

A aplicabilidade da Gestão Ágil e do BIM em projetos de descaracterização de barragens de rejeito

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.142.44>

**Thiago Almeida¹, João Andrade¹,
Pedro Lima¹, Eduardo Mello¹**

¹ TPF Engenharia, Recife, Brasil

Resumo

Projetar a descaracterização de uma barragem construída na década de 1970 foi, sem dúvida, uma tarefa bastante desafiadora, dada a incerteza associada à sua construção e às restrições da estrutura. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi demonstrar a aplicabilidade de determinados métodos e ferramentas no projeto de descaracterização de uma barragem de rejeitos, sob as condições supracitadas, no Brasil. Para isso, foram integrados tanto a Metodologia Ágil quanto o BIM (*Building Information Modeling*) ao longo do processo. Na fase de modelagem, utilizou-se o AutoCAD Civil 3D, que conta com funcionalidades bastante úteis relacionadas ao BIM, tais como: Modelagem Tridimensional de Infraestruturas, Inteligência de Dados, Documentação Automatizada e Coordenação Multidisciplinar. Enquanto no planejamento e acompanhamento, empregou-se o Framework de Engenharia Ágil (FEA) da TPF, uma adaptação dos princípios e recursos de gestão ágil, incluindo o método Scrum, com o auxílio do Microsoft Azure DevOps. Este artigo evidencia a eficácia de tais ferramentas e metodologias em um projeto dessa proporção.

1. Introdução

Em 2021, a TPF Engenharia foi contratada para elaborar os estudos de alternativas, projeto conceitual e projeto básico para descaracterização de uma barragem de rejeito construída na década de 70, localizada no estado de Minas Gerais e que atualmente está desativada. A escolha pela descaracterização da estrutura – processo onde ela é reincorporada ao relevo e ao meio ambiente – veio em resposta ao cenário de incerteza sobre o método construtivo inicial da barragem, fator que cobrou da equipe projetista a capacidade de resposta rápida frente às possíveis mudanças e restrições. A descaracterização de uma barragem é um processo bastante complexo, que deve ser feito ao longo do tempo, com pesquisas, planos e escopos bem definidos para garantir a segurança [1].

Na primeira etapa, os estudos geotécnicos, hidrológicos, hidráulicos, estruturais e ambientais resultaram no desenvolvimento de alternativas para descaracterização. A escolha foi feita a partir de uma análise criteriosa, baseada em aspectos ambientais, estruturais, hidrológicos, hidráulicos, operacionais e socioeconômicos, e associada a uma matriz de vantagens e desvantagens para as opções estudadas. A técnica adotada foi o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), que foi desenvolvido por Saaty [2], que é uma estratégia de tomada de decisão de multicritério que envolve uma estrutura hierárquica para representar o problema de decisão com a atribuição de pesos aos critérios, facilitando a toma de decisões.

Definida a solução mais coesa, deu-se início a etapa de concepção do projeto de descaracterização, seguindo as melhores práticas e normas nacionais e internacionais de engenharia.

- Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB);
- Resoluções da ANM (Agência Nacional de Mineração);
- Diretrizes do ICOLD (Comitê Internacional de Grandes Barragens);
- Princípios da OCDE sobre Governança de Risco de Infraestrutura Crítica.

Um destaque nesse sentido é a aplicação de metodologia BIM (*Building Information Modeling*) para modelagem e compatibilização dos projetos. No que diz respeito às características e atributos físicos da estrutura, a barragem é do tipo homogênea e tem a função de contenção de rejeitos. Atualmente está desativada e contém um volume de 1.038.010 m³ de rejeito em seu reservatório. O comprimento da crista é de 279,9 m e uma altura máxima de 41,5 m.

2. Aplicabilidade da modelagem tridimensional

O AutoCAD Civil 3D é um instrumento amplamente utilizado nas diversas áreas da engenharia civil como por exemplo: projetos geométricos de rodovias, terraplenagem, drenagem e mineração. Esse *software* é completo para projetos de descaracterização de barragens de rejeito, pois inclui diversas ferramentas para as diferentes etapas do processo. No planejamento, por exemplo, é possível criar modelos

tridimensionais e simular diferentes cenários, graças a análise de topografia, geotecnia e avaliação do impacto ambiental. O *software* de modelagem 3D tem a capacidade de facilitar o georreferenciamento do projeto, reduzir retrabalhos através do uso de objetos paramétricos, e permitir a análise de viabilidade de soluções de projeto. Além disso, a ferramenta apoia a colaboração entre projetistas e possibilita a retirada automatizada de dados de projetos, melhorando significativamente o fluxo de trabalho e a eficiência de projeto [3]. A seguir serão apresentadas algumas aplicações desse programa e sua relação com a metodologia BIM.

2.1. Terraplenagem

Em projetos de terraplenagem o *software* possibilita projetar a remoção de maciços e rejeitos de barragens, bem como para realizar cálculos precisos de volume e definir as áreas de disposição final do material removido [4]. A "Ferramenta de Modelagem de Superfície" é uma das mais utilizadas nesta etapa, pois permite criar um modelo tridimensional do terreno, incluindo a barragem e seus arredores. Isso, torna possível visualizar as áreas de remoção e de disposição final, além de simular possibilidades diversas a fim de determinar a melhor solução para o projeto. Além disso, é possível calcular a quantidade de material a ser removido e depositado nas áreas de disposição final, obtendo informações precisas sobre o volume a ser movimentado e os recursos necessários para a execução do projeto

2.2. Drenagem

O *software* de modelagem 3D utilizado oferece ferramentas para projetar a drenagem superficial por canais e canaletas, garantindo o escoamento adequado da água e a minimização dos impactos ambientais. Dentre várias funções, destaca-se a "*Water Drop Analysis*", que apresenta a direção do escoamento em um ponto selecionado do terreno, o que auxilia na identificação de talvegues e delimitação de bacias hidrográficas. Desse modo, é possível definir as dimensões adequadas para as estruturas, garantindo que o sistema seja capaz de suportar as vazões máximas esperadas de acordo com as visualizações dos perfis hidráulicos, conferindo segurança e estabilidade para a drenagem. Além disso, a ferramenta de modelagem 3D é compatível com arquivos de outros softwares de Sistema de Informações Geográficas (SIG), ou seja, é possível realizar uma modelagem hidrológica e importá-la para o projeto. A capacidade de se conectar com bancos de dados relacionais e suportar o formato shapefile, comum em softwares GIS, demonstram a eficiência da ferramenta em gestão e integração de dados geoespaciais [5].

2.3. Recuperação ambiental

Há também possibilidade de realizar o planejamento da recuperação ambiental, pois o *software* de modelagem 3D oferece ferramentas para projetar as áreas de revegetação e definir as espécies vegetais a serem utilizadas. O Civil 3D emerge como uma ferramenta essencial para a precisão na estimativa de volumes de terraplenagem em

projetos de reabilitação ecológica. Esta capacidade do software de ajustar volumes de terraplenagem com alterações no design do projeto oferece estimativas mais exatas e facilita ajustes em tempo real, contribuindo significativamente para a otimização do design e a economia de custos no investimento do projeto [6].

2.4. Locação de instrumentação

O *software* é capaz de auxiliar o trabalho de locação de instrumentação, permitindo definir os pontos de monitoramento com coordenadas e elevações precisas. Calderón Vela [7] destaca a sua aplicabilidade na instrumentação e acompanhamento de dados, especialmente na determinação do volume de materiais movidos, permitindo o monitoramento e acompanhamento de acordo com o que foi previamente estabelecido. Além disso, o modelo 3D desenvolvido permite projetar estruturas de suporte dos instrumentos e analisar dados em tempo real, facilitando na tomada de decisões.

2.5. Relação com o BIM

O programa da AutoDesk possui ferramentas que fornecem benefícios significativos relacionados ao BIM, como observa-se na Tabela 1.

O uso da Modelagem Tridimensional de Infraestruturas no Civil 3D permite o desenvolvimento simultâneo de todos os elementos do projeto, simplificando a compatibilização nas diversas fases do processo. Isso significa que projetos como terraplenagem, acessos operacionais e drenagem superficial podem ser elaborados em paralelo.

Tabela 1: Contribuições do Civil 3D para o BIM.

Benefício	Funcionalidade
Modelagem Tridimensional de Infraestruturas	Criação de estruturas
Inteligência de Dados	Detalhamento de componentes
Documentação Automatizada	Eficiência na criação de documentos
Coordenação Multidisciplinar	Integração com outras ferramentas e coordenação eficaz entre projetos

Durante a execução da modelagem, a presença da Inteligência de Dados no software possibilita a parametrização de todos os elementos tridimensionais. Isso não apenas fornece informações geométricas, mas também permite a inclusão de especificações técnicas essenciais para a execução do projeto.

Além disso, o BIM viabiliza a criação de modelos ou "templates" automatizados, que padronizam todos os entregáveis do projeto. Esses arquivos aumentam a eficiência ao integrar as diversas tabelas de quantitativos entre os documentos, promovendo consistência.

O ambiente BIM favorece a abordagem multidisciplinar do projeto, não limitando o uso a um único software. Análises e estudos realizados em outras plataformas

podem ser incorporados ao modelo, elevando o grau de complexidade do projeto. Exemplos incluem resultados de modelagens hidrológicas, dimensionamentos hidráulicos, análises de estabilidade e até mesmo a implementação de sistemas de monitoramento em tempo real.

Apesar das vantagens da aplicação do BIM, há alguns desafios durante a sua implantação, como: aquisição de licenças de *softwares* específicos, dependência de computadores com maior poder de processamento, investimento em redes de compartilhamento de arquivos e acesso constante à internet.

3. Aplicabilidade da Metodologia Ágil

O Framework de Engenharia Ágil (FEA) é a aplicação da abordagem que visa facilitar o desenvolvimento de projetos de maneira adaptativa e interativa [8]. Ao longo de todo o projeto de descaracterização da barragem implementou-se e utilizou-se o FEA da TPF. Esse framework é uma adaptação das ferramentas e princípios de gestão ágil, entre eles o método Scrum – framework iterativo e incremental [9]. Na aplicação do FEA foram utilizados todos os eventos descritos, atendendo as demandas contratuais em janelas de tempo estabelecidas de acordo com as necessidades e agenda das partes interessadas. Desse modo, percebeu-se que a utilização dessa metodologia própria promoveu um aumento da produtividade, integração da equipe e ganho de qualidade das entregas, prevenindo qualquer tipo de falha de comunicação ou conhecimento do processo. Um dos principais benefícios foi a identificação antecipada das restrições do projeto, permitindo elaborar ações para eliminá-las sem comprometer o cronograma.

A Figura 1 apresenta o fluxograma do FEA e define alguns termos tais como: *Backlog*, que é a lista das atividades conhecidas necessárias para a conclusão do projeto, *Sprint*, que é o planejamento das atividades e metas para um determinado período de tempo e *look ahead* que são reuniões com o objetivo de identificar e eliminar restrições.

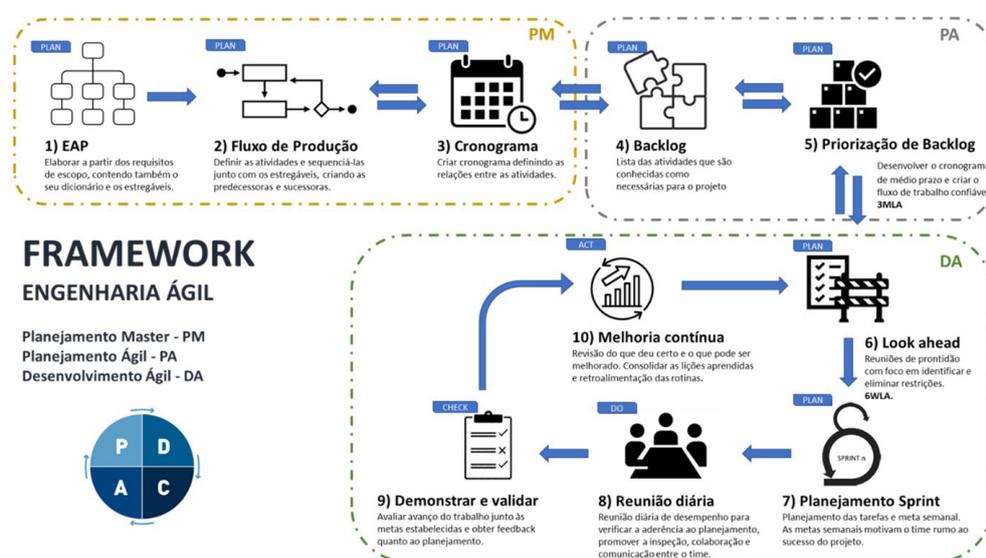
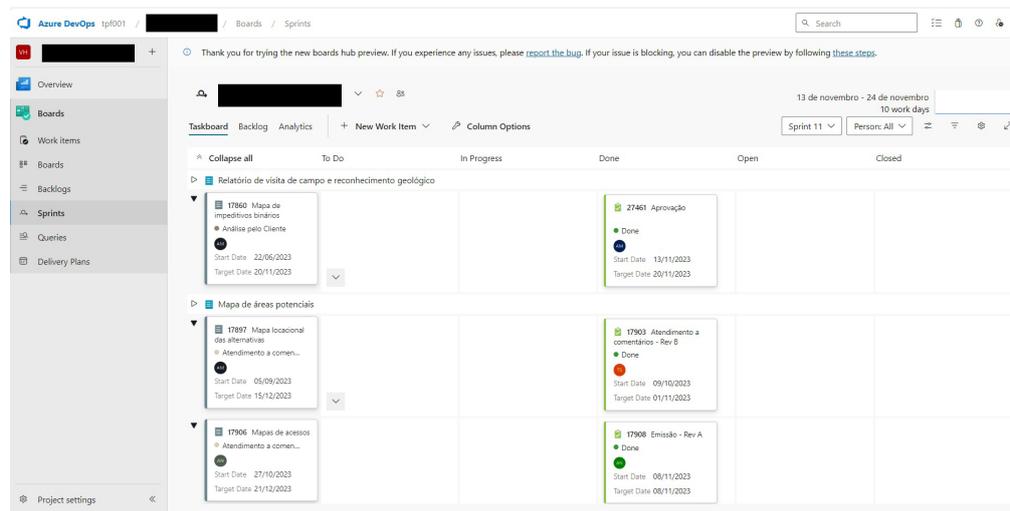


Figura 1
Apresentação esquemática do FEA da TPF.

A aplicação prática do FEA foi realizada com o auxílio do Microsoft Azure DevOps, Figura 2. Essa ferramenta foi compatibilizada com a metodologia do framework, na qual foram cadastradas as etapas do projeto, marcos contratuais, os produtos a serem entregues e as tarefas e impedimentos correspondentes de cada produto. Portanto, foi promovida a integração da equipe em busca dos objetivos traçados ao longo do trabalho.

Figura 2
Prática do FEA na plataforma de gestão ágil.

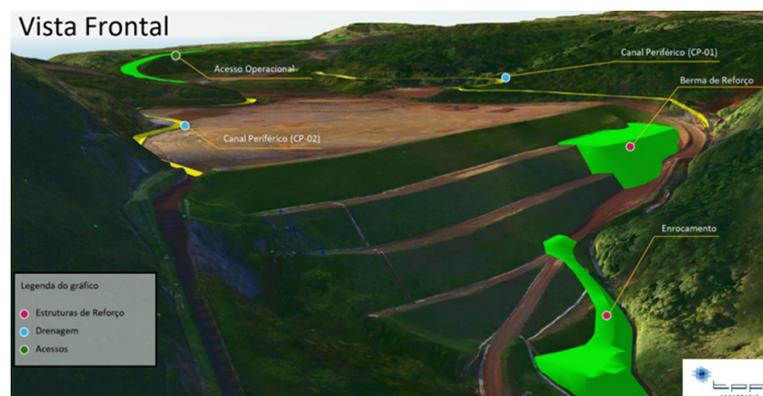


4. Aplicação no estudo de caso

A incorporação da interface BIM no Civil 3D possibilitou a execução simultânea de múltiplos projetos. Com base no modelo digital de terreno e na integração de estudos preliminares abrangentes, conseguimos modelar as estruturas da fase inicial da descaracterização. As análises de estabilidade desempenharam um papel crucial ao identificar os locais que necessitavam de estruturas de reforço.

Paralelamente, as modelagens hidrológicas e hidráulicas foram empregadas na concepção das estruturas de drenagem. Além disso, a análise logística e operacional teve um papel vital ao possibilitar a localização e modelagem dos Acessos Operacionais essenciais para as fases iniciais do projeto, conforme exemplificado na Figura 3.

Figura 3
Fase inicial da descaracterização.



A Fase Intermediária deste projeto envolveu o planejamento de terraplenagem, incluindo a remoção do rejeito e do maciço por níveis, conforme mostrado na Figura 4. A capacidade do software permite a elaboração de seções que possibilitam a análise de estabilidade, garantindo a segurança da escavação. As novas superfícies do terreno também possibilitaram o desenvolvimento de elementos de drenagem provisórios, como o Extravasor Provisório.



Figura 4
Fase intermediária da descaracterização.

A Fase Final do projeto de descaracterização consistiu na elaboração do plano de recuperação ambiental e das estruturas de drenagem permanentes. O modelo de terreno desenvolvido ao longo do projeto foi essencial para prever a modelagem dos canais de drenagem. No contexto do projeto de recuperação ambiental, dados de inclinação do terreno foram utilizados para determinar a melhor alternativa para cada trecho, conforme apresentado na Figura 5.



Figura 5
Fase final da descaracterização.

5. Conclusão

O estudo de caso apresentado demonstra a aplicabilidade eficaz das metodologias BIM e ágil no projeto de descaracterização de uma barragem de rejeitos datada da década de 1970. A adoção do AutoCAD Civil 3D, um software BIM de destaque, possibilitou a modelagem tridimensional do projeto, a compatibilização entre os diferentes elementos e a integração com outras ferramentas e plataformas. Isso contribuiu para a melhoria da eficiência do projeto, a redução de custos e a melhoria da qualidade das entregas. A implementação da metodologia ágil, fundamentada no framework FEA da TPF, promoveu a integração da equipe, o aumento da produtividade e a identificação antecipada de restrições. Isso contribuiu para o cumprimento do cronograma e do orçamento do projeto. Os resultados obtidos sugerem que a integração das metodologias BIM e ágil representa uma estratégia eficaz para o desenvolvimento de projetos de descaracterização de barragens de rejeitos, especialmente em projetos complexos e com incertezas.

Referências

- [1] GEOSCAN. Descaracterização de barragens: Saiba mais sobre!. Geoscan. 28 jul. 2021. Disponível em: <https://www.geoscan.com.br/blog/descaracterizacao-de-barragens/>. Acesso em: 27 dez. 2023.
- [2] T. L. Saaty, "Decision making with dependence and feedback: The analytic network process", Vol. 4922. No. 2. Pittsburgh, RWS publications, 1980.
- [3] A. Heleno, M. Azenha, L. Caldeira, M. Silva, "Aplicação da metodologia BIM na monitorização da segurança de barragens de aterro", *4.º Congresso Português de Building Information Modelling vol. 1 – ptBIM*, pp. 447-457, 2022.
- [4] A. Barros, "Uso do Civil 3D e dados SRTM para análise ambientais e tomadas de decisões em um trecho do CAC - Cinturão de Águas do Ceará", *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, vol. 18, n.º 2, pp. 1-12, dez. 2022.
- [5] V. Sokoła-Szewioka, M. Poniewiera, "Selected Possibilities of the GIS Data Import in Programs AutoCAD Civil 3D and Geolisp". *Geoinformatica Polonica*, S.l., v. 16, 2017.
- [6] Y. Fan, J. Pang, F. Xiao. "Application of AutoCAD Civil3D in Quantity Estimation of an Abandoned Mine Rehabilitation Project[J]". *Soil Engineering and Foundation*, 35(3): 260-262, 2021.
- [7] G. P.A. Calderón Vela, W.A. Zaquinaula Bances, "Aplicación del software AutoCad Civil 3D en el seguimiento de volúmenes para el control de avance en la unidad Minera Pallasca". 2021.

- [8] Melonio, B., & Viana, R., “Framework Ágil como Modelo de Gestão de Projetos Inovadores: Análise e Ilustração” Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil, 2019.

- [9] A. Marçal, M. Furtado, “Scrummi: Um processo de gestão ágil baseado no Scrum e aderente ao CMMI”, *IX Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software*, pp. 425-439, jun. 2010.