eventos atmosféricos severos, criado com base em boletins de ocorrência da Defesa Civil do Estado de São Paulo, alimentado desde 1995. ANDRADE *et al.* (2010, 2015) desenvolveram o método de cadastro de eventos, a partir de notícias de jornal. FERREIRA *et al.* (2011) estabeleceram as bases para um banco de dados sobre desastres relacionados a eventos naturais e à instabilidade geotécnica para o Estado de São Paulo, mediante consulta às notícias da mídia eletrônica. BROLLO & FERREIRA (2009, 2016) e NUNES & FERREIRA (2015) apresentaram os resultados deste levantamento sistemático, organizado pelo Instituto Geológico, cuja continuidade é objeto deste projeto de iniciação científica e que foi tema de trabalhos anteriores de bolsistas do PIBIC (e.g. GONÇALVES *et al.*, 2016).

O objetivo geral deste trabalho é apoiar a gestão de risco de desastres a eventos geodinâmicos do Estado de São Paulo, por meio da elaboração de inventário de desastres relacionados a eventos geodinâmicos. Seu objetivo específico consiste em levantar, tratar e analisar dados de desastres no Estado de São Paulo para alguns meses de 2017. O levantamento dos demais meses do ano foi realizado pelos demais participantes do projeto “Cadastro de Eventos Geodinâmicos e Desastres do Estado de São Paulo” (IG, 2018), conforme sua divisão de trabalho e cronograma.

## 2 – ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange todo o Estado de São Paulo e restringe-se temporalmente aos meses de fevereiro 2017 e de maio a agosto de 2017 (Figura 1).

## 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades realizadas seguiram as seguintes etapas: i) obtenção dos dados; ii) alimentação do cadastro do Instituto Geológico e; iii) tratamento dos dados. A primeira etapa consistiu em acessar o sítio do SIDECA, efetuar consulta referente aos meses de interesse e exportar os dados, na forma de planilhas eletrônicas. Posteriormente, os dados serão complementados por meio de consulta a outras fontes de informação, tais como, portais de notícias, relatórios de vistoria técnica, ambos elaborados pelo Instituto Geológico, relatórios municipais, entre outras.

Os dados levantados foram reinterpretados e inseridos em planilha eletrônica no formato *Google Docs*, compartilhada na *web* entre os participantes do projeto. A classificação dos eventos geodinâmicos seguiu com adaptações às categorias da classificação internacional, adotada no Banco de Dados de Eventos Emergenciais (EM-DAT) (BELOW *et al.*, 2009; IRDR, 2014) e do Código Brasileiro de Desastres (COBRADE) (BRASIL, 2012).

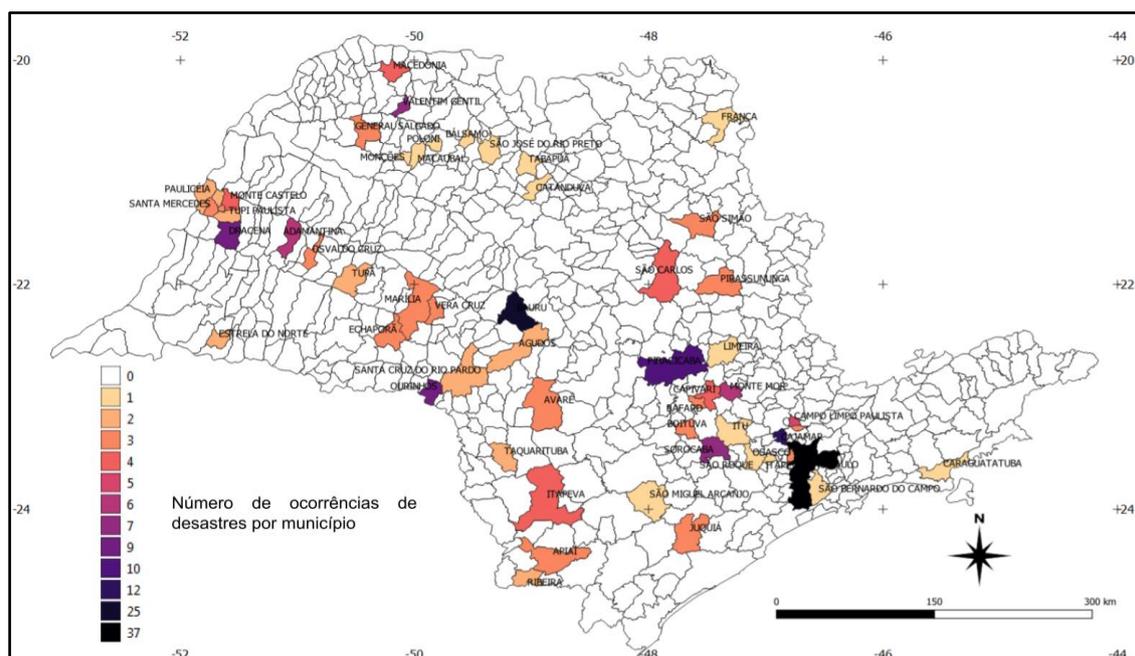


Figura 1 - Abrangência da área de estudo e o número de desastres relacionados a eventos geodinâmicos referentes aos meses de fevereiro e de maio a agosto 2017, obtidos do SIDEC.

## 4 – RESULTADOS

O número levantado de desastres totalizou 234, distribuídos em 57 municípios do estado de São Paulo, dos quais seis deles (Echaporã, Macaúbal, Macedônia, Monções, Nova Guataporanga e Poloni) foram registrados de forma inédita (Figura 1).

Para a amostragem analisada há um predomínio de eventos hidrológicos (47,9%), seguido dos meteorológicos (32,9%), geológicos (14,5%) e climatológicos (4,7%) (Figura 2a). O principal tipo de evento perigoso é o alagamento (24,7%), seguido de chuva intensa (22,5%) e inundação (13,9%) (Figura 2b).

Os indicadores de consequência mostram que houve, no período, três mortes (todas no mês de fevereiro), 1.563 pessoas afetadas (177, 1.246, 49 e 91, respectivamente para os meses de fevereiro, maio, junho e agosto) e 206 residências danificadas (101, 34 e 71, respectivamente para os meses de fevereiro, maio e junho) (Figura 3).

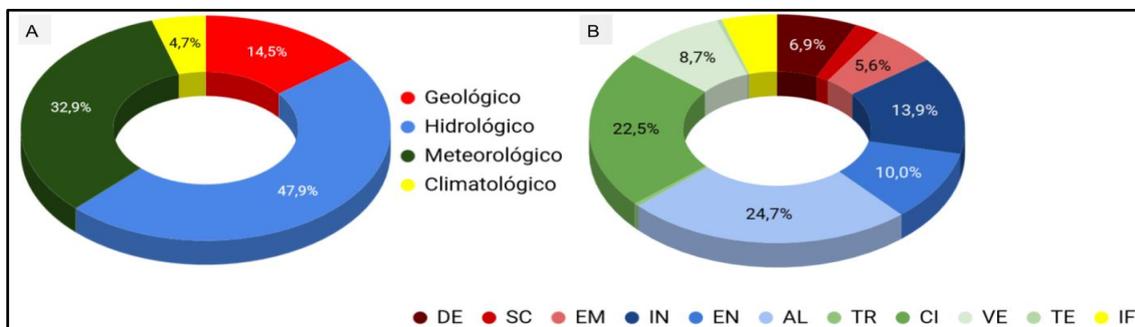


Figura 2 - Distribuição das categorias (a) e tipos de desastres (b) dos meses de fevereiro, maio, junho, julho e agosto de 2017. Convenções: DE = deslizamento; SC = subsidência e colapso; EM = Erosão de margem fluvial; IN = inundação; EN = enxurrada; AL = alagamento; TR = tornado; CI = chuva intensa; VE = vendaval; TE = temporal; IF = incêndio florestal.

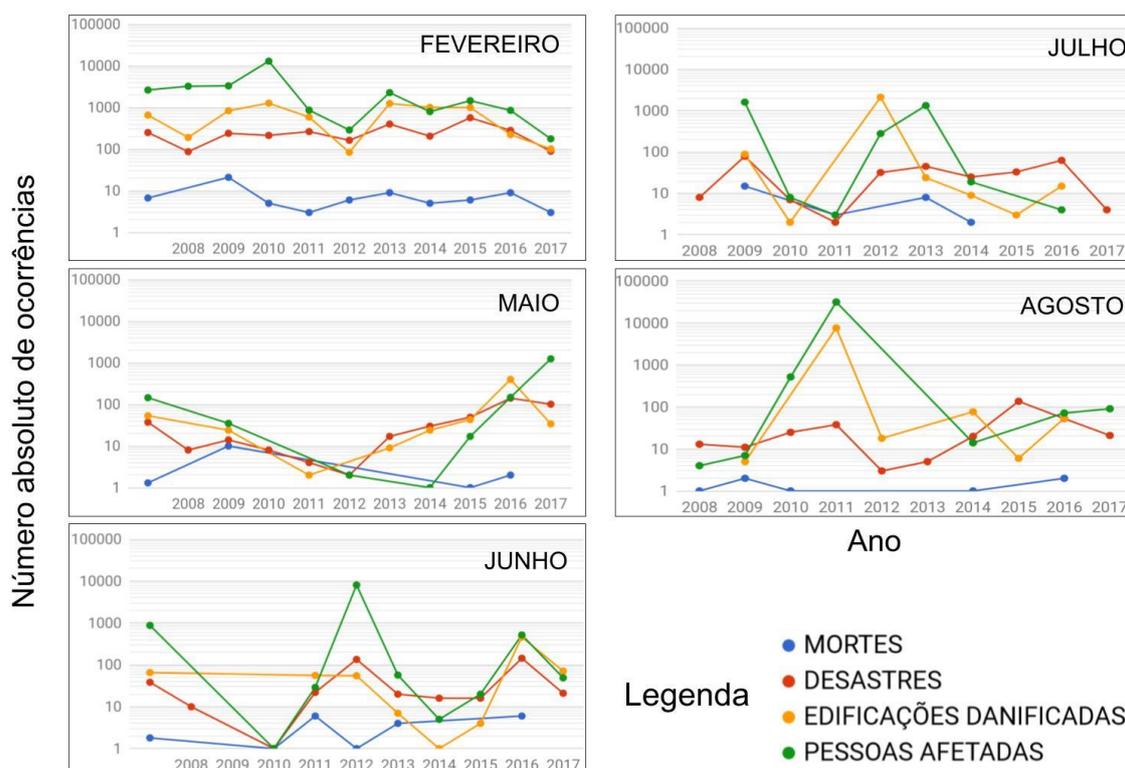


Figura 3 - Comparação da ocorrência de mortes, desastres, edificações danificadas e pessoas afetadas nos meses de fevereiro e de maio a agosto para o período entre 2008 e 2017. Gráfico em escala logarítmica indicando número absoluto de registros. Valores iguais zero não estão representados.

A comparação entre os valores médios de registros dos mesmos meses no período 2008-2017 mostra que 2017 teve resultados menores que os valores médios para todas as variáveis analisadas (número de mortes, desastres, edificações danificadas e pessoas afetadas) para os meses de fevereiro, julho e agosto. O ano de 2017 esteve acima da média apenas para o número de desastres e pessoas afetadas em maio e para o número de edificações danificadas em junho.

Em comparação com o ano anterior, 2017 apresentou resultados menores para todas as variáveis e meses, exceto para a variável pessoas afetadas, nos meses de maio e agosto (Figura 3).

## 5 – CONCLUSÕES

O levantamento dos desastres para os meses de fevereiro e de maio a agosto de 2017, ainda que preliminar e abrangendo apenas como fonte de informação, o SIDEC, permitiu caracterizar 2017 como um ano pouco crítico em relação ao período 2008-2017.

Observa-se que para todas as variáveis e meses, os valores obtidos situam-se abaixo da média para o período, exceto para o número de desastres e pessoas afetadas, em maio, e o número de edificações danificadas, em junho.

O mesmo padrão de baixa criticidade é observado, em comparação com o ano anterior. 2017 teve valores menores para todas as variáveis e meses, exceto para a variável pessoas afetadas nos meses de maio e agosto.

Um aumento da abrangência dos desastres é notado em função da ocorrência inédita de seis novos municípios no cadastro.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E; DANNA, L.C.; SANTOS, M.L.; FERNANDES DA SILVA, P.C. 2010. Levantamento de ocorrências de inundação em registros de jornais como subsídio ao planejamento regional e ao mapeamento de risco. In: ABGE, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 7, Maringá-PR, Atas, CD-ROOM, 2010. URL: <https://goo.gl/M9acL3>. Acesso em: 28 dez. 2018.
- ANDRADE, E; BROLLO, M.J.; TOMINAGA, L.K.; FERNANDES DA SILVA, P.C. 2015. Campos do Jordão (SP): notícias veiculadas na mídia impressa como apoio à gestão de riscos de desastres. In: Sociedade Brasileira de Geologia: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 14, Campos do Jordão, SP, Atas. URL: <https://goo.gl/5i288y>. Acesso em: 28 abr. 2018.
- BELOW, R.; WIRTZ, A.; GUHA-SAPIR, D. 2009. Disaster category classification and peril terminology for operational purposes - Common Accord Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) and Munich Reinsurance Company (Munich RE). Working paper 264, Catholic University of Louvain - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED, 2009. URL: [http://cred.be/sites/default/files/DisCatClass\\_264.pdf](http://cred.be/sites/default/files/DisCatClass_264.pdf). Acesso em: 28 abr. 2018.
- BRASIL (Ministério da Integração Nacional). 2012. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. Instrução Normativa N° 1, Brasília, 2012, Diário Oficial da União, 169, Seção I, págs. 30-39, de 24 de agosto de 2012. URL: <https://goo.gl/Q76gwj>. Acesso em: 28 dez. 2018.
- BROLLO, M.J. & FERREIRA, C.J. 2009. Indicadores de desastres naturais no Estado de São Paulo. In: Sociedade Brasileira de Geologia: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 11, Águas de São Pedro, SP, Atas, p. 125. URL: <https://goo.gl/5i288y>. Acesso em: 28 abr. 2018.

- BROLLO, M.J. & FERREIRA, C.J. 2016. Gestão de riscos de desastres devido a fenômenos geodinâmicos no Estado de São Paulo: Cenário 2000-2015. São Paulo: Instituto Geológico, 72p. (Boletim 67). URL: <https://goo.gl/NaJWXD>. Acesso em: 27 abr. 2018.
- COUTINHO, L.A. 2010. Banco de dados geográfico de desastres naturais: projecto conceitual, inventariação e proposta para difusão dos dados. Lisboa. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, Dissertação de Mestrado, 99p.
- FERREIRA, C.J.; OGIHARA, V.H.; ESPOSITO-VIEIRA, R.; BIGANZOLLI-FERREIRA, R. 2011. Uso da mídia eletrônica na elaboração de banco de dados de desastres relacionados a eventos geodinâmicos no estado de São Paulo. In: ABGE: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 13. São Paulo, 2011. Anais, CD-ROM, 08 p. URL: <https://goo.gl/xPB2sp>. Acesso em: 28 dez. 2018.
- GONÇALVES, L.E.; FERREIRA, C.J.; PICANÇO, J. 2016. Levantamento atual e histórico de ocorrências de desastres relacionados a eventos geodinâmicos na Região Metropolitana de Campinas com base em mídia impressa e digital. In: PEREZ FILHO, A. & AMORIM, R.R. (Org.): Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, Instituto de Geociências, UNICAMP, Campinas. p. 4298-4302. URL: <https://goo.gl/dQxwXr>. Acesso em: 27 abr. 2018.
- GUHA-SAPIR D., HOYOIS P.H., BELOW. R. 2016. Annual Disaster Statistical Review 2015: The Numbers and Trends. Bruxelas, CRED; 2016. URL: <https://goo.gl/CffcBr>. Acesso em: 27 abr. 2018.
- HERMANN, M. L. de P. (Org.). 2006. Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina. Florianópolis: IOESC, 2006, 146 p. URL: <https://goo.gl/pYJ6Xj>. Acesso em: 27 dez. 2018.
- INSTITUTO GEOLÓGICO. 2018. Cadastro de eventos geodinâmicos e desastres do Estado de São Paulo. Instituto Geológico, Secretaria de Estado do Meio Ambiente: Estado de São Paulo. Planilha On-line. URL: <https://goo.gl/8UJEi2>. Acesso em: 27 dez. 2018.
- INTEGRATED RESEARCH ON DISASTER RISK. 2014. Peril Classification and Hazard Glossary (IRDR DATA Publication n. 1). Beijing: Integrated Research on Disaster Risk. URL: <https://goo.gl/8NQhd9>. Acesso em: 27 abr. 2018.
- MARCELINO, E.V.; NUNES, L.H.; KOBIYAMA, M. 2006. Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. Caminhos de Geografia. v. 6, n. 19, p. 130-149, 2006. URL: <https://goo.gl/A5SmW9>. Acesso em: 27 dez. 2018.
- NUNES, R.G.S.; FERREIRA, C.J. 2015. Cadastro de desastres e eventos geodinâmicos no Estado de São Paulo no período de 2010-2015. In: Sociedade Brasileira de Geologia: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 14, Campos do Jordão, SP, Atas. URL: <https://goo.gl/GESX4f>. Acesso em: 27 abr. 2018.
- PELLEGRINA, G.J. 2012. Variabilidade climática, desastres naturais e a relação com eventos severos no estado de São Paulo. CLIMEP, Rio Claro, SP. v. 7, n. 1-2, p. 46-72, 2012. URL: <https://goo.gl/wDy2fz>. Acesso em: 27 dez. 2018.
- PELLEGRINA, G.J.; OLIVEIRA, M.A.A. de; PEIXOTO, A.S.P. 2009. Elaboração de um banco de dados para eventos severos. In: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, CONGRESSO INTERNACIONAL DE RISCO, 1, 2009, Portugal. Anais, p. 31-36, 2009. URL: <https://goo.gl/7eRWVZ>. Acesso em: 27 dez. 2018.
- SAITO, S.M.; FERREIRA, C.C.; SAUSEN, T.M.; HANSEN, M.A.F.; MARCELINO, I.O.P.V. 2009. Sistematização de ocorrências de desastres naturais na região Sul do Brasil. In: INPE: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, Natal, Brasil, Anais, p. 2333-2339. URL: <https://goo.gl/8imXeg>. Acesso em: 27 dez. 2018.

**Agradecimentos** – Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de Iniciação Científica Ensino Médio ao primeiro autor.

**ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA EM ÁREAS SUSCETÍVEIS À  
INUNDAÇÃO E MOVIMENTO DE MASSA: ESTUDO DE CASO EM  
MAIRIPORÃ, A PARTIR DE 2010**

*ANALYSIS OF THE URBAN EXPANSION IN AREAS SUSCETIBLE TO FLOODING  
AND LANDSLIDES: CASE STUDY IN MAIRIPORÃ MUNICIPALITY, FROM 2010*

**SILVA, V.B. (1), RAFFAELLI, C.B. (2)**

(1) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 05508-080, São Paulo, Brasil; valmerson.silva@usp.br

(2) Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, 04015-903, São Paulo, Brasil; cristina@sp.gov.br

**Resumo** – A expansão desordenada da malha urbana, na direção de áreas suscetíveis à inundação e movimento de massa, cria um processo contínuo de construção social de desastres, observado pelo aumento das ocorrências e suas consequências no Estado de São Paulo. Neste trabalho é discutida a situação do município de Mairiporã (SP), selecionado devido à situação crítica quanto a eventos geológicos e hidrológicos, além da existência de mapeamentos recentes, voltados à prevenção de riscos geológicos. A análise do avanço da ocupação em áreas de alta suscetibilidade é feita a partir da elaboração e associação de mapas e avaliações quantitativas. Os resultados apontam as tendências atuais da expansão da cidade em relação às áreas suscetíveis, servindo de alerta quanto a um possível processo de formação de novas áreas de risco, associadas às situações de vulnerabilidades da ocupação urbana. Diante dessa situação e a despeito da existência dos mapeamentos supracitados, há a necessidade de maior integração dos instrumentos de prevenção de riscos ao planejamento urbano e à gestão municipal.

**Palavras-chave:** prevenção de riscos de desastres, planejamento urbano, inundação, movimento de massa.

**Keywords:** *disaster risk prevention, urban planning, flooding, landslide.*

## 1 - INTRODUÇÃO

O processo de adensamento urbano brasileiro, fortemente caracterizado pelo crescimento desigual das cidades e o surgimento e persistência de zonas precárias de ocupação como consequência de um planejamento aquém das necessidades, reservou a uma parcela da cidade um lugar à margem da legalidade urbanística e fundiária sob a qual deveria se assentar. Diante deste cenário, onde o crescimento desordenado esteve também frequentemente relacionado com a ocupação de áreas suscetíveis à inundação e movimento de massa, aponta-se para uma construção social do risco, o que caracteriza tal tema como uma questão imbricada ao planejamento urbano e territorial (CARDONA, 2003).

É neste contexto que se insere a Gestão de Riscos de Desastres enquanto um tema de grande importância e recorrência no cenário nacional e internacional, sobretudo nas últimas décadas. De uma maneira geral, os estudos sobre esse tema e planejamento, junto com as

transformações no campo legislativo, tiveram entre a última década do século XX, e, sobretudo após 2010, um avanço no que diz respeito à gestão integrada, visando à redução do risco mediante maior articulação entre as diversas escalas de gerenciamento. No Brasil, uma série de eventos, sobretudo os que ocorreram na região serrana do Rio de Janeiro, em 2011, criaram condições para discussões mais profundas acerca do planejamento para Gestão de Riscos de Desastres. Em 2012, instituiu-se a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), sob a Lei nº 12.608/2012, que prevê uma série de transformações sobre a gestão de riscos e defesa civil, sobretudo ao criar uma política nacional, que integrada, significa um grande avanço ao gerenciamento compartilhado.

Além da criação de importantes medidas integradoras em nível nacional, a Lei nº 12.608/2012 trouxe alterações em outras normas, na tentativa de atuar de forma mais articulada. Uma das mais importantes mudanças refere-se aos artigos 42A e 42B do Estatuto da Cidade, estabelecendo a partir destes, o dever do município, de quando incluído no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis a deslizamentos de grandes impactos e inundações bruscas, de incorporar na revisão do plano diretor municipal novos instrumentos, tais como carta geotécnica de aptidão à urbanização e mapeamento de áreas suscetíveis aos processos geológicos e hidrológicos (BRASIL, 2012).

Desta forma, este trabalho tem por objetivo aplicar no município de Mairiporã uma metodologia simples e econômica que possa ser utilizada nas prefeituras municipais para acompanhar a ocupação de suas áreas suscetíveis aos processos geológicos e hidrológicos perigosos, de forma a subsidiar a utilização de instrumentos de gestão do território e políticas públicas, em consonância com a Lei nº 12.608/2012. Tal objetivo justifica-se no contexto legislativo, como já explicado, e por Mairiporã ser um município crítico quanto à suscetibilidade e ocupação significativa de áreas dessa natureza por uma população caracterizada pelo alto grau de vulnerabilidade em um contexto de alta taxa de crescimento demográfico.

## **2 – ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo deste trabalho é o município de Mairiporã. Nele serão analisados aspectos sobre o atual crescimento urbano e sua influência, além das implicações frente às situações de riscos associados a fenômenos geológicos e hidrológicos. Mairiporã faz parte da sub-regional norte da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), limitando-se a norte do município de São Paulo (Cantareira), Guarulhos a leste, Francisco Morato, Franco da Rocha e Caieiras a oeste (Figura 1).

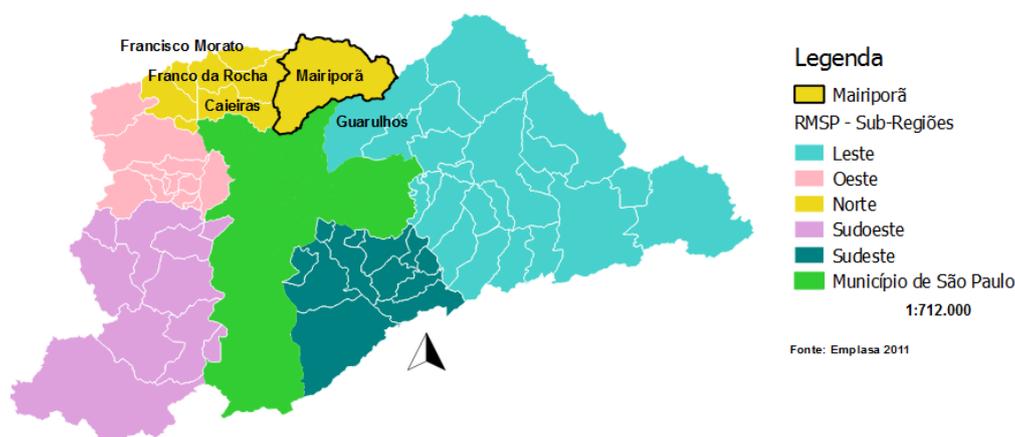


Figura 1 - Localização do município de Mairiporã e a divisão sub-regional norte da Região Metropolitana de São Paulo.

O município de Mairiporã apresenta significativos remanescentes da Mata Atlântica, fazendo parte do Cinturão Verde de São Paulo. Possui inúmeros mananciais, abrigando as bacias dos rios Juqueri e do Reservatório Engenheiro Paulo de Paiva Castro, parte do Sistema Cantareira. O relevo e a hidrografia caracterizam o município como suscetível a eventos geológicos e hidrológicos, sendo que no site do Sistema Integrado de Defesa Civil (SIDEV)<sup>1</sup> estão cadastrados o relatório e o mapa de Setorização de Riscos Alto e Muito Alto de 2012, além da Carta de Suscetibilidade, elaborada em 2014. O município dista 37 km de São Paulo, possui 320,70 Km<sup>2</sup> de área, população de 95.601 habitantes e uma taxa média geométrica de crescimento demográfico anual de 3,04%. Trata-se do maior município da Sub-Regional Norte da RMSP (Tabela 1).

Tabela 1 - Taxa média geométrica de crescimento demográfico anual da Sub-Regional Norte da RMSP (Fonte: EMPLASA, 2018).

| Município        | Taxa média geométrica de crescimento demográfico anual - SEADE |
|------------------|--|
| Mairiporã        | 3,04%  |
| Francisco Morato | 1,48%  |
| Caieiras         | 2,01%  |
| Franco da Rocha  | 1,99%  |
| Cajamar          | 2,38%  |

<sup>1</sup> Disponível em: <[http://www.sidec.sp.gov.br/producao/map\\_risco/pesqpdf3.php](http://www.sidec.sp.gov.br/producao/map_risco/pesqpdf3.php)>

### **3 – MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a análise da evolução da expansão urbana em áreas suscetíveis a fenômenos perigosos, a primeira etapa do trabalho consistiu na seleção de uma área teste. Desta forma, escolheu-se o município de Mairiporã por apresentar fatores mais críticos quanto aos riscos geológicos e hidrológicos, acrescidos de crescimento populacional com impacto na expansão urbana, dentro de uma das nove tipologias nas quais os municípios no Estado de São Paulo são enquadrados quanto aos fatores mencionados.

Tal análise contemplou a elaboração do mapa de expansão urbana de Mairiporã, no período de 2010 a 2018, a partir da associação de informações obtidas pela sobreposição do mapa de expansão com os mapas de suscetibilidade alta e média à inundação e movimento de massa, bem como a distribuição da área de urbanização consolidada em relação às áreas mais perigosas, foi também considerada a relação entre os vetores de crescimento urbano e as áreas de alta e média suscetibilidade. Analisou-se também o Plano Diretor municipal quanto à incorporação dos instrumentos de gestão de risco existentes no ordenamento territorial.

Quanto ao mapa de áreas suscetíveis, inicialmente foram analisadas as áreas de alta suscetibilidade frente ao seu contexto urbano e localização na área de urbanização consolidada, seguida da análise das áreas de média suscetibilidade, uma vez que estas apresentaram ocupação muito significativa. Foram consideradas como expansão urbana, as áreas consolidadas ou em processo de consolidação, tais como loteamentos e arruamentos demarcados, que não constavam nas imagens de 2010. Os dados foram levantados quantitativa e qualitativamente em relação ao avanço da mancha urbana sobre as áreas de alta e média suscetibilidade (inundação e movimento gravitacional de massa).

### **4 – RESULTADOS**

A Figura 2 apresenta o mapa da expansão urbana em áreas suscetíveis aos fenômenos estudados para o período 2010-2018, resultantes do procedimento adotado nesta pesquisa. Assim como aponta a análise dos setores de risco em Mairiporã elaborados pela CPRM, é possível observar que as áreas correspondentes à média suscetibilidade aos movimentos de massa e inundação abrigam a maioria das zonas sob as quais os riscos são classificados como altos ou muito altos.

Foram identificadas 335 áreas caracterizadas pela expansão urbana, distribuídas pelo município de forma esparsa, conforme verificado no produto do mapeamento (Figura 2). Observa-

se que a análise da expansão urbana levou em consideração feições urbanas tais como: novos loteamentos, formação de arruamentos e consolidação da construção.

A partir da análise do mapa, é possível verificar que a maior parte das áreas de expansão em áreas de média suscetibilidade a movimento de massa, seguida pela expansão em áreas de alta suscetibilidade do mesmo evento. Ademais, destaca-se a expansão em áreas de alta suscetibilidade à inundação, sendo que a menor suscetibilidade a sofrer interferência de ocupação urbana corresponde às zonas de média suscetibilidade à inundação. Os resultados apurados estão sintetizados na Tabela 2.

A partir de uma análise mais detalhada do mapa da Figura 2, é possível verificar a existência de vetores de crescimento ou expansão urbana, sobretudo em setores próximos às áreas urbanas, já consolidadas. A expansão urbana apresenta-se pulverizada, pouco concentrada na região central do município e coincidindo com o centro geográfico. Há uma concentração desse crescimento no setor sudeste do município, seguido pelo setor nordeste. A região central e parte do braço leste possuem uma concentração menor da expansão urbana, tanto em zonas de suscetibilidade alta quanto média de inundação ou deslizamento de massa.

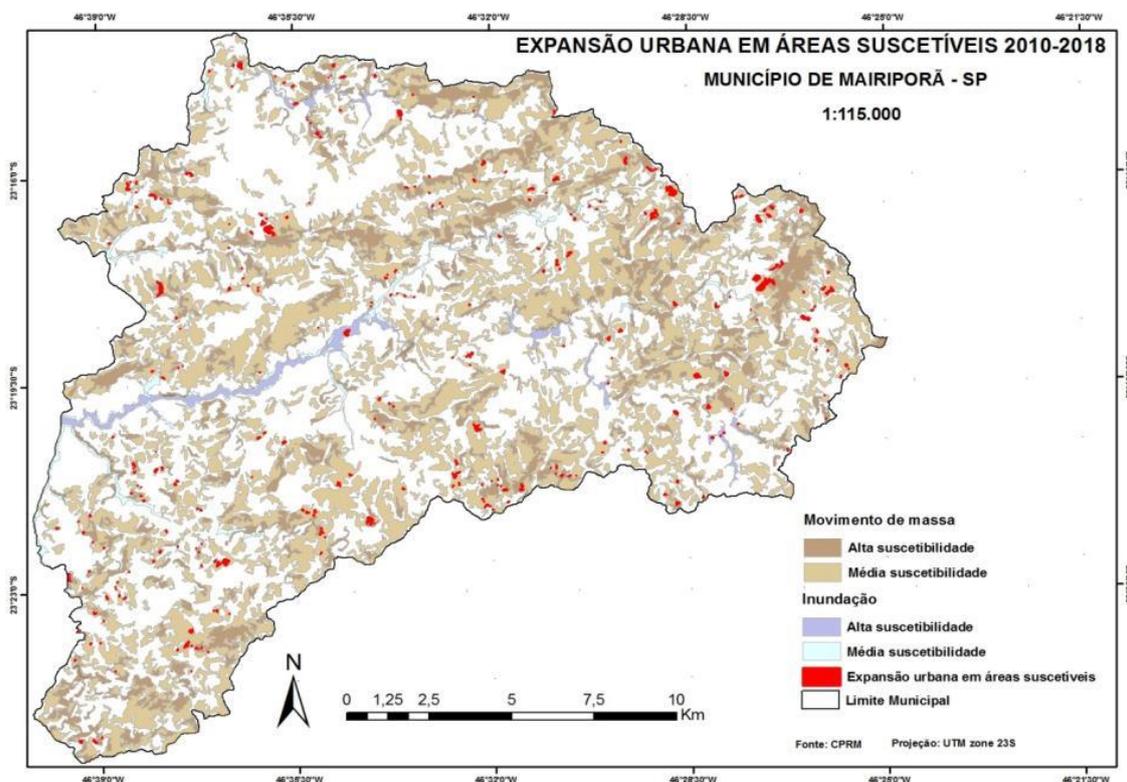


Figura 2 - Mapa da expansão urbana do município de Mairiporã em áreas suscetíveis à inundação e movimentos de massa, para o período 2010-2018.

Tabela 2 - Classificação da ocorrência de expansão urbana nos diferentes tipos de suscetibilidade à inundação e movimentos de massa, em ordem decrescente.

| Classificação da ocorrência de expansão urbana em ordem decrescente |  |            |                        |
|---|--|------------|------------------------|
| Ocorrência  | Tipo de suscetibilidade  | Nº Feições | Área em m <sup>2</sup> |
| 1   | Média suscetibilidade a movimento de massa                     | 295        | 831941                 |
| 2   | Alta suscetibilidade a movimento de massa                      | 27         | 54418                  |
| 3   | Alta suscetibilidade a inundação                               | 11         | 31209                  |
| 4   | Média suscetibilidade a inundação                              | 2          | 19093                  |
| <b>Total</b>  | <b>Alta/Média suscetibilidade movimento de massa/inundação</b> | <b>335</b> | <b>936661</b>          |

## 5 – CONCLUSÕES

O município de Mairiporã apresenta-se, com base nos critérios desta pesquisa, como um dos mais críticos no Estado de São Paulo quanto aos riscos geológicos e hidrológicos, totalizando 34.434.987m<sup>2</sup> de áreas caracterizadas por risco alto e muito alto. Esta situação é corroborada pelo registro de um elevado número de eventos geodinâmicos (levantados pelo Instituto Geológico entre 1997 e 2016). O município apresenta uma taxa média de crescimento anual alta (3,04%) o que permitiu uma boa análise da expansão urbana e a identificação dos vetores de crescimento da cidade.

Com base nos resultados do trabalho, verifica-se que o município apresenta aumentos significativos na ocupação de áreas suscetíveis, nas porções sudeste e oeste de seu território, nos limites com Guarulhos, Francisco Morato e Franco da Rocha, ao passo que na área central tem-se, em alguns casos, uma diminuição de zonas urbanas, sobretudo em áreas de alta suscetibilidade à inundação ou movimento de massa, e algumas vezes, em áreas de média suscetibilidade a tais eventos. Essa característica pode estar relacionada à desocupação preventiva, decorrente de eventos que se repetem em áreas de alta suscetibilidade. Tal configuração mostra que o município de Mairiporã, perante altas taxas de crescimento populacional, alta vulnerabilidade e desigualdade social, não tem conseguido direcionar o crescimento de sua mancha urbana para terrenos não suscetíveis a riscos, sendo que a expansão ocorre de forma esparsa e pulverizada, com alto grau de agressão ao meio ambiente.

O Plano Diretor Municipal (MAIRIPORÃ, 2006), deveria contemplar as alterações trazidas pela Lei nº 12.608/2012 e alterações no Estatuto da Cidade que indicam a necessidade de instituir um Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) e um Cadastro de Áreas Propensas ao Risco. Embora tenham sido identificadas 19 áreas, caracterizadas por riscos alto e muito alto no município, no levantamento efetuado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), entre outubro e novembro de 2012, não foi elaborado o PMRR. Verificam-se poucas ações práticas para se

prevenir novas áreas de risco, situação recorrente na maioria dos municípios do território paulista (PINTO, 2015).

Uma próxima fase desta pesquisa relacionará a expansão urbana e vulnerabilidade frente ao risco e ao cadastro de eventos.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL.2012. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. Lei nº 12.608, de 10 de Abril de 2012. URL: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm)> Acesso em: 16/12/2017.

CARDONA, O.D. 2003. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. In: BANKOFF, G.; FRERKS, G.; HILHORST, D. (eds.). Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People, Earthscan Publishers. London.

MAIRIPORÃ. 2006. Lei Complementar nº 297, de 06 de novembro de 2006. URL: <[municipais.com.br/a/sp/m/mairipora/lei-complementar/2006/29/297/lei-complementar-n-297-2006-institui-o-plano-diretor-do-municipio-de-mairipora](http://municipais.com.br/a/sp/m/mairipora/lei-complementar/2006/29/297/lei-complementar-n-297-2006-institui-o-plano-diretor-do-municipio-de-mairipora)>. Acesso em: 16/12/2017.

PINTO, C.M.R. 2015. O alcance da política urbana de Mairiporã. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, p. 167-175.

**Agradecimentos** – Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de pesquisa, ao apoio do Instituto Geológico a partir do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Geológico e à Universidade Federal do ABC, pelo suporte oferecido.

**REAVALIAÇÃO DO MAPEAMENTO DA GEOMORFOLOGIA CÁRSTICA  
DE KARMANN (1994) NOS PLANALTOS CÁRSTICOS LAJEADO-BOMBAS E  
FURNAS-SANTANA, SP**

*REASSESSMENT OF KARST GEOMORPHOLOGY MAPPING FROM KARMANN  
(1994) OVER THE LAJEADO-BOMBAS AND FURNAS-SANTANA KARST  
PLATEAUS, SP*

**SOUZA, M.G. (1), SALLUN FILHO, W. (2), KARMANN, I. (1)**

(1) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 05508-080, São Paulo, Brasil; mariana.goldoni.souza@usp.br; ikarmann@usp.br

(2) Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, 04015-903, São Paulo, Brasil; wsallun@gmail.com

**Resumo** – Os planaltos cársticos de Furnas-Santana e Lajeado-Bombas localizam-se na região do Alto Vale do Ribeira, Iporanga, sudeste do Estado de São Paulo. A região apresenta feições cársticas características tais como: cones cársticos, vales cegos, sumidouros, ressurgências e rios subterrâneos com cavernas. Apresentada em KARMANN (1994), a evolução do sistema cárstico da região envolveu a transformação de um sistema fluvial para o carste poligonal. Tal evolução é demonstrada nos mapas morfológicos dos planaltos cársticos Furnas-Santana e Lajeado-Bombas do mesmo trabalho. Esses mapas encontravam-se apenas sob forma analógica, que apesar de digitalizados através de *scanner*, não poderiam ser modificados ou reavaliados, pois não estavam vetorizados. Além disso, tais mapas apresentam problemas de localização espacial. Este trabalho visa a transformação dos mapas morfológicos, de formato analógico, para digital e com isso, proporcionar uma reavaliação da compartimentação geomorfológica proposta em KARMANN (1994) quanto a limites topográficos e maior precisão e atualização das drenagens. O referenciamento dos mapas com base em fontes atualizadas originou distorções devido ao posicionamento espacial (correto), e permitiu visualizar erros na interpretação dos mapas originais. A vetorização das feições cársticas e o início da reavaliação do posicionamento das mesmas permitiram ressaltar a importância de estabelecer novos limites das unidades morfológicas e também, adicionar os cones cársticos no mapa morfológico Furnas-Santana. Espera-se ao final deste estudo, gerar um mapa geomorfológico de KARMANN (1994) referenciado e mais preciso, obter novos dados morfométricos específicos, além de identificar e detalhar feições cársticas significativas.

**Palavras-chave:** carste; Vale do Ribeira; geomorfologia cárstica; Planalto Lajeado-Bombas; Planalto Furnas-Santana

**Keywords:** karst; Ribeira Valley; karst geomorphology; Lajeado-Bombas Plateau; Furnas-Santana Plateau

## 1 – INTRODUÇÃO

A região cárstica do Alto do Vale do Rio Ribeira de Iguape (sudeste do Estado de São Paulo), apesar de não apresentar extensões significativas, abrange importantes sistemas cársticos e de grande potencial científico. Essa área possui feições de dissolução características como cavernas bem desenvolvidas, rios subterrâneos associados, sumidouros e ressurgências, escarpas rochosas, abismos e dolinas. KARMANN & FERRARI (2002) apontam que a superfície

carbonática, constituída principalmente por metacalcários com topo de cristas de até 700 m, encontra-se rebaixada e intercalada com rochas não carbonáticas, proporcionando, assim, importante recarga allogênica ao sistema. Somando-se a este fator, o escoamento superficial ocorre em faixas carbonáticas dobradas que auxiliam o fluxo e a recarga autogênica, ressaltando o sistema de recarga mista presente, ainda que com predomínio de injeção alóctone (KARMANN, 1994). A área dos planaltos cársticos de Lajeado-Bombas e Furnas-Santana, em Iporanga (SP), tem sido alvo de estudos geoespeleológicos, hidrogeológicos e geomorfológicos, proporcionando atualmente importantes referências. O trabalho de KARMANN (1994) detém resultados significativos quanto à evolução da paisagem cárstica, cujos mapas morfológicos das áreas de Furnas-Santana e Lajeado-Bombas representam a morfologia do terreno e feições cársticas de forma bastante detalhada. Entretanto, existem restrições quanto à utilização desses mapas feitos na época, em vista da necessidade de produzir um acervo digital que permita o acesso e o uso desses materiais. Para tanto, este projeto enfatiza a relevância e a importância de transformar os mapas morfológicos, de formato analógico para digital. Com isso, será possível proporcionar uma reavaliação da compartimentação geomorfológica proposta em KARMANN (1994) a respeito dos limites topográficos e drenagens, mais precisos e atuais, além de atualizar setores com erros de digitalização e/ou erros inerentes ao processo de confecção dos mapas, constatados apenas com o uso de *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e bases atualizadas.

## 2 – ÁREA DE ESTUDO

A área estudada situa-se na região sudeste do Estado de São Paulo, onde ocorrem rochas carbonáticas do Proterozóico e se desenvolvem importantes terrenos cársticos (Figura 1).

KARMANN (1994) situa a área dos planaltos cársticos Furnas-Santana e Lajeado-Bombas no flanco sudoeste da Serra de Paranapiacaba. A área estudada é caracterizada por um relevo rugoso, devido à presença de fundos de vales e topos de cones cársticos, nivelados a 700 m. Localiza-se em área de transição entre o Planalto Atlântico (a noroeste) e a Província Costeira, caracterizada por planícies aluviais e conjuntos de morros arredondados, constituindo a Serrania do Ribeira, formada por planaltos alinhados segundo a direção NE-SW. Ambos foram classificados como planaltos de interiores e cortados transversalmente pelo Rio Betari, nível de base local (KARMANN, 1994).

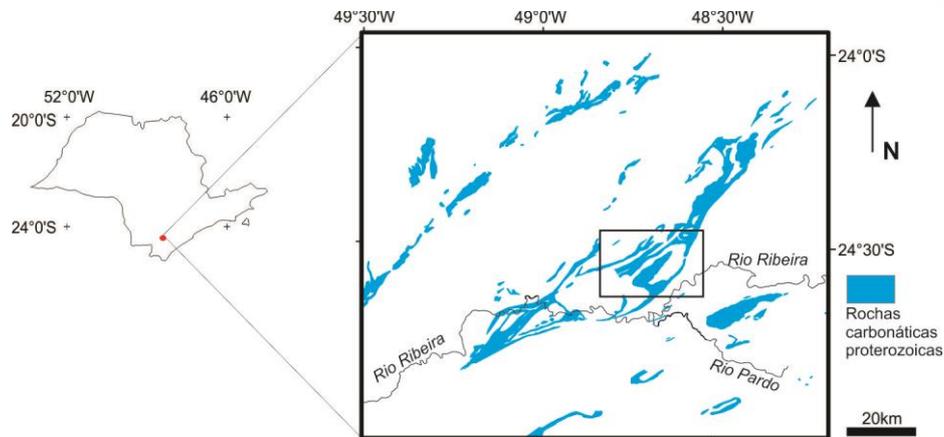


Figura 1 - Localização da área e principais corpos de rochas carbonáticas.

### 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho baseia-se na reavaliação e atualização da compartimentação dos planaltos cársticos Furnas-Santana e Lajeado-Bombas, elaborada em KARMANN (1994). Para tal, a metodologia utilizada neste trabalho apresentou até o momento cinco etapas, descritas abaixo:

1. Alinhamento preliminar dos limites dos mapas morfológicos de Furnas-Santana e Lajeado-Bombas, sobre *shapefile*, com delimitação dos calcários, e um *shapefile* da malha de drenagens, escala 1:10.000, do Instituto Geográfico Cartográfico (IGC) e gerando a primeira versão dos mapas;
2. Georreferenciamento da primeira versão, utilizando como base as cartas topográficas, escala 1:10.000, do IGC;
3. Etapa final de georreferenciamento, elaborada sobre a base de drenagens geradas, automaticamente, a partir do modelo digital de superfície (resolução espacial de 5 m), que, por sua vez, provém de ortofotos da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA), resolução espacial de 1 m, (Projeto de Atualização Cartográfica do Estado de São Paulo – Mapeia São Paulo (2010/2011));
4. Vetorização sobre as versões finais dos mapas referenciados, delimitando *shapefiles* de pontos para sumidouros e cones cársticos, linhas para drenagens e escarpas rochosas e polígonos para limites topográficos;
5. Início da reavaliação dos limites das unidades geomorfológicas.

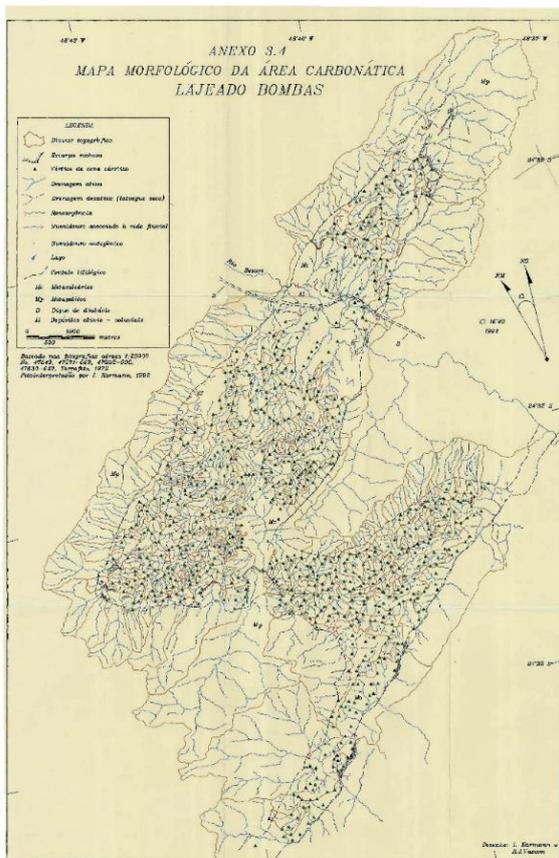
## 4 – RESULTADOS

### 4.1 Georreferenciamento dos mapas morfológicos dos planaltos cársticos Furnas-Santana e Lajeado-Bombas de KARMANN (1994)

O georreferenciamento dos mapas morfológicos contemplou três etapas, sendo a primeira de alinhamento dos limites dos planaltos cársticos. As duas seguintes, por sua vez, abrangeram o refinamento das primeiras versões, geradas a partir da união de pontos de drenagens, sumidouros e divisores de bacias presentes nos mapas.

Foi possível notar, como demonstram as Figuras 2a e 2b, que as distorções foram significativas ao referenciar os mapas. As mudanças nas formas geométricas dos planaltos cársticos e as orientações pontualmente distintas de drenagens foram fruto da correção espacial. A utilização de três diferentes bases de dados para o georreferenciamento também pode ter alterado os resultados.

a)



b)

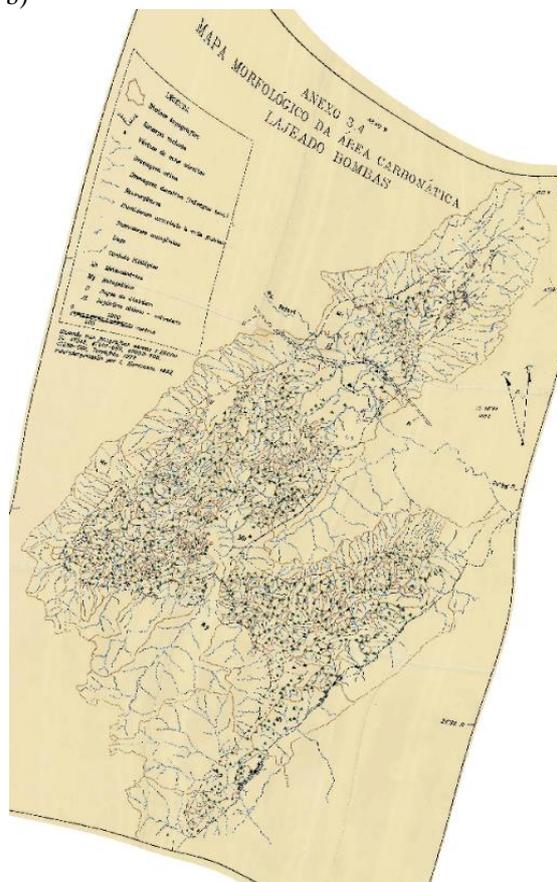


Figura 2 - Exemplo do georreferenciamento do mapa de KARMANN (1994) no planalto cárstico Lajeado-Bombas: a) Mapa original; b) Mapa após georreferenciamento.

## 4.2 Vetorização

A vetorização das características morfológicas dos planaltos cársticos Furnas-Santana e Lajeado-Bombas (Figura 3) apresentou resultados cruciais para as próximas etapas do projeto. A relação dos sistemas de drenagem com a morfologia local evidencia a importância do sistema fluvial para a formação das feições cársticas presentes. A ocorrência de vales cegos e sumidouros associados, centralizados em diversos polígonos cársticos, demonstram a evolução da morfologia da região.

Além da vetorização dos elementos existentes no mapa morfológico de Furnas-Santana, serão efetuados esforços na tentativa de posicionar os cones cársticos, ausentes no mapa original, com fotos aéreas e outras bases de dados.

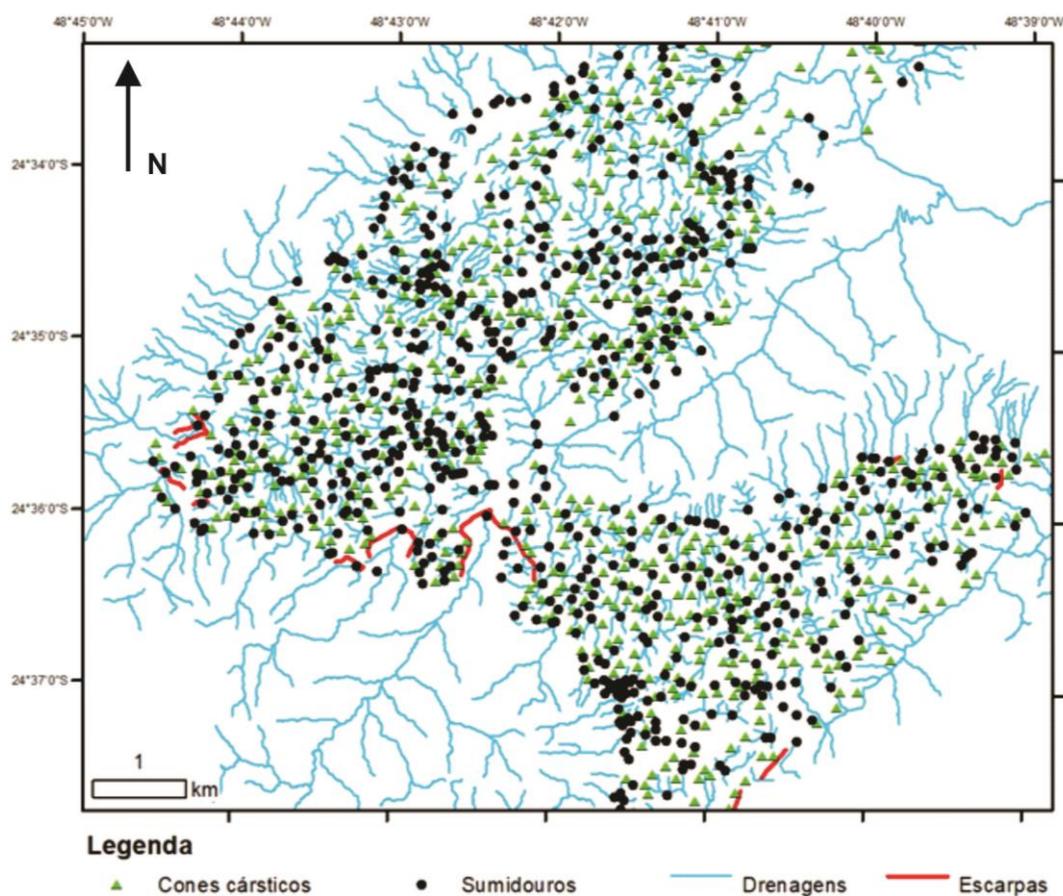


Figura 3 - Detalhe do mapa do planalto cárstico Lajeado-Bombas com alguns exemplos de feições cársticas vetorizadas.

## 5 – CONCLUSÕES

Como visto acima, os mapas morfológicos dos planaltos cársticos de Furnas-Santana e Lajeado-Bombas de KARMANN (1994) apresentam características cruciais das relações, como a evolução desse sistema fluvial para o carste poligonal. Por essa razão, salienta-se a importância do georreferenciamento. Foi possível notar diferenças expressivas nos limites morfológicos e na malha de drenagens devido às distorções causadas pelo processo de localização espacial.

A vetorização, por fim, possibilitou a utilização dos dados dos mapas geomorfológicos em trabalhos futuros. Como exemplo, cita-se a falta dos cones cársticos no mapa do Planalto de Furnas-Santana, que por erro de digitalização ou impressão no original de KARMANN (1994), não constam no mapa. Assim, futuramente poderão ser mapeados e desenhados sobre os mapas digitais.

A reavaliação das unidades geomorfológicas deverá ser feita no futuro, já que ocorreram modificações significativas na rede de drenagens, em áreas específicas, dos limites topográficos dos divisores de bacias e das rochas carbonáticas. Também poderão ser recalculados alguns índices morfométricos obtidos por KARMANN (1994), com base nos mapas atualizados.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KARMANN, I. 1994. Evolução e dinâmica atual do sistema cárstico do alto Vale do Rio Ribeira de Iguape, sudeste do estado de São Paulo. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 228 p.
- KARMANN, I., FERRARI, J.A. 2002. Carste e cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP. *In*: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Eds.) Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil, DNPM/CPRM, v. 1, p. 401-413.

**Agradecimentos** – Este trabalho teve apoio do Instituto Geológico e do CNPq pela concessão das bolsas de Iniciação Científica (Mariana Goldoni de Souza) e de Produtividade em Pesquisa (William Sallun Filho e Ivo Karmann), além do apoio do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), pelo fornecimento dos mapas topográficos da área estudada.

**GEORREFERENCIAMENTO DO ACERVO DIGITAL DE FOTOGRAFIAS  
AÉREAS DO INSTITUTO GEOLÓGICO (IG) – VALE DO RIBEIRA NO  
ESTADO DE SÃO PAULO**

*GEOREFERENCING OF THE DIGITAL DATABASE OF AERIAL PHOTOGRAPHS  
OF THE GEOLOGICAL INSTITUTE (IG) - VALE DO RIBEIRA IN THE STATE OF  
SÃO PAULO*

**VIANA, L.G.S. (1), LEAL, P.C.B. (2)**

- (1) Escola Estadual Maestro Fabiano Lozano, 04018-031, São Paulo, Brasil;  
luizguilhermesoaresviana@gmail.com  
(2) Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, 04015-903,  
São Paulo, Brasil; pedro.leal@sp.gov.br

**Resumo** – O projeto de georreferenciamento do acervo digital de fotografias aéreas do Instituto Geológico (IG/SMA) surge da necessidade de acessar e utilizar as fotografias aéreas digitais, com eficiência e rapidez. O objetivo deste trabalho consiste em promover o georreferenciamento de fotografias aéreas da região do Vale do Ribeira, Estado de São Paulo. A metodologia consistiu em manusear fotografias analógicas do acervo do IG/SMA, organizar as fotografias aéreas digitais do Vale do Ribeira, entender e aplicar a fotointerpretação e fotogrametria, além do georreferenciamento no programa QGIS. Ao todo, foram identificados e georreferenciadas **20** pontos a partir das fotografias aéreas da área supracitada.

**Palavras-chave:** georreferenciamento, SIG, fotografias aéreas, Vale do Ribeira, acervo, Instituto Geológico

**Keywords:** *Georeferencing, GIS, aerial photographs, Vale do Ribeira, database, Geological Institute*

## **1 - INTRODUÇÃO**

O projeto de georreferenciamento do acervo digital de fotografias aéreas do Instituto Geológico (IG/SMA) surgiu da necessidade em acessar e utilizar as fotografias aéreas analógicas, digitalizadas com eficiência e rapidez. O Núcleo de Geoprocessamento (NUGEO) presta suporte de geoinformação a todos os centros e núcleos do IG/SMA. Este núcleo é responsável pelo armazenamento, organização e compartilhamento das fotografias aéreas.

O objetivo deste trabalho consistiu em promover o georreferenciamento de fotografias aéreas do Litoral Sul do Estado de São Paulo através do programa QGIS. A metodologia abordada será apresentada nos itens subsequentes.

## **2 – ÁREA DE ESTUDO**

O Vale do Ribeira inclui integralmente a área de 31 municípios (9 paranaenses e 22 paulistas) (Figura 1). Esta área foi escolhida, pois o desenho da costa facilitava no

georreferenciamento das imagens. Ressalta-se também a grande quantidade de imagens desta área no acervo do IG/SMA.

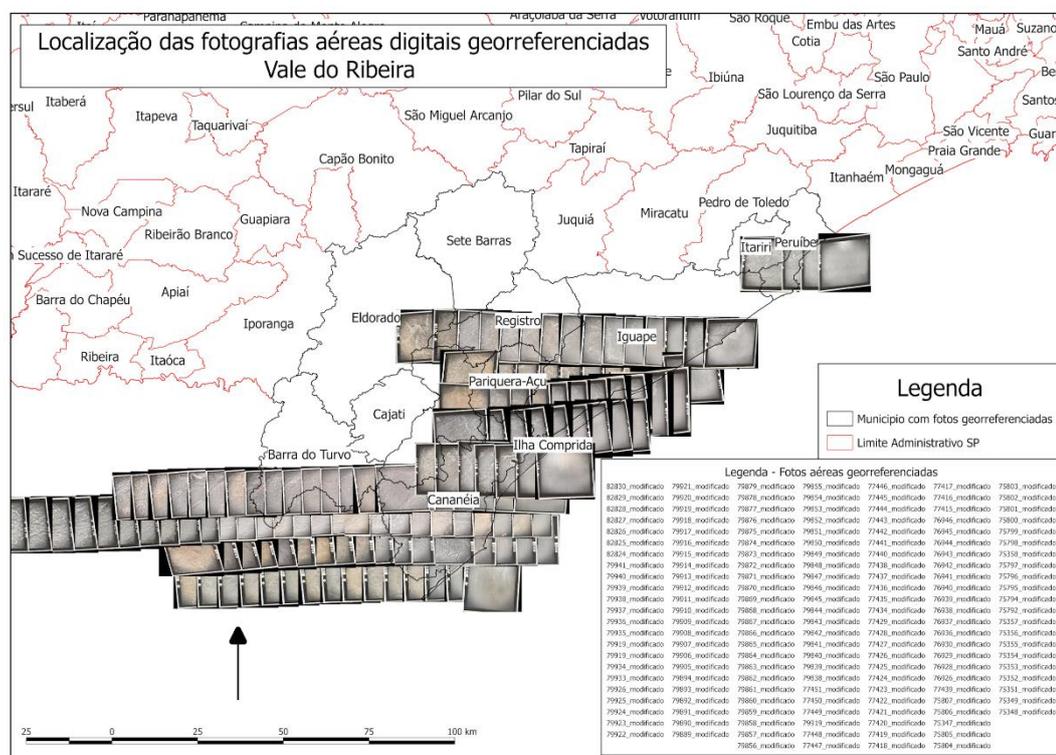


Figura 1 - Localização das fotografias aéreas georreferenciadas.

### 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste projeto de iniciação científica abrangeu a realização das seguintes atividades:

#### 3.1 - Material bibliográfico e organização do banco de dados geográficos

Realizou-se o levantamento e leitura de material bibliográfico sobre Sistemas de Informação Geográfica (SIG), fotogrametria, fotointerpretação, mosaico e georreferenciamento de fotografias aéreas. Também foi organizado o Banco de Dados Geográfico das fotografias aéreas digitais do Litoral Sul (Vale do Ribeira) (GALINA et al., 2012; IGC, 2017).

#### 3.2 - Fotointerpretação

Esta etapa abrangeu o acesso ao acervo de fotografias aéreas do IG/SMA para a localização aproximada de cada imagem no mapa do Estado de São Paulo. Em seguida, foram consideradas algumas fotografias aéreas analógicas para estereoscopia mediante o uso de

estereoscópios para visualização detalhada das imagens. No total, foram identificados 20 pontos específicos. Qualquer objeto fixo (ponte, casas, rios, picos, etc.) poderia ser um ponto de referência em uma imagem, mas era preciso que fossem muito bem definidos, uma vez que todos deveriam estar muito bem distribuídos por toda a imagem, caso contrário poderiam ocorrer deformações no georreferenciamento. A seguir, alguns conceitos sobre coordenadas geográficas, linhas imaginárias ao redor do globo, medidas em graus latitude (paralelos são as distâncias contadas a partir da Linha do Equador) e longitude (meridianos são distâncias contada a partir do Meridiano de Greenwich) foram adquiridos, essenciais para o georreferenciamento. Por fim, utilizou-se o programa *Google Earth* para busca de uma imagem da mesma área, já georreferenciada. Foram reconhecidas e coletadas as coordenadas geográficas no programa da Google dos mesmos 20 pontos identificados anteriormente na fotointerpretação.

### **3.3 - Georreferenciamento**

A partir das coordenadas obtidas dos pontos identificados no item 3.2, procedeu-se à utilização do programa QGIS (NANNI *et al.*, 2018). O QGIS possui uma operação denominada “georreferenciar”. Abriu-se essa operação e inseriu-se a imagem para o georreferenciamento. Em seguida, inseriu-se os pontos na imagem e suas respectivas coordenadas. A seguir, utilizou-se uma forma mais simples de georreferenciar e que consistiu na aquisição de um mapa na *internet* já com as coordenadas, transferindo-o ao QGIS. Assim, só foi preciso inserir os pontos nas imagens. Com o intuito de facilitar o trabalho, foram selecionadas as fotografias aéreas que abrangessem as áreas do litoral, pois suas formas estão mais definidas pela linha da costa. Notou-se que quanto mais as imagens se distanciavam do litoral e das cidades, mais difícil era selecionar pontos em comum, entre a imagem e o mapa. Evitou-se que os resíduos ultrapassassem 10 pixels, à medida que os pontos de referência se tornavam escassos. Por consequência, as imagens ficavam mais deformadas. Para georreferenciar as imagens do interior, utilizou-se como base, fotografias aéreas anteriores, já georreferenciadas.

### **3.4 - Sombreamento do terreno**

Por existirem faixas de voo com pontos de referências difíceis de encontrar, em regiões sem áreas urbanizadas, utilizou-se como referência os morros (altimetria) para encontrar objetos fixos. Neste processo foi necessário selecionar a ferramenta *Raster* do programa QGIS. Ao clicar nesta ferramenta, uma das opções consistiu na “análise do terreno” e a seguir, optou-se pela operação *sombreamento*. Com essa operação, foi possível observar a forma dos morros e assim, usá-los como referência para o georreferenciamento.

#### 4 – RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as descrições dos pontos de referência identificados nas fotografias aéreas consultadas e as suas respectivas coordenadas geográficas:

Tabela 1 – Descrição dos pontos adotados para georreferenciamento das fotografias aéreas.

| Pontos | Descrição dos pontos  | Coordenadas geográficas        |           |
|--------|---|--------------------------------|-----------|
|        |   | Latitude                       | Longitude |
| 1      | Junção entre duas estradas  | 24°20'19.44" S, 48°49'15.84" O |           |
| 2      | Topo do morro   | 24°22'40.35" S, 48°48'55.37" O |           |
| 3      | Cruzamento de dois rios em uma área desmatada   | 24°21'0.30"S, 48°50'35.35"O    |           |
| 4      | Curva acentuada na estrada  | 24°20'20.46" S, 48°51'20.13" O |           |
| 5      | Junção de estradas em um vale, considerado o limite entre dois morros   | 24°21'42.44" S, 48°49'58.43" O |           |
| 6      | Curva acentuada (meandro) de um rio que passa no meio de uma plantação  | 24°20'43.35" S, 48°49'02.91" O |           |
| 7      | Área totalmente branca, sem vegetação (norte) que se assemelha a uma fazenda  | 24°20'36.37" S, 48°50'10.15" O |           |
| 8      | A sudeste, área desmatada que parece ser usada para agricultura e agropecuária. Cruzamento de duas pequenas estradas. | 24°22'06.98" S, 48°47'34.22" O |           |
| 9      | Estrada entre dois morros, mais ao norte. Junção entre duas estradas  | 24°20'19.42" S, 48°49'15.88" O |           |
| 10     | Topo de morro   | 24°20'33.34" S, 48°49'11.05" O |           |
| 11     | Curva acentuada em estrada  | 24°20'40.52" S, 48°48'24.38" O |           |
| 12     | Junção de duas estradas   | 24°20'38.20" S, 48°48'16.09" O |           |
| 13     | Junção de duas estradas   | 24°20'13.19"S, 48°49'28.91"O   |           |
| 14     | Curva acentuada na estrada situada próxima a uma área branca, isenta de vegetação                                     | 24°21'16.87" S, 48°51'09.46" O |           |
| 15     | Estradas se cruzando, situadas no topo de um morro  | 24°20'09.39" S, 48°47'43.78" O |           |
| 16     | Área desmatada  | 24°19'54.18" S, 48°50'19.77" O |           |
| 17     | Área branca, sem vegetação, que parece ser usada para agropecuária  | 24°21'16.33" S, 48°46'16.11" O |           |
| 18     | Topo de uma pequena cadeia de morros  | 24°21'56.63" S, 48°46'42.89" O |           |
| 19     | Topo de um grande morro   | 24°22'49.01" S, 48°49'13.17" O |           |
| 20     | Cruzamento de duas estradas   | 24°22'42.61" S, 48°50'31.44" O |           |

## 5 – CONCLUSÕES

Foi possível notar que o QGIS é um bom programa para georreferenciar fotografias aéreas. Porém, surgiram dificuldades ao tentar georreferenciar imagens localizadas em direção ao interior, pois nestas os pontos de coordenadas não foram tão fáceis de identificar. Nestas circunstâncias, foi necessário utilizar imagens já georreferenciadas, já que cada imagem abrange 60% da outra. Nas fotografias aéreas do litoral, por sua vez, existiram menos dificuldades, uma vez que o desenho da linha de costa é melhor definido.

O georreferenciamento do acervo digital de fotografias aéreas pode auxiliar a georreferenciar outras imagens, como foi o caso das imagens supracitadas, já que é possível analisar, com mais profundidade, o que mudou, (p.e. se houve aumento da cidade, grau de desmatamento da área, avanço da cidade ou se determinado relevo sofreu erosão).

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GALINA, M.H.; HERNANDEZ, E.P.; SARTORI, V.A.; OLIVEIRA, A.M.; GUEDES, A.C.M. O Processo de digitalização das fotografias aéreas do acervo de produtos cartográficos do Instituto Geológico. In: BOLETIM IG – COLETÂNEA DE TRABALHOS – 2 SIGMA-SIMPÓSIO GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE, 1 SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM GEOCIÊNCIAS E SEMINÁRIO ANUAL DO INSTITUTO GEOLÓGICO – SAIG. São Paulo, Volume 19, n 01 jan.-jun. 2012.
- HILL, L.L. Georeferencing. 2006. The geographic associations of information. Cambridge, MA: The MIT Press, 260 p.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. 2000. Limite municipal do Estado de São Paulo. URL: [http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslatgor/rest/getXml/Geoserver\\_Publico/LimiteMunicipal/1435155782260/wms?](http://datageo.ambiente.sp.gov.br/serviceTranslatgor/rest/getXml/Geoserver_Publico/LimiteMunicipal/1435155782260/wms?). Acesso em 05 out. 2017.
- NANNI A.S.; DESCOVI FILHO L.; VIRTUOSO, M.A.; MONTENEGRO D.; WILLRICH G.; MACHADO P.H.; SPERBR, D.G.S.; CALAZAS, Y. Quantum GIS – Guia do Usuário, Versão 1.7.4 ‘Wroclaw’. URL: [http://qgisbrasil.files.wordpress.com/2012/05/guia\\_do\\_usuario\\_174\\_pt\\_br1.pdf](http://qgisbrasil.files.wordpress.com/2012/05/guia_do_usuario_174_pt_br1.pdf). Acesso em: 01 out. 2013.

**Agradecimentos** – Os autores agradecem ao Instituto Geológico/SMA, ao CNPq pela bolsa concessão da bolsa de iniciação científica e à Escola Estadual Maestro Fabiano Lozano.

