

Monitoramento e Prevenção de Desastres em Barragens de rejeitos frente a intensificação da crise climática

Isabela F. G. de Moraes¹, Isabela F. Prates², Lucas R. Bicalho¹, Raquel O. Prates¹

¹Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte – MG – Brazil

²Departamento de Comunicação – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Belo Horizonte – MG – Brazil

isabelafgm@ufmg.br, isabela.prates1857@gmail.com, lucas-rb@ufmg.br, rprates@dcc.ufmg.br

Resumo. *Barragem vigilante é um sistema para compartilhamento de informações, alerta e consulta de cidadãos a eventos relacionados a rompimento de barragens de rejeitos de mineração, áreas potencialmente afetadas e instruções emergenciais. A metodologia envolve o desenvolvimento de personas, modelagem de tarefas com CTT, interação com Molic e criação de um protótipo no Figma. Em um contexto de intensificação da crise climática e das tragédias de Mariana e Brumadinho, a solução visa salvar vidas e minimizar o impacto de desastres.*

1. Introdução

O agravamento da crise climática global tem aumentado o risco de rompimento de barragens de rejeitos, resultando em desastres ambientais e humanos, como os ocorridos em Mariana e Brumadinho [Ramos et al., 2021]. Recentemente, as chuvas intensas no Rio Grande do Sul resultaram em uma enorme tragédia humanitária e ambiental. Esse desastre fez com que a Comissão de Meio Ambiente e Tecnologia da Assembleia Legislativa de Minas Gerais iniciasse uma discussão sobre a vulnerabilidade das barragens de Minas Gerais a eventos climáticos extremos similares ao do Rio Grande do Sul [Estado de Minas, 2024]. Minas Gerais possui 350 barragens, sendo o estado com o maior número no Brasil, e enfrenta desafios significativos de segurança, especialmente com barragens construídas pelo método à montante.

Diante deste cenário, Barragem Vigilante é um protótipo de sistema para compartilhamento de informações, alerta e consulta de cidadãos sobre eventos relacionados a rompimento de barragens, áreas afetadas e instruções emergenciais que visa melhorar a comunicação e a prevenção de desastres envolvendo barragens de rejeitos. Utilizando tecnologias como realidade aumentada e geolocalização, o sistema oferece monitoramento contínuo, alertas antecipados e comunicação para comunidades vulneráveis, promovendo uma resposta mais eficiente a emergências e segurança.

2. Metodologia/Processo

A metodologia adotada envolveu inicialmente a elaboração de uma metamensagem, definindo que se destina a moradores de regiões com barragens de rejeitos, gestores e

trabalhadores de barragens, que os usuários podem ou querem receber ou divulgar informações sobre o risco das barragens, que a solução proposta seria um sistema interativo com dados geoespaciais, que conta com realidade aumentada e com uma comunidade online, e para atingir seus objetivos os usuários interagem consultando ou inserindo informações sobre a barragem. Em seguida, foram desenvolvidas personas representativas dos usuários finais, que são perfis fictícios baseados em usuários reais, ajudando a trazer os usuários finais à vida, proporcionando uma compreensão mais rica de suas necessidades, comportamentos e objetivos [Barbosa et al. 2022]. Foram também criados cenários de uso, que são histórias detalhadas sobre como as personas podem usar o sistema em situações do mundo real.

O processo seguiu com a modelagem de tarefas, que serve para definir o plano de ações para a interação com o sistema, utilizando a técnica CTT (*Concur Task Trees*) [Barbosa et al. 2022; Paternó, 2004], que foi usada para decompor as tarefas que os usuários precisam realizar ao usar o sistema, como buscar informações e criação de posts. Em seguida, foi realizada a modelagem da interação, com o MoLIC (*Modeling Language for Interaction as Conversation*) [Barbosa et al. 2022; da Silva e Barbosa, 2007], que é uma linguagem para a modelagem da interação humano-computador como uma conversa, incluindo busca e editar informações de barragens, acessar chat, fazer posts, utilizar a funcionalidade de realidade aumentada e acionar o recurso de evacuação emergencial.

Finalmente, foi criado um protótipo simplificado no Figma, uma plataforma de design de interface do usuário. Este protótipo permitiu visualizar a interface do sistema e fazer uma avaliação inicial. O protótipo foi avaliado utilizando o método de inspeção conhecido como Percurso Cognitivo (PC) [Barbosa et al. 2022; Wharton et al., 1994]. No entanto, os nossos revisores (outros colegas de turma de IHC) eram também potenciais usuários. Isso proporcionou feedback valioso sobre a usabilidade do sistema e ajudou a identificar áreas para melhoria, como indicar melhor o modo de Realidade Aumentada e evidenciar a associação entre o mapa e a busca por informações.

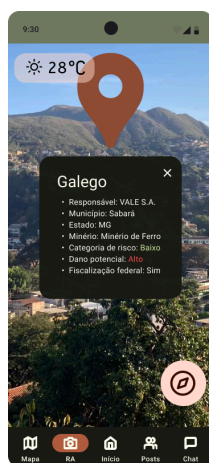
3. Justificativa

Apesar da existência de dados sobre a situação das barragens, como os fornecidos pela Agência Nacional de Mineração [Agência Nacional de Mineração n.d.] e o Mapa da Lama [Repórter Brasil n.d.], essas informações muitas vezes não são amplamente divulgadas nem apresentadas de forma intuitiva e acessível para a população. Esta lacuna na comunicação pode deixar as comunidades vulneráveis em situações de emergência, onde o acesso rápido e fácil a informações precisas pode ser crucial. A solução proposta visa preencher essa lacuna, tornando essas informações facilmente acessíveis ao público de maneira amigável e interativa. Ao permitir que as pessoas tomem medidas preventivas em caso de aumento do risco de rompimento de uma barragem, a solução pode contribuir para salvar vidas e minimizar os impactos de tais desastres. Além disso, a solução também tem o potencial de aumentar a conscientização pública sobre os riscos associados às barragens de rejeito, promovendo uma maior compreensão e envolvimento da comunidade nestas questões críticas.

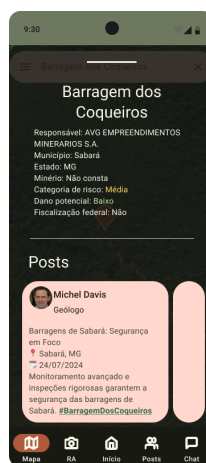
4. Solução Proposta e Cenário de Uso

A solução proposta é um sistema de informação geográfico, acessível através de um aplicativo móvel, que fornece informações detalhadas sobre a segurança das barragens e potenciais riscos associados. O sistema permite aos usuários visualizarem a localização das barragens em um mapa interativo, além de fornecer informações atualizadas sobre o status de cada barragem, visualização com realidade aumentada e alertas em tempo real.

No cenário de uso, temos a persona João da Silva, estudante universitário em Congonhas. João sempre foi um jovem muito preocupado com a segurança de sua família desde que se mudaram para Congonhas em 2015. Ele sabia da existência da barragem na cidade e desde o rompimento da barragem em Mariana ficou muito preocupado com sua segurança e de sua família. Assim, por sempre ser precavido instalou em seu celular um aplicativo que prometia inteirá-lo sobre o assunto e alertar situações de urgência. João sabia que sua casa, que moravam ele, a avó, a mãe, o pai e o irmão, se encontrava em lugar de risco. Então, seu foco era estar sempre alerta para caso algum acidente estivesse iminente ele pudesse estar pronto para tirar a família da casa. Um dia, quando João já estava acostumado com o uso do aplicativo, ele chegou na aula de Introdução Metodológica e recebeu uma notificação sonora e uma vibração característica no smartphone. Ao verificar o celular, descobre que é um alerta emitido pela interface notificando uma urgência: a barragem estava em alto risco de rompimento por conta da chuva que ocorreu na região. Ao receber esse alerta de emergência sobre um possível colapso iminente, ele ligou para sua casa, alertando a todos e como já tinha um plano de fuga feito com ajuda da interface, ele pediu que todos seguissem a rota de fuga que consistia em ir para o carro da família e subir o morro que ficava em um bairro próximo, evitando que os rejeitos atingissem sua família. Além disso, João alertou todos seus colegas que estavam na aula sobre o risco que tinha sido notificado a ele. Assim, todos ficaram seguros e preparados e João percebeu que sua atitude foi muito importante ao acelerar a reação do acidente iminente e potencialmente salvando vidas.



(a) Visualização de barragem com Realidade Aumentada



(b) Dados de barragem selecionada no mapa



(c) Mapa indicando barragens

Figura 1. Telas do Protótipo Barragem Vigilante

5. Protótipo

O protótipo desenvolvido pode ser acessado pelo link: <https://abrir.link/UDiqH>. Já o vídeo, pelo link: https://youtu.be/dLs0AkR_hu4. O protótipo foi implementado usando a plataforma Figma e inclui funcionalidades como visualização de mapas, busca de barragens, recebimento de alertas e compartilhamento de informações. A Figura 1 mostra algumas das telas do protótipo.

6. Viabilidade

A implementação do sistema proposto é viável, mas apresenta desafios específicos. Embora existam dados disponíveis sobre a situação das barragens, atualmente não temos acesso a dados em tempo real. Isso significa que seria necessário estabelecer parcerias com agências governamentais e empresas privadas responsáveis pelas barragens para obter esses dados. Essas parcerias poderiam envolver acordos de compartilhamento de dados ou colaborações para melhorar a coleta e análise de dados. Entretanto, tal alternativa geraria dependência de sistemas das instituições fornecendo dados, e ainda deve-se considerar que pode haver inconsistência entre os dados, que precisariam ser tratados. Além disso, a manutenção contínua do sistema e a atualização regular dos dados são aspectos importantes a serem considerados na avaliação da viabilidade do projeto. Uma alternativa para mitigar estas questões seria através da colaboração descentralizada, i.e. permitir que os próprios cidadãos também possam compartilhar e monitorar as informações no sistema.

7. Reflexão Ética

O sistema tem o potencial de ser uma ferramenta vital na mitigação dos riscos associados ao rompimento de barragens, um cenário que, como evidenciado pelas tragédias de Mariana e Brumadinho, pode ter consequências devastadoras. Uma questão ética central é que é crucial a precisão e confiabilidade das informações fornecidas pelo sistema. Dada a gravidade potencial de um rompimento de barragem, um alarme falso ou um erro no sistema não só poderia causar pânico desnecessário, mas também corroer a confiança no sistema, tornando menos provável que os alertas futuros sejam levados a sério. Além disso, o sistema deve ser acessível a todos que possam ser afetados por um rompimento de barragem, ou seja, ele deve ser acessível a todos, e projetado de forma a ser facilmente utilizável por pessoas com variados níveis de habilidade tecnológica e disponibilidade de recursos.

Agradecimentos

Agradecemos aos colegas da turma de IHC 2024-1 do DCC/UFMG pela sua participação na avaliação do Percurso Cognitivo, e discussão em outras etapas do trabalho.

Referências

Agência Nacional de Mineração. (n.d.). SIGBM - Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração. Retrieved from <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/Mapa> (Último acesso em 04/09/2024).

Barbosa, S. D. J., Silva, B. S. da, Silveira, M. S., Gasparini, I., Darin, T., & Barbosa, G. D. J. (2022). Interação Humano-Computador e Experiência do Usuário. Autopublicação. <https://leanpub.com/ihc-ux>

da Silva, B.S. and Barbosa, S.D.J., 2007. Designing human-computer interaction with Molic diagrams—a practical guide. *Monografias em Ciência da Computação*, 12, p.50. Departamento de Informática, PUC-Rio.

Estado de Minas. Barragens de Minas 'não aguentariam chuvas do RS' e viram preocupação. <https://www.em.com.br/politica/2024/05/6858723-barragens-de-minas-nao-aguentariam-chuvas-do-rs-e-viram-preocupacao.html> (Último acesso em 04/09/2024).

Paternò, F. (2004). ConcurTaskTrees: an engineered notation for task models. *The handbook of task analysis for human-computer interaction*, 483-503

Ramos, É. C. B., Leite, H. P. S., Simoes, K. C. C., Viana, M. B., & Schneider, M. (n.d.). Meio Ambiente, Mudanças Climáticas e Rompimento de Barragens. CONLE. Relatório da Comissão de Direitos Humanos da Câmara de Deputados, 2021. <https://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/40773> (Último acesso em 04/09/2024).

Repórter Brasil. (n.d.). Mapa da Lama: Confirma se sua casa seria soterrada pelo rompimento de uma barragem de mineração. <https://reporterbrasil.org.br/mapa-da-lama-confirma-se-sua-casa-seria-soterrada-pelo-rompimento-de-uma-barragem-de-mineracao/> (Último acesso em 04/09/2024).

Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. Retrieved from <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb> (Último acesso em 04/09/2024).

Serviço Geológico do Brasil. <https://p3mgeo.sgb.gov.br/#/dashboard> (Último acesso em 04/09/2024).

Wharton, C., Rieman, J., Lewis, C. and Polson, P. (1994) “The Cognitive Walkthrough Method: A Practitioner’s Guide.” In Nielsen, J., and Mack, R.L. (Eds.), *Usability Inspection Methods*, John Wiley & Sons, New York, NY.