



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

REALIDADE AUMENTADA EM MODELOS FÍSICOS DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS. UM ESTUDO DO PADRÃO DE ESCOAMENTO NO CASO BENTO RODRIGUES EM MARIANA-MG

Tibério Vieira Sampaio¹; Johan Victor Alves Farias²; Ícaro Rodrigues Martins³; Kayque Andson Silva Ximenes⁴; Mariano Franca de Alencar Neto⁵

RESUMO – Este trabalho aborda a utilização da realidade aumentada vinculada a um modelo físico reduzido para simulação de cenários virtuais para a análise do comportamento do escoamento de fluidos em superfícies conhecidas. Inicialmente, são apresentados fundamentos teóricos referentes as metodologias sobre modelo físico reduzido, de realidade aumentada e da vinculação dessa metodologias. Em seguida é apresentada a metodologia do experimento, desde a obtenção das curvas de nível da região em estudo, cálculo de compatibilização de escala, construção do modelo reduzido seguindo parâmetros de aceitabilidade, até simulação do escoamento do fluido usando a tecnologia de Realidade Aumentada. Por fim, foi constatado que, de acordo com o resultados colhidos a partir da simulação do rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana-MG, o procedimento ocorreu de forma satisfatória.

ABSTRACT– This project discusses the use of reality increases linked to a reduced physical model for simulation of virtual scenes for analysis of fluid flow's processing in known surfaces. Originally theoretical foundations are presented. These are related to methodologies about the reduced physical model, of augmented reality and of bonding these methodologies. Afterwards, the methodology of the experiment is presented, from the obtainment of the contours lines of the region under analysis, scale compatibility calculus, construction of the reduced model according to the acceptability parameters to the fluid flow simulation, using the Augmented Reality technology. Lastly, the results gathered from the simulation of the dam failure, Barragem do Fundão, located in Mariana, were expounded.

Palavras-Chave – Realidade Aumentada, AR-Sandbox, Modelagem Reduzido de Barragens

1) Tibério Vieira Sampaio, IFCE, Rua Floriano Peixoto 1646, (85) 996680362, tiberiovieira@gmail.com

2) Johan Victor Alves Farias, IFCE, (85), (85) 987465719, johan88232671@hotmail.com

3) Ícaro Rodrigues Martins, IFCE, Rua José Vilar 1980 - Apto 1602 Meireles, (85) 987510229, icaromartins13@gmail.com

1 – INTRODUÇÃO

A Realidade Aumentada é, segundo Kirner (2011), um enriquecimento do mundo real com informações virtuais geradas por um computador em tempo real e devidamente posicionadas no espaço 3D, percebidas através de dispositivos tecnológicos.

Deste modo, o uso dessa tecnologia proporciona ao usuário a criação de situações virtuais que simulem circunstâncias reais, por exemplo: simulação de voos para fins de treinamento de pilotos, passeios em montanha russa para fins de recreação, criação de tecidos e sistemas humanos para fins de estudo de Anatomia. Interessante notar que a realidade aumentada possibilita a simulação e análise de dados que não seria possível com o uso de um ambiente exclusivamente virtual, incrementando substancialmente a modelagem física em escala.

Deste modo, o presente trabalho aplicou o conceito de realidade aumentada sobre a ocorrência de rompimento de barragens, importante problema abordado na engenharia.

Baseado na tecnologia de Realidade Aumentada, foi simulado em modelo reduzido o escoamento de rejeitos sobre a barragem de Santarém em virtude do rompimento da barragem de Fundão ocorrido em 5 de novembro de 2015, ambas controladas pela empresa Samarco Mineração S.A., localizada em Minas Gerais, no município de Mariana, no distrito de Bento Rodrigues, e que ocasionou o maior desastre socioambiental do País. O foco de análise do modelo foi a área atingida e a tendência de escoamento da frente de inundação na região em torno do distrito de Bento Rodrigues-Mariana. Além disso, é possível verificar a validade dos métodos de cálculos hidráulicos vinculados ao programa de Realidade Aumentada, comparando-se a situação simulada com real.

A instrumentalização da Realidade Aumentada para fins de estudos de impactos em virtude do rompimento de um talude de contenção é algo inovador, uma vez que se avalia de modo virtual uma situação real atrelado a um modelo físico, possibilitando a criação de cenários e estimativas de danos, bem como as proporções do evento.

2 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O modelo físico reduzido consiste em uma representação em escala, logo as características do modelo são semelhantes à situação real, correspondendo a uma réplica em “miniatura” do elemento a ser estudado. Essa representação é uma ferramenta para análise de projetos e reproduzem as características dos elementos de estudo, permite uma observação semelhante do comportamento real, e, dessa forma, complementa os cálculos dos modelos matemáticos durante um projeto.

A elaboração desse tipo de modelo é baseada na teoria da semelhança, pois “A representação de um fenômeno por meio de modelos é baseada em leis de semelhança e, para a correta modelação,

é necessário que seja representado o fenômeno em questão, de forma confiável.”. (KANASHIRO; WINSTON, 2013).

Utilizando-se da teoria da semelhança, é possível criar um modelo reduzido para interagir com a tecnologia de Realidade Aumentada que, segundo Kirner (2013), “consiste numa projeção enriquecida, do mundo real, com informações virtuais geradas por um computador em tempo real projetada devidamente posicionada sob uma superfície 3D.”.

Para que esse modelo seja fiel à realidade, fornecendo precisão e confiabilidade a análise do comportamento do elemento de estudo, a superfície 3D deverá simular precisamente a área estudada. Para tanto, o modelo desenvolvido foi fidedigno aos critérios de escala para que a projeção gerada sobre a superfície da representação física reduzida atendesse aos parâmetros estabelecidos pela teoria da semelhança no âmbito de geometria.

Por fim, utilizando-se dos recursos de realidade aumentada, é possível simular o escoamento de um fluido sobre superfícies conhecidas através do Software AR-Sandbox, uma vez que o mesmo utiliza como base de cálculo as equações de Navier-Stokes, que rege o comportamento do escoamento de um fluido.

3 – METODOLOGIA

O modelo topográfico reduzido da região de Bento Rodrigues, no município de Mariana, vinculado à tecnologia de Realidade Aumentada, foi desenvolvido através da obtenção das curvas de nível da área em estudo pelo software de mapeamento global Google Earth PRO e, posteriormente, modeladas no Software Surfer 12 e, em seguida, tratadas no software de desenho computacional Autocad Civil 2012.



Figura 1 - Visualização de Curvas de Nível no Google Earth PRO.

Uma vez plotada as curvas de níveis, foi construído um modelo físico reduzido baseado no mapa planialtimétrico tratado no Autocad, de modo a respeitar a semelhança geométrica em relação

ao relevo real. Para fins de conformidade, foi adotado uma escala de 1:5000, e, por consequência, em função do espaçamento vertical de 50m entre as curvas de nível no relevo real, cada desnível no modelo reduzido ficou com a altura de 1cm. Tais desníveis foram feitos com chapas de poliestireno expandido com espessura de 1cm.



Figura 2 - Visualização de Curvas de Nível no Surfer 12.

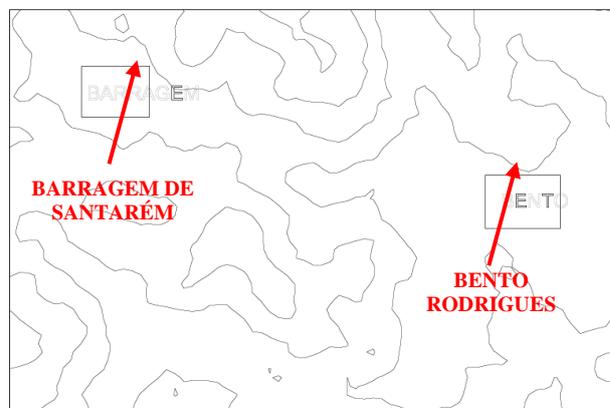


Figura 3 - Visualização de Curvas de níveis tratadas no Autocad Civil 2012.

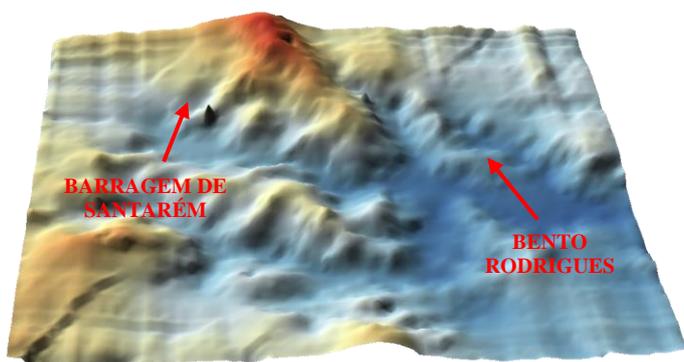


Figura 4 - Visualização em 3D da região de Bento Rodrigues modelada através do Surfer.



Figura 5 – Chapas de poliestireno expandido sobrepostas durante a construção do modelo reduzido.

Para concluir a construção do modelo reduzido, foi colocado areia fina sobre a superfície das chapas de poliestireno expandido para suavizar os desníveis. O material foi homogeneizado com o auxílio de um pincel, uma vez que era preciso manter a fidelidade aos níveis anteriormente definidos,



Figura 6 – Lado esquerdo; suavização dos desníveis ocasionados pela espessura das chapa de poliestireno expandido, lado direito; Projeção das curvas de nível sobre o modelo reduzido do relevo do Distrito de Bento Rodrigues, em Mariana-MG.

e, para finalizar, foi inserido uma representação física da contenção da barragem de Santarém para ocasionar, no ato da simulação, o represamento da água virtual.

Com o modelo construído, foi dado início à etapa de implementação da Realidade Aumentada através do software livre AR-Sandbox, que foi desenvolvido pelo *Center for Active Visualization in the Earth Sciences*, juntamente com o *Tahoe Environmental Research Center, Lawrence Hall of Science*, e *ECHO Lake Aquarium and Science Center*. Este programa cria um ambiente de realidade aumentada em tempo real através da digitalização de uma superfície 3D através do Microsoft Kinect 3D, e, simultaneamente, são reproduzidas, pelo projetor, as curvas de nível sobre a superfície em análise.

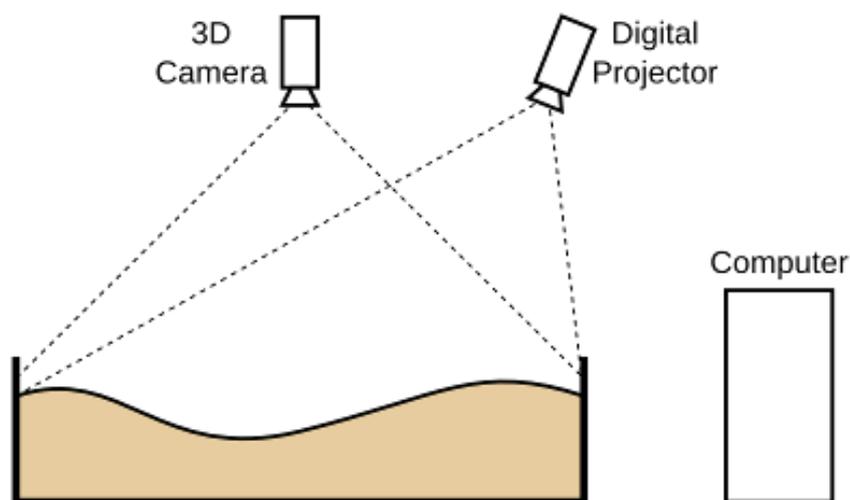


Figura 7 – Representação esquemática dos dispositivos que, juntamente com AR-Sandbox, projetam as curvas de nível sobre uma superfície. Fonte: <http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/LinkPictures.html>

Após a calibração do Kinect com o modelo reduzido, foram geradas as curvas de nível no sobre a superfície do modelo, a fim de verificar sua semelhança com o mapa obtido através do programa Surfer. Em seguida, foi utilizado o recurso do AR-Sandbox para a criação de um volume de água virtual sobre o modelo na região equivalente a onde se encontra a barragem de Santarém, ou seja, o software projetará sobre a superfície do modelo, de maneira virtual, o escoamento de água. Deste modo, é possível fazer diversos experimentos sobre o fluxo de um líquido sobre um modelo reduzido, uma vez que a água será somente uma projeção.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após construído o modelo reduzido e ativado os recursos de realidade aumentada, usou-se o recurso de escoamento de água virtual sobre a superfície do modelo equivalente à região da barragem de Santarém. Desse modo, o fluido escoou da região com cota topográfica mais elevada para a região de cota inferior. Verificou-se que o fluido apresentou propriedades hidrodinâmicas compatíveis com o comportamento da água, visto que, em princípio, foi criado um represamento para simular a

contenção existente na barragem, e, durante o acúmulo de fluido, este transbordou, também, por consequência do comportamento cinético adquirido quando colidia com a contenção.

Além disso, o fluido escoou pelo vale de acordo com o limite das curvas de nível, mantendo seu fluxo das cotas mais elevadas para as cotas inferiores, entretanto, em algumas situações o fluxo ocorreu de uma cota inferior para uma superior, devido à presença de energia cinética durante o escoamento.

Ao chegar na região equivalente ao distrito de Bento Rodrigues, o fluido seguiu duas vertentes, pois os mesmos apresentavam cotas de alturas semelhante.

5 – CONCLUSÃO

Este trabalho simulou de maneira satisfatória o evento ocorrido no distrito de Bento Rodrigues-Mariana – MG, pois, o escoamento do fluido gerado pelo software AR-Sandbox seguiu trajeto realizado pela lama de rejeitos advindo da barragem de Fundão de maneira semelhante.

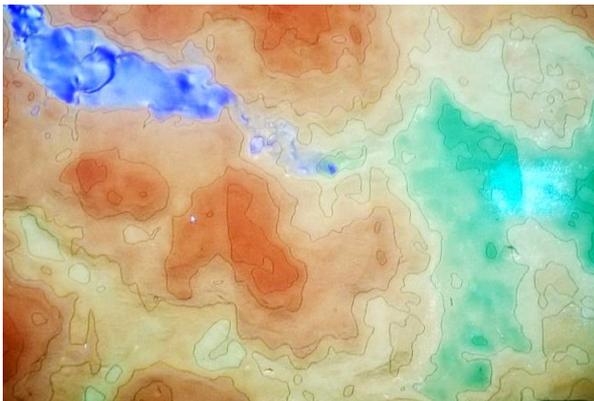


Figura 8 - Vista superior do modelo reduzido com água represada na barragem de Santarém



Figura 9 - Vista superior da barragem de Santarém vista pelo Google Earth em 2014.

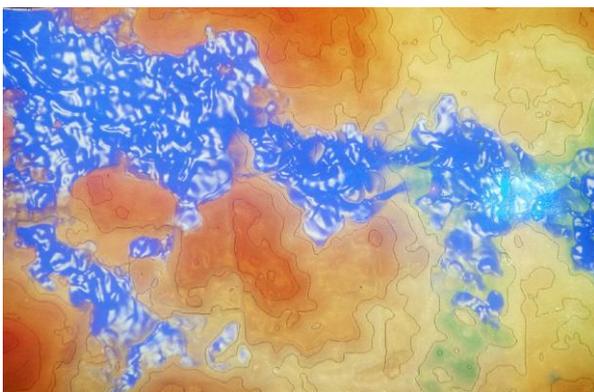


Figura 10 - Vista superior do modelo reduzido após o rompimento da barragem de Fundão.



Figura 11 - Vista superior da barragem de Santarém vista pelo Google Earth em 2015

Além disso, verificou-se que os métodos utilizados pelo software atenderam aos conceitos hidráulicos presentes nos fluidos, uma vez que o deslocamento ocorreu de uma cota de elevação superior para uma inferior, ademais, o escoamento apresentou carga cinética vinculado ao fluxo.

No entanto, para simulações mais fidedignas, e uma maior precisão de resultados, é necessário que mais parâmetros sejam analisados e compatibilizados com o modelo reduzido, uma vez que existem muitas variáveis envolvidas durante o escoamento de um fluido.

6 – BIBLIOGRAFIA

a) Artigo em anais de congresso ou simpósio

KIRNER, CLAUDIO (2011). “Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências”. XIII Symposium Virtual on Augmented Reality. Uberlândia - MG, pp. 16

KANASHIRO, WINSTON (2013). “Técnicas de laboratório para estudo em modelos reduzidos” in Comitê Brasileiro de Barragens. XXIX Seminário Nacional de Grandes Barragens. Porto de Galinhas – PE, pp. 02

b) Sites de internet

AUGMENTED REALITY SANDBOX, disponível em:

<<http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>>. Acesso em 2 de março de 2015.