

O MAPEAMENTO DA ÁREA DE RISCO À JUSANTE DO LAGO IGAPÓ EM LONDRINA - PR - BRASIL,
NO CASO DE ROMPIMENTO HIPOTÉTICO DA BARRAGEM*

THE MAPPING OF THE RISK AREA DOWNSTREAM OF LAKE IGAPÓ IN LONDRINA - PR - BRAZIL,
IN THE HYPOTHETICAL CASE OF FAILURE OF THE DAM

Agostinho Prado Alves Junior

Universidade Estadual de Londrina (Brasil)

ORCID 0000-0003-4782-7112 jrprado@hotmail.com

Oswaldo Coelho Pereira Neto

Universidade Estadual de Londrina (Brasil)

ORCID 0000-0002-5395-7346 coelho@uel.br

RESUMO

O Lago Igapó é uma área de lazer localizada na cidade de Londrina no Estado do Paraná - Brasil, sendo uma das mais belas áreas de lazer da cidade. Nos cinco últimos anos o grande volume de águas das fortes chuvas ocasionaram a saturação do nível de água da barragem do lago. Dessa forma, este trabalho buscou produzir através de *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG), mapas de declividade e mapas de classificação com potencial área de risco. Dessa forma, os mapas temáticos desenvolvidos fornecerão um cenário conforme a classificação das áreas de risco caso ocorra o rompimento da barragem do Lago Igapó. A base cartográfica escolhida permitiu selecionar a curva de nível 525 metros por esta cota contornar o Lago por quase toda sua extensão até ao limite de crescimento da área urbana da cidade de Londrina. Mesmo verificando que a água diminui na cota de 525 metros ao longo do trajeto do Lago, o impacto na cota de 525 será mantido. No entanto, o impacto será maior nas cotas menores, principalmente nas cotas abaixo de 515 metros. Dessa forma, as classes de uso do solo, permitirá identificar as áreas vulneráveis, identificando os locais que podem ser classificados como área de baixo e alto risco.

Palavras-chave: Sistema de Informações Geográficas (SIG), geoprocessamento, inundação, vulnerabilidade.

ABSTRACT

Igapó Lake is a leisure area in Londrina, in the State of Paraná, Brazil. It is one of the newest areas of the city. In the past five years, large amounts of water from heavy rain have led to the water level reaching the capacity of the dam. Thus, this work set out to use geographic information system (GIS) software to produce slope maps and classification maps with a potential risk area. The thematic maps created provide a scenario according to the classification of areas at risk of rupture of the Igapó Lake dam. The base map allowed the selection of a contour of 525 meters for this elevation going around the lake for almost all its length up to the edge of the urban area of Londrina. Even though it was found that the water decreases at the 525 elevation along course of the Lake, the impact on the 525 elevation will be maintained. However, the impact will be greater on lower elevations, especially those below 515 meters. Thus, the classes of land use make it possible to identify the vulnerable areas and thus indicate places that can be classified as low and high risk areas.

Keywords: Geographic Information System (GIS), geoprocessing, flood, vulnerability.

* O texto deste artigo foi submetido em 02-04-2018 sujeito a revisão por pares a 12-06-2018 e aceite para publicação em 14-05-2019.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 27 (II), 2020, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

Devido à presença marcante de canais fluviais e fundos de vale, a cidade de Londrina deve ser reconhecida tanto pelos seus atributos naturais, como também pelos valores estéticos produzidos na paisagem londrinense. Nesse contexto, na paisagem da região centro-sul da cidade se destaca o Lago Igapó, que foi formado a partir do represamento do ribeirão Cambé.

Hoje o Lago é uma das mais belas áreas de lazer dos londrinenses e também das demais pessoas que passam por Londrina. Por isso, juntamente com os benefícios advindos do Lago é apresentado o risco da possibilidade de ruptura da barragem, pois, como visto nos últimos cinco anos, o grande volume de água de precipitação ocasiona a saturação do mesmo e dessa forma pode contribuir com um possível rompimento dessa barragem.

Em outubro de 2011, quando choveu 95 milímetros em 6 horas, e em junho de 2012, com 110 milímetros em 16 horas, houve o transbordamento do Lago (Jornal de Londrina, 2012). De acordo com o Sistema Meteorológico do Paraná em onze dias do mês de janeiro de 2016 choveu mais de 400 milímetros, mais uma vez a barragem do Lago Igapó não conseguiu suportar tanta água e o lago transbordou (G1 PORTAL DE NOTÍCIAS 2016).

Assim, o objetivo deste trabalho foi produzir, através de levantamento expedito, mapas temáticos que caracterizem a área como de risco caso ocorra o rompimento da barragem do Lago Igapó em Londrina. Os mapas temáticos desenvolvidos fornecerão um cenário genérico acerca do rompimento da barragem do Lago Igapó e de alguns impactos que podem ser causados. Dessa forma, espera-se que as informações levantadas e mapeadas possam ser úteis e estimular pesquisas futuras mais precisas para fornecer suporte à tomada de decisão, tanto de gestores públicos quanto da população.

Área de Estudo

A área de estudo é a jusante do Lago Igapó na cidade de Londrina do estado do Paraná - Brasil, tendo como centro as coordenadas geográficas 23° 33' de latitude S e 51° 15' de longitude W (fig. 1). A nascente do Ribeirão Cambé está localizada próxima da área do trevo das estradas PR-445 (Londrina-Cambé) com a BR-369.

A bacia do Ribeirão Cambé atravessa a cidade de Londrina-PR no sentido noroeste-sudeste por uma extensão de 21,5 km até atingir o Ribeirão Três Bocas e finalmente desaguar no rio Tibagi.

Histórico do Uso das Barragens

Segundo o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB, 2011), no Brasil, a mais antiga barragem que se tem notícia foi construída onde hoje é área urbana do Recife do estado de Pernambuco, possivelmente no final do Século XVI, antes mesmo da invasão holandesa. Conhecida presentemente como açude Apipucos aparece em um mapa holandês de 1577. Apipucos na língua tupi significa onde os caminhos se encontram.

O ano de 1877 foi o início da maior tragédia nacional devido o fenômeno natural - a Grande Seca no Nordeste - o qual teve duração superior a três anos, devido ao fenômeno climático EL Niño, que ainda não era conhecido (CBDB, 2011). Em 1880, logo após a Grande Seca, o Imperador D. Pedro II que esteve na área atingida, nomeou uma comissão para recomendar uma solução para o problema das secas no Nordeste. As principais recomendações foram à construção de estradas para que a população pudesse atingir o litoral e a construção de barragens para suprimento de água e irrigação no Polígono das Secas cuja área é superior a 950.000 km². Isso marcou o início do planejamento

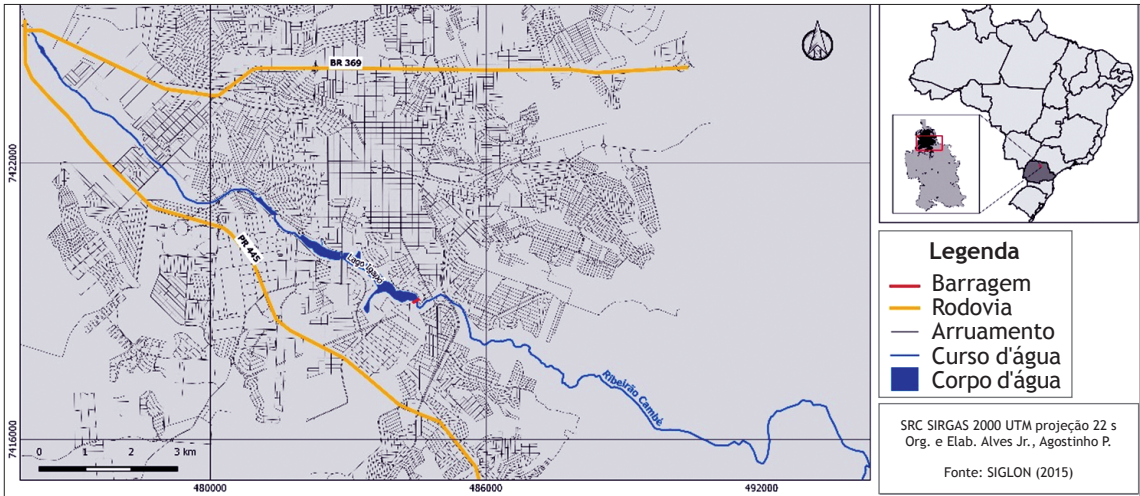


Fig. 1 - Extensão do Ribeirão Cambé.

Fig. 1 - Length of the Cambé Stream.

e projeto de grandes barragens no Brasil. A primeira destas foi na cidade de Cedros, situada no Ceará e concluída em 1906 (CBDB, 2011).

Nas regiões Sul e Sudeste a implantação de barragens foi principalmente direcionada para produção de energia elétrica. Na primeira metade do século XIX, dada à escassez de mapeamento e às dificuldades logísticas, os recursos hídricos em território brasileiro eram pouco conhecidos e não tinha havido ainda estudos sistemáticos que posteriormente, a partir dos anos 1960, passaram a ser designados por estudos de inventário (CBDB, 2011).

Foi através desses estudos que as concessionárias de energias (Light, Cemig, Furnas) tiveram o conhecimento do potencial hidráulico das principais bacias hidrográficas das regiões Sul e Sudeste. Porém, ao longo dos anos no Brasil, outras barragens foram construídas e utilizadas em outras atividades, por exemplo:

- Barragem de rejeitos, como utilizadas na mineração;
- Barragem de controle de cheias, principalmente com o objetivo de evitar cheias em áreas populosas;
- Barragens como parte do sistema de abastecimento de água para zonas urbanas e industriais, como o sistema de Cantareira, que fornece água para grande São Paulo e cidades do vale do Rio Piracicaba;
- Barragens com a finalidade paisagística, com um belo espelho d'água, como as barragens de Pampulha, na cidade de Belo Horizonte e Paranoá, na capital federal.

Outro exemplo de barragem utilizada também com a finalidade paisagista, é a barragem do Lago Igapó em Londrina, que *a priori* visava acabar com focos de doenças, melhorando a saúde da população e a qualidade de vida por meio do lazer; e mais tarde com o projeto de Roberto Burle Marx com a construção de um belo cartão postal.

Política Nacional de Segurança das Barragens

A Política Nacional de Segurança das Barragens (PNSB, 2011) foi instituída através da Lei n.º 12.334/2010, e prevê o acompanhamento de todo o ciclo de vida de barragens, estabelecendo como objetivos a regulamentação das ações de segurança desde as fases de planejamento, projeto e construção, até as fases de enchimento, primeiro vertimento, operação e desativação de barragens (ANA, 2011).

Para efeitos dessa lei, foi intitulada como definição de barragem qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas.

A PNSB abrange todas as barragens brasileiras enquadradas nos critérios mínimos de porte (altura igual ou superior a 15 metros e reservatório maior ou igual a 3.000.000m³) e também quanto aos reservatórios que contenham resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis (ANA, 2011). A barragem do Lago Igapó tem 6,5 metros de altura e 142 metros de comprimento com 753.360 m³ de água, ocupando uma área de 438.000 m² (Higuchi, 1986, p.54), ou seja, não está dentro dos critérios mínimos de porte da PNSB, assim, o órgão fiscalizador é a autoridade do poder público local.

Portanto, essa lei, classifica os responsáveis pelos empreendimentos e também definem critérios de segurança, a fim de que haja redução nos danos que poderão ser causados ao meio ambiente e também as comunidades localizadas à jusante das barragens caso ocorra o rompimento hipotético. Porém, para que isso aconteça, é necessário que o poder público por meio dos agentes fiscalizadores, fiscalize cada empreendimento, pois dessa forma garantem a segurança de toda população envolvida.

Estrutura de Lazer Urbana

O município de Londrina surgiu no processo de expansão das frentes pioneiras do norte do Paraná no início dos anos de 1930, planejada para uma população de 20 mil habitantes; atualmente ultrapassa os 553 mil (IBGE, 2016). O Lago Igapó é uma das áreas de lazer da cidade, foi projetado em 1957, como uma solução para um problema da drenagem do ribeirão Cambé, dificultada por uma barragem natural de rocha. Inicialmente pensou-se em dinamitar esta barragem, no entanto, prevaleceu a idéia de formar um lago (Prefeitura de Londrina, 2016).

O Lago foi inaugurado como atividade comemorativa ao Jubileu de Prata do município de Londrina, em 10 de Dezembro de 1959, obra realizada pelo prefeito Antônio Fernandes Sobrinho. Logo depois da construção da barragem do lago, o espaço em questão sofreu um processo de desvalorização. O lago e toda a área de seu entorno ficaram literalmente “às moscas” até que o prefeito Dalton Paranguá (gestão 1969 a 1973) desenvolveu um projeto de revitalização. No decorrer dos anos de 1960 e findar de 1970, a prefeitura começou a dotar a área do lago com inúmeras infraestruturas que buscavam, por meio da prática do lazer, utilizar sua área. Desta forma, iniciaram-se as ocupações e, também, formas de chamar a atenção da população da cidade (Bortolo, 2012, p. 62).

O projeto de urbanização do lago nos anos de 1970 visou, naquele momento, melhorar a saúde da população e a qualidade de vida por meio do lazer,

como também eliminar os focos de contaminação e de poluição que se localizavam nas favelas e fundos de vale, sempre encharcados pela água do ribeirão Cambé. O plano incluía o saneamento dos locais que serviam de criadouros de mosquitos e caramujos. Tal projeto fora realizado por Roberto Burle Marx, que previa uma “revolução urbana”. O paisagista queria produzir muito mais que um cartão postal como o Lago Igapó (fot. 1), como é visto nos dias atuais (Bortolo, 2012, p. 62).



Fot. 1 - Lago Igapó em Londrina
(Fotografia de Agostinho Prado Alves Jr., junho de 2016).

Photo 1 - Lake Igapó in Londrina
(Source: Photography by Agostinho Prado Alves Jr., June 2016).

Geoprocessamento

Para Câmara e Davis (2001) o termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. E sua influência vem crescendo, principalmente nas áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Assim, para que as atividades que envolvem o geoprocessamento sejam executadas, é necessária a utilização de sistemas específicos para cada aplicação. Estes sistemas comumente são tratados como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), do inglês *Geographic Information System* (GIS).

Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de softwares gráficos, vários termos surgiram para as várias especialidades. O nome Sistemas de Informação Geográfica - SIG é muito utilizado e em muitos casos é confundido com geoprocessamento. INPE (2016), o geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados

georeferenciados, enquanto um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase para análises espaciais e modelagens de superfícies.

Ainda segundo o INPE (2016), os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) integram numa única base de dados informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo, cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno. Oferece mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados e gerar mapas.

Para Câmara e Davis (2001) SIG são sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial. O SIG oferece ao usuário a possibilidade de organizar as informações disponíveis sobre um determinado assunto e inter-relacionadas com a localização geográfica. Para que isto seja possível, os dados no SIG devem estar georeferenciados, ou seja, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica.

Numa visão mais abrangente, Câmara e Davis (2001) indicam que um SIG tem os seguintes componentes:

- Interface com usuário;
- Entrada e integração de dados;
- Funções de processamento gráfico e de imagens;
- Visualização e plotagem;
- Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Para estes autores citados, esses componentes se relacionam de forma hierárquica, ou seja, no nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e utilizado; no intermediário o SIG deve ter mecanismos de processamentos de dados, como entrada, edição e análise, etc. E no nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos (fig. 2).

Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto também faz parte do geoprocessamento, visto que a aquisição das imagens de satélite é produto do sensoriamento remoto. Para Moraes (2002), sensoriamento remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos. Incluem nessas formas de obtenção de dados as imagens de satélite.

Neste trabalho foi utilizada imagem do *Bing da Microsoft*®. O *Bing Maps* tem contribuições de várias empresas, porém a maioria das contribuições são da *DigitalGlobe* que trabalha com a contestação de satélite *Worldview*.

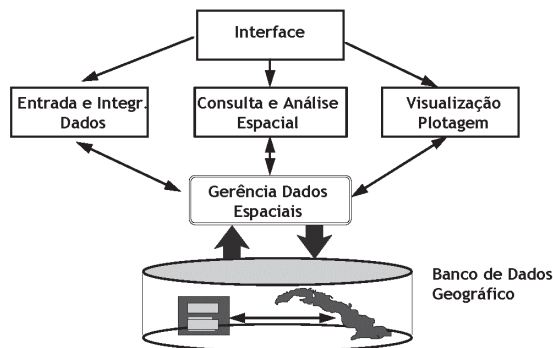


Fig. 2 - Arquiteturas de sistema de informação geográfica (Fonte: Câmara e Davis, 2001).

Fig. 2 - Geographic information system architectures (Source: Câmara e Davis, 2001).

Uso de geoprocessamento no mapeamento de rompimento de barragens.

A utilização de um SIG na geração de mapas temáticos garante ao pesquisador eficiência e rapidez no processo de manipulação e tratamento de dados, assim como na tomada de decisões. Os produtos de estudos de riscos são variados e incluem: a elaboração e implantação de sistemas de alerta; a elaboração e implementação de planos de contingência; a identificação de área de risco de inundação; orientações de uso e ocupação do solo, de forma a reduzir a vulnerabilidade às inundações (Lauriano, 2009 p.21).

Dessa forma, a eficiência pode ser obtida mediante a elaboração de mapas temáticos que caracterizem o risco de inundação em termos de variáveis hidrológicas (área inundada, profundidades, velocidades de escoamento, duração da inundação) e de seus impactos.

Hoje além do SIG, existem outros tipos de *softwares* que possibilitam a elaboração de mapas temáticos que caracterizem áreas de inundação caso ocorra o rompimento de barragem. Um exemplo desses softwares foi os que a Giorgia Cleto Moecke (2014) utilizou no seu trabalho de conclusão de curso. Em seu trabalho foi analisada a propagação da onda de cheia no município de Taió - SC, caso ocorra a ruptura hipotética da Barragem Oeste localizada no rio Itajaí.

Para isso a autora utilizou o modelo computacional para simulação de rompimento de barragem, o *software* HEC-RAS. Nesse estudo, o HEC-RAS indica que em 1,5 horas a onda de cheia deve atingir o município após a ruptura e a completa dissipação da cheia em 60,0 horas após a ruptura da barragem. Ou seja, assim como o SIG, esses

softwares garantem ao pesquisador eficiência e rapidez no processo de tomada de decisões.

Materiais e métodos

Após a produção da caracterização e definições de termos técnicos, seguiu-se para as etapas das fotografias da barragem, produção dos mapas e análise dos resultados.

Aquisição das fotografias da barragem

Uma parte das fotografias da enchente inseridas neste trabalho foi obtida de autor desconhecido. A outra parte das fotografias, do local sem a enchente, foi obtida *in loco* a fim de comparação visual.

Aquisição da base cartográfica

No portal do Sistema de Informação Geográfica de Londrina - Siglon (<http://www.londrina.pr.gov.br>) foi feito *download* das curvas de nível com equidistância de 5 metros da área urbana de Londrina. Selecionou-se toda a área da cota de 525 metros, valor disponível mais próximo da cota da barragem, abrangendo desde a barragem até o limite do crescimento urbano da cidade estabelecido no Plano Diretor Municipal. Também no portal, foi feito o *download* do arruamento de todo perímetro urbano da cidade, assim os mapas confeccionados representaram melhor a espacialidade da área de estudo.

Aquisição das Imagens de Satélite

Para confecção dos mapas, foram utilizadas as imagens de satélite do Bing (<https://www.bing.com/maps/>). O Bing Maps autorizou a utilização das suas imagens de satélite nos editores do *OpenStreetMap* (<http://wiki.openstreetmap.org>), permitiu vetorizar sobre essas imagens a fim de criar os mapas vetoriais.

O *OpenStreetMap* é um projeto colaborativo com o objetivo de fornecer a todos os que o desejam dados geográficos livres e gratuitos. O projeto foi lançado porque a maioria dos mapas que parecem ser gratuitos têm restrições legais ou técnicas limitando a sua utilização e impedindo-o de utilizá-las de forma criativa, produtiva ou inesperada (*OpenStreetmap*).

Para utilizar as imagens de satélites do Bing, foi preciso habilitar no *software* Qgis o *plugin* do *OpenStreetMap*, porém não é em todas as versões que o *plugin* está disponível. Por esse motivo neste trabalho foi utilizada a versão 1.8, onde o mesmo está disponível.

Software utilizado

O *software* utilizado para a produção dos mapas foi o QGIs 1.8 (<http://qgis.org/downloads/>). O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto

Confecção dos mapas

Para confecção do primeiro mapa foi necessário selecionar a cota de 525 metros e salvá-la como shapefile (camada). *Shapefile* ou simplesmente *Shape* é um formato popular de arquivo contendo dados geográficos em forma de vetor, ou seja, são dados armazenados cuja localização espacial e os atributos gráficos de cada objeto são representados por pelo menos um par de coordenadas.

Em seguida, com a seleção dessa camada *shapefile*, pode-se através das ferramentas de edição, excluir as extremidades dessa cota não pertencentes à área de estudo, e assim foi possível transformar esta camada em um polígono (área). O próximo passo foi salvar a imagem de satélite do Bing em formato Tiff para que ela vire um *raster*. *Raster* é um conjunto de *pixels*, estes possuindo um ou vários valores que descrevem a sua cor, ou seja, a imagem.

Uma fonte de dados do tipo vetor (camada) ou *raster* (imagem), só pode ser classificada como espacial somente se possuir um sistema de referência de coordenadas. O sistema de referência de coordenadas é o modelo matemático teórico de representação da superfície da Terra ao nível do mar, é necessário que esse sistema de referência seja igual

para todas as fontes de dados, sejam elas um vetor ou um raster, para assim evitar demasiadas distorções.

O sistema de referência de coordenadas da imagem do Bing é o WGS 84, por isso foi necessária a alteração deste sistema para o Sirgas 2000 UTM zone 22S, pois este é o sistema de referência de coordenadas oficial no Brasil e também é o sistema utilizado na cota. Realizadas as alterações, o *raster* da imagem de satélite do Bing foi cortado conforme o polígono (área) da cota de escolhida. Assim o resultado final desse mapeamento é o recorte espacial da cota de 525 metros.

O segundo mapa foi realizado o mapeamento de declividade, o objetivo é demonstrar as inclinações das áreas das cotas do relevo. A declividade das vertentes foi elaborada a partir do MDE gerado com as curvas de nível de 5 metros, o que permite evidenciar o arranjo clinográfico do relevo. As classes foram ordenadas por modelagem do SIG e organizadas pela altitude em metros do terreno, alternando entre 505 e 530 metros. Este produto favorece a visualização nítida de diferentes formas do relevo.

Já no último mapa foi realizado o mapeamento das classes de uso de solo não distinguindo o nível de risco da área, ou seja, mapeou-se pontos críticos que possam ser classificados como áreas de risco. Para isso foram inseridas três classes distintas, sendo:

- Lago Igapó;
- Área sem urbanização (matas, lagos menores, canteiros, etc.);
- Áreas urbanizadas (comércio, casas, indústrias, vias, etc.).

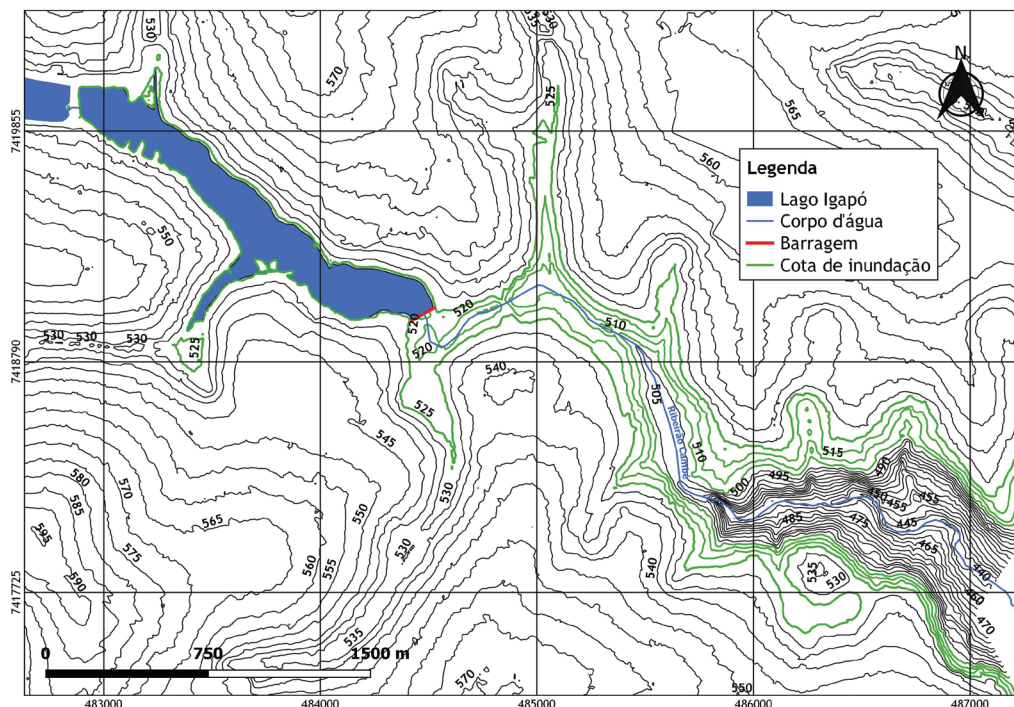


Fig. 3 - Cota de inundação.

Fig. 3 - Flood elevation.

Resultados e discussão

A base cartográfica disponível no portal do Siglon, que foi utilizada neste trabalho (fig. 3), permitiu seleccionar a curva de nível 525 metros (fig. 4), que foi escolhida por esta cota contornar o Lago por quase toda a extensão

até ao limite do crescimento da área urbana de Londrina. O resultado é um recorte espacial da imagem de satélite do Bing a partir dessa cota escolhida (fig. 5).

Mesmo verificando que a água diminui na cota de 525 ao longo do trajeto do Lago, o impacto na cota de 525 será mantido devido ao efeito de desbarrancamento que



Fig. 4 - Linha de recorte espacial utilizando por base a cota de 525 metros.

Fig. 4 - Spatial contour line using the 525 meter elevation as base.

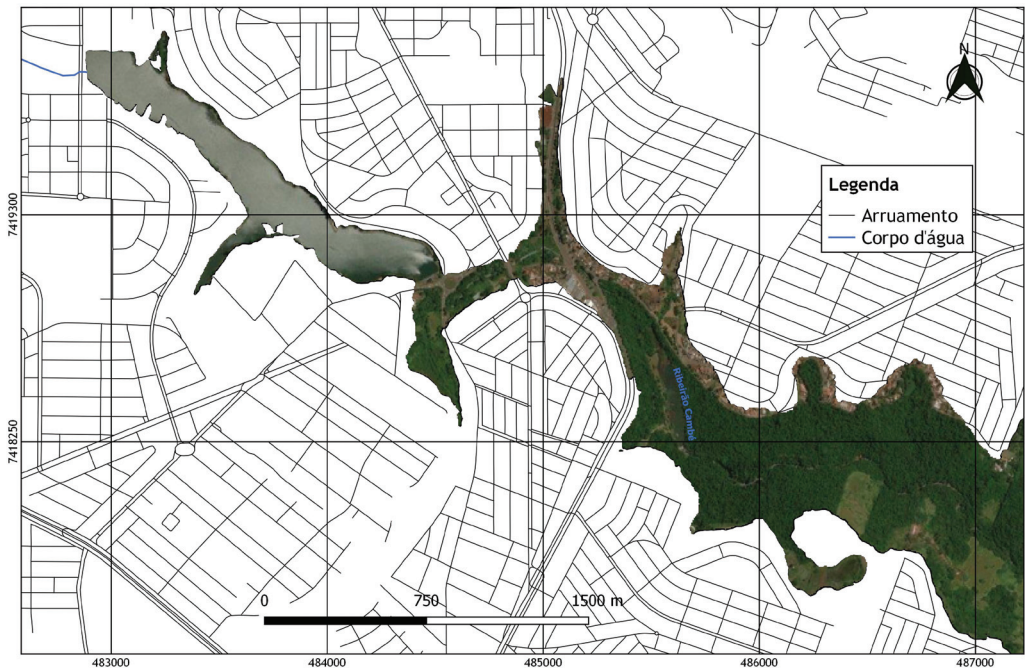


Fig. 5 - Recorte espacial da imagem de satélite do Bing a partir da curva de nível de 525 metros.

Fig. 5 - Spatial clipping of the Bing satellite image from the 525 meter countour.

pode acontecer em consequência da força cinética no impacto de arrasto da água nas margens. No entanto, o impacto será maior nas cotas menores, principalmente nas cotas abaixo de 515 metros (fig. 6).

Compreender a distribuição da declividade das vertentes do terreno favorece uma compreensão do fluxo torrencial e de escoamento superficial resultante dos processos

erosivos proporcionais à inclinação do terreno, gerando transporte e deposição no curso d'água.

As classes de uso do solo, sejam elas naturais ou antrópicas, identificadas abaixo da cota de 525 metros, permitem identificar as áreas vulneráveis, que identificam os locais que podem ser classificados como área de baixo e alto risco (fig. 7).

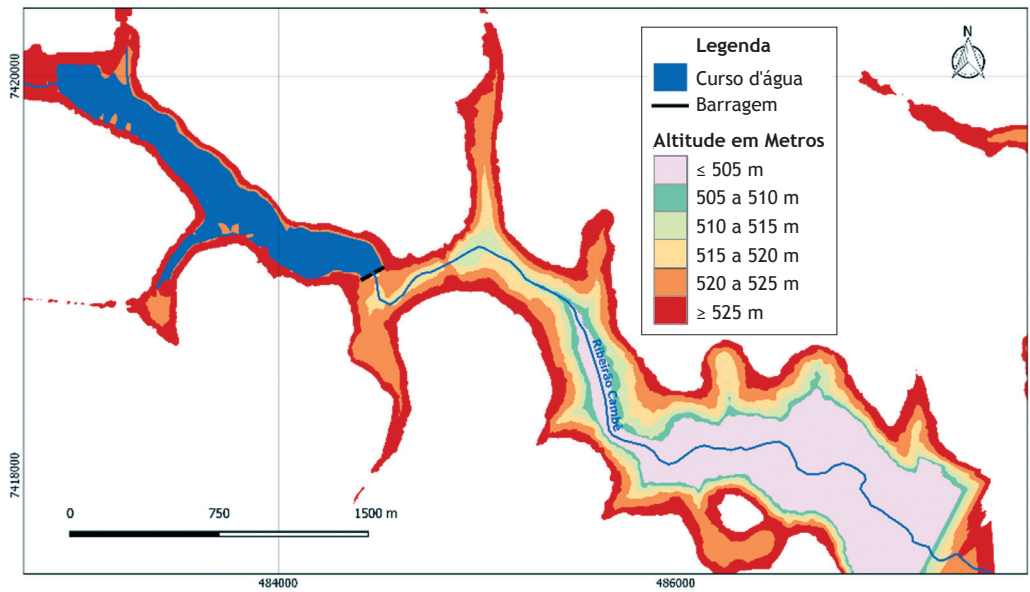


Fig. 6 - Mapa do modelo digital de elevação.

Fig. 6 - Map of the digital elevation model.

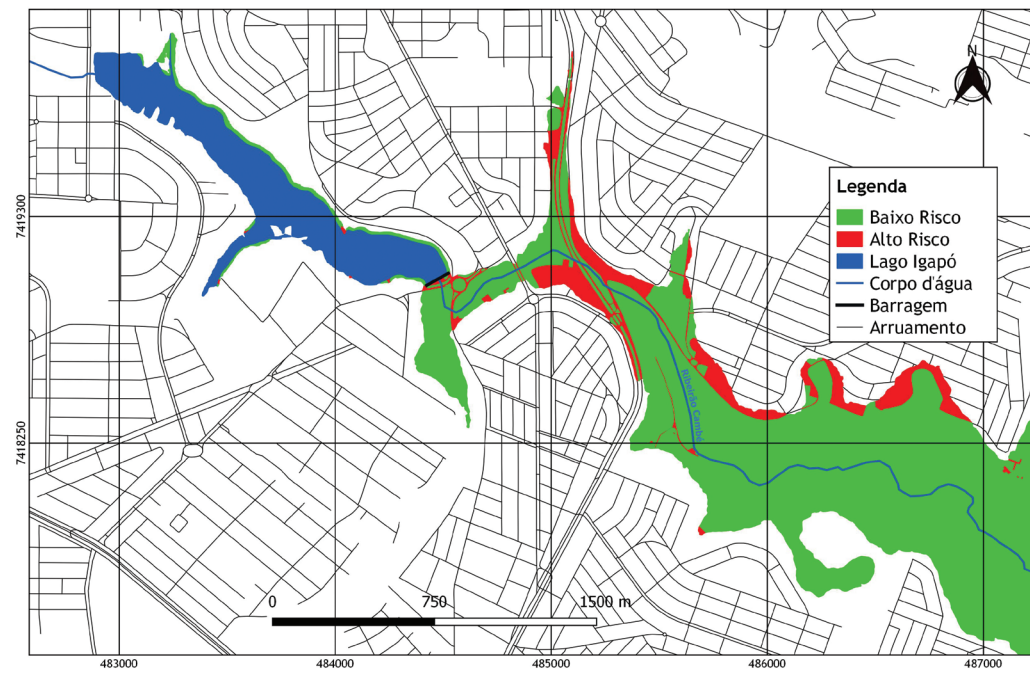


Fig. 7 - Mapa de potencial de risco.

Fig. 7 - Map of potential risk.

As áreas naturais (matas, lagos menores e canteiros), foram classificadas como sendo de risco baixo, enquanto que as áreas edificadas (comércio, casas, indústria, vias) receberam a classificação de risco alto.

As informações apresentadas neste mapa precisam ser analisadas de forma integrada, desde as áreas urbanizadas até as sem urbanização. Muitas áreas importantes para a comunidade londrinense seriam afetadas, como vias importantes que ligam regiões da cidade, dezenas de casas da região leste, até mesmo o Parque Arthur Thomas, pois a força das águas contribuiria para o rompimento de outra pequena barragem, situada no lago dentro do parque.

Outra questão fundamental que se pode colocar como fator hipotético para o rompimento da barragem do Lago Igapó são as recentes enchentes que ocorreram nos últimos cinco anos, como exemplos as que ocorreram nos anos de 2011, 2012 e 2016. As fotografias que seguem da enchente de 2011 (fot. 2) foram compartilhadas por uma secretária da instituição cuja autoria é desconhecida, elas são importantes para serem comparadas com as fotografias tiradas *in loco* no ano de 2016. Essas fotografias representadas por A, B, C, D, E e F mostram em diferentes ângulos a água passando por cima da barragem assim como a barragem com o seu nível normal.

Verificando as imagens, é perceptível a saturação da barragem devido a grande quantidade de água das chuvas. Assim como as chuvas que ocorreram em 2011 e 2012, onde grandes quantidades de água, resultantes das intensas precipitações, contribuíram para o enchimento da barragem. Chuvas como as que ocorreram nesses anos podem ocorrer novamente, podendo contribuir para o possível rompimento da barragem do Lago. Caso o rompimento hipotético da barragem ocorra em um cenário de fortes chuvas como os desses anos, as áreas de risco podem ser ainda maiores devido ao nível de água da jusante que contribuirá para o aumento do desbarrancamento das cotas menores e também a aceleração da velocidade da água.

Por isso a contribuição desse trabalho foi desenvolver mapas temáticos, que visam a representação dos aspectos mais relevantes para construção de análises que identifique áreas prioritárias a partir das respectivas classificações de risco. Classificações essas que podem ser interpretadas de acordo com a proximidade do fluxo central da água, onde os mais próximos às áreas do fluxo mais propício ao risco hipotético estariam.

Assim, seria assertivamente positivo utilizar esses e outros dados para fins de suporte à tomada de decisão, principalmente se os dados forem analisados em ambiente SIG. Sabe-se recentemente que os órgãos públicos ligados ao planejamento estão em evolução no sentido de ampliar os temas, as áreas de abrangência e as formas de divulgação de diversos dados, pois o mapeamento temático com o uso

de SIG permite uma análise mais objetiva e com a potencialidade da informação geograficamente referenciada.

O mapa como linguagem visual pode favorecer a leitura e interpretação do fenômeno espacializado. Mas, não é garantia de leitura fácil e clara para a população. Por isso, os gestores com auxílio de especialistas em GIS, podem promoverem ações práticas quanto à tomada de decisão. Para ter dados mais detalhados, os trabalhos futuros podem ser feitos utilizando o software HEC-RAS, o qual é possível ter outros cenários, como o trajeto da onda e a velocidade da água, fornecendo uma estimativa das áreas em risco com muito mais precisão.

Referências

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2011). *Relatório de Segurança de Barragens*. Brasília.
- Bing Maps. Disponível em: <https://www.bing.com/maps/?FORM=Z9LH3>. Acesso em: 16 de set. 2016.
- Bortolo, C. A. (2012). A produção do espaço livre público do lago igapó no contexto urbano londrinense: análise de fotos e dados históricos como instrumentos para a construção do estudo. *Geografia em Atos (Online)*, v. 2, n. 11. Disponível em: <http://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/viewFile/1281/bort>. Acesso em: 28 jul. 2015.
- Bortolo, C. A. (2010). O Lago Igapó em Londrina-PR: uma leitura das diferentes formas de produção do espaço da cidade. *Revista Percurso*, v. 2, n. 2, p. 47-72. Disponível em: <http://eduem.uem.br/ojs/index.php/Percurso/article/view/10621/6397>. Acesso em: 28 jul. 2015.
- Câmara, G., Davis, C. (2001). Introdução ao geoprocessamento. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. *Fundamentos de Geoprocessamento*. São José dos Campos, 1-5.
- Câmara, G., Davis, C., Vieira Monteiro, A. M. (2001). *Introdução à Ciência da Geoinformação*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. São José dos Campos, 2001.
- CANAL PROCESSAMENTO DIGITAL: *Satélite WorldView*. Disponível em: <http://www.processamentodigital.com.br/2009/12/31/satelite-worldview/>. Acesso em: 28 de jul. 2016.
- CBDB - COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS (2011). *A história das Barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI: Cinquenta Anos do Comitê Brasileiro de Barragens*. Rio de Janeiro: CBDB.
- G1 - PORTAL DE NOTÍCIAS. Disponível em: <http://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/2016/01/chuva-provoca-estracos-em-varias-cidades-da-regiao-norte-do-parana.html>. Acesso em: 06 jun. 2016.
- GOOGLE MAPS. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 16 de set. 2016.



A



B



C



D



Fot. 2 - Fotografias para comparação do mesmo local da enchente
(Fotografias do alagado são de autoria desconhecida (esq); Fotografias atuais são do autor (dir)).



E



F



G



H



Photo 2 - Photos for comparison of the same flooded area
(Photos of the flood are of unknown authorship (left); current photos are by the author (right)).

- Higuchi, E. M. (1986). *A construção do Lago Igapó. Londrina: UEL, 1986 (Trabalho de conclusão de curso)*. Departamento de História da Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 de out. 2016.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (2015). *Introdução ao Geoprocessamento*. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/intro_sr.htm. Acesso em: 28 jul. 2015.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (2015). *Sensoriamento Remoto*. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_sen.html. Acesso em: 28 jul. 2015.
- Lauriano, W. A. (2009). *Estudo de Ruptura da Barragem de Funil: Comparação Entre os Modelos Fldwav e Hec-Ras (Dissertação de Mestrado)*. Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. João Pessoa, 251 p.
- Maeda, K. S. (2008). *O “colar de esmeraldas” da paisagem londrinense (Tese de Mestrado)*. Apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo. São Paulo, 219 p.
- Moecke, G. (2014). *Análise do Rompimento Hipotético da Barragem Oeste do Vale do Rio Itajaí (Trabalho de conclusão de curso)*. Submetido ao Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 81 p.
- Moraes, E. C. (2002). *Fundamentos de Sensoriamento Remoto*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos. Disponível em: http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf. Acesso em: 29 jul. 2015.
- Moreira, M. A (2003). *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 2.ed. - Viçosa: UFV, 307 p.
- Novo, M. L. de M. (1998). *Sensoriamento remoto: Princípios e aplicações*. 2ª ed. 3ª reimpressão. São José dos Campos, 308 p.
- OPENSTREETMAP. Disponível em: <http://wiki.openstreetmap.org>. Acesso em: 16 de set. 2016.
- PORTAL DA PREFEITURA DE LONDRINA. Disponível em: <http://www1.londrina.pr.gov.br/>. Acesso em: 16 de set. 2016.
- PORTAL DA PREFEITURA DE LONDRINA (2016). Sistema de Informação Geográfica de Londrina. Disponível em: http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=20114:downloads&catid=205:siglon&Itemid=1988. Acesso em: 16 de set. 2016.
- QGIS. Disponível em: <http://qgisbrasil.org/>. Acesso em: 16 de set. 2016.