XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/78

FAMÍLIA BIM PARA CONTENÇÕES EM SOLOS REFORÇADOS COM FACE EM TELA METÁLICA: DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO EM PROJETOS DE INFRAESTRUTURA

VINÍCIUS SAMAHÁ SALLES
Engenheiro, Departamento de Engenharia, HUESKER Ltda;, São José dos Campos, Brasil, vinicius.salles@huesker.com.br

GUILHERME APOLINÁRIO MARCONDES
Engenheiro, Departamento Técnico-Comercial, HUESKER Ltda;, São José dos Campos, Brasil, guilherme.marcondes@huesker.com.br

LUIS BRIAN APAZA FUENTES
Gerente de Engenharia, HUESKER Ltda;, São José dos Campos, Brasil, brian.fuentes@huesker.com.br

RESUMO: A aplicação da metodologia Building Information Modeling (BIM) em projetos de infraestrutura tem se consolidado como uma ferramenta importante para a modernização da engenharia, proporcionando benefícios como maior integração entre disciplinas, otimização de processos, redução de erros, planejamento mais preciso e acompanhamento contínuo ao longo do ciclo de vida das obras. A partir da década de 2020, a adoção do BIM cresceu significativamente no Brasil, impulsionada por iniciativas governamentais e marcos regulatórios, como o Decreto nº 10.306/2020 e a Decisão nº 737/2025 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Essas iniciativas evidenciam a necessidade de ampliar a utilização do BIM em diferentes segmentos da infraestrutura, incentivando o desenvolvimento de práticas e ferramentas alinhadas a padrões internacionais. Apesar desse avanço, a aplicação do BIM em estruturas de contenção em solo reforçado ainda se encontra em estágio inicial, com poucos exemplos consolidados e escassez de bibliotecas paramétricas desenvolvidas especificamente para esse tipo de obra. Nesse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de família BIM totalmente parametrizada para sistema de contenção em solo reforçado com face em tela metálica articulada em formato "L", baseadas no Sistema Quadratum®. A família desenvolvida permite a extração automática e em tempo real de quantitativos, a adaptação a diferentes geometrias de projeto e a integração com outras disciplinas de engenharia, contribuindo para maior confiabilidade e eficiência na elaboração de modelos digitais. A aplicação prática dessas famílias em projetos de infraestrutura demonstrou melhorias relevantes em comparação com métodos tradicionais de projeto. Dessa forma, o estudo propõe uma nova abordagem para o uso do BIM nesse segmento, reforçando sua importância estratégica para o avanço do desenvolvimento de projetos de infraestrutura.

PALAVRAS-CHAVE: BIM; CONTENÇÃO EM SOLO REFORÇADO; GEOSSINTÉTICOS; MODELAGEM PARAMÉTRICA; SISTEMA QUADRATUM®.

ABSTRACT: The application of the *Building Information Modeling* (BIM) methodology in infrastructure projects has become established as an important tool for the modernization of engineering, providing benefits such as greater integration among disciplines, process optimization, error reduction, more accurate planning, and continuous monitoring throughout the lifecycle of projects. Since the 2020s, BIM adoption has grown significantly in Brazil, driven by governmental initiatives and regulatory frameworks, such as Decree No. 10,306/2020 and Decision No. 737/2025 issued by the Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). These initiatives highlight the need to expand the use of BIM across different infrastructure sectors, encouraging the development of practices and tools aligned with international standards. Despite this progress, the application of BIM to reinforced soil retaining structures is still at an early stage, with few consolidated

examples and a lack of parametric libraries specifically developed for this type of project. In this context, this study presents the development of fully parameterized BIM families for reinforced soil retaining systems with an "L"-shaped and articulated wire mesh facing, based on the Quadratum System®. The developed families allow the automatic and real-time extraction of quantities, adaptation to different project geometries, and integration with other engineering disciplines, contributing to greater reliability and efficiency in the development of digital models. The practical application of these families in infrastructure projects demonstrated relevant improvements compared to traditional design methods. Therefore, this study proposes a new approach to the use of BIM in this segment, reinforcing its strategic importance for advancing infrastructure project development and digital engineering.

KEYWORDS: BIM; REINFORCED SOIL STRUCTURES; GEOSYNTHETICS; PARAMETRIC BIM MODELING; QUADRATUM SYSTEM®.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da engenharia civil tem passado por uma transformação digital progressiva, que vem provocando uma reestruturação em todos os níveis de seus processos, desde a concepção e desenvolvimento do projeto até a execução e a gestão de obras de infraestrutura. Nesse contexto, a metodologia Building Information Modeling (BIM) tem se consolidado como uma das principais ferramentas de inovação tecnológica na construção civil, permitindo a integração entre disciplinas, maior precisão geométrica e a criação de modelos digitais que facilitam a tomada de decisão e o gerenciamento das informações ao longo do ciclo de vida das obras (EASTMAN et al., 2018).

Pesquisas mais recentes reforçam esses avanços, demonstrando a expansão do BIM para projetos lineares e geotécnicos. Biancardo et al. (2020) aplicaram o BIM em projetos rodoviários na Itália, integrando ferramentas como Civil 3D, Revit e InfraWorks para modelagem de barreiras e muros de contenção, mostrando o potencial da metodologia em cenários complexos de infraestrutura. Lu e Liao (2018) também evidenciaram a eficiência do BIM na modelagem e no planejamento 4D de estruturas de contenção de metrôs em Taipei, destacando melhorias na visualização e na coordenação construtiva. Apesar desses avanços, ainda são identificadas lacunas relacionadas à representação paramétrica de elementos geotécnicos específicos, especialmente no que se refere a sistemas de contenção em solo reforçado.

As contenções em solo reforçado constituem soluções estruturais amplamente empregadas em obras de infraestrutura, como rodovias, pontes e terraplenagens. Essas estruturas são compostas majoritariamente pelo próprio solo compactado, associado a elementos de reforço, metálicos ou geossintéticos, como geogrelhas, responsáveis por aumentar a resistência e controlar as deformações do maciço. O sistema é complementado por sistemas metálicos preenchidos, além de dispositivos de drenagem destinados ao controle das poropressões (ARDILA et al., 2023). Em comparação às soluções tradicionais em concreto armado, as contenções em solo reforçado apresentam vantagens como maior flexibilidade estrutural, menor impacto ambiental, eficiência econômica e maior rapidez executiva (BATHURST; HATAMI, 2001; WU, 2019).

Apesar dos benefícios amplamente documentados tanto da metodologia BIM quanto das estruturas em solo reforçado, observa-se uma aplicação ainda limitada da modelagem informacional a esse tipo de solução geotécnica. Essa limitação decorre, em grande parte, da ausência de bibliotecas técnicas padronizadas e de famílias paramétricas específicas capazes de representar, de forma adequada, elementos como geogrelhas, faces em tela metálica e demais componentes do sistema. Tal lacuna dificulta a extração automatizada de quantitativos, a análise integrada entre disciplinas e a consolidação de fluxos de trabalho colaborativos no contexto da infraestrutura geotécnica.

Diante desse cenário, o presente trabalho propõe o desenvolvimento e a aplicação de famílias BIM voltadas a sistemas de contenção em solo reforçado, estruturadas com base em diretrizes normativas e critérios técnicos de projeto. As famílias foram concebidas de modo a integrar parâmetros geométricos, técnicos e informacionais que possibilitam adaptação a diferentes geometrias, extração automática de quantitativos e interoperabilidade com outras disciplinas de infraestrutura. Embora a aplicação apresentada tenha sido desenvolvida para um sistema específico de contenção com face em tela metálica, a lógica de parametrização adotada foi estruturada de forma a possibilitar sua adaptação a outras tipologias de contenções em solo reforçado, como contenção com face de blocos segmentados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Metodologia BIM em Infraestrutura

O BIM consiste em uma metodologia voltada à criação, gerenciamento e compartilhamento de informações da construção por meio de modelos digitais paramétricos e orientados a dados. Diferentemente das abordagens baseadas em desenhos bidimensionais, o BIM estrutura as informações do empreendimento em um ambiente relacional, no qual cada elemento contém atributos geométricos e não geométricos que acompanham o ativo ao longo de seu ciclo de vida (EASTMAN et al., 2018), permitindo subsidiar análises técnicas, planejamento construtivo, extração de quantitativos e gestão operacional.

Embora inicialmente consolidado no setor de edificações, o BIM vem sendo progressivamente incorporado à infraestrutura, abrangendo obras lineares e sistemas de maior complexidade técnica, como rodovias, ferrovias, pontes, túneis e estruturas de contenção. Nesses empreendimentos, a modelagem demanda integração entre geometria tridimensional, dados topográficos, sistemas geoespaciais e informações geotécnicas, ampliando a complexidade em relação aos projetos verticais convencionais (CORRÊA et al., 2019).

Entre as principais vantagens destacam-se a detecção antecipada de interferências, maior previsibilidade de custos e prazos, automação de quantitativos e simulações 4D e 5D (CORRÊA et al., 2019; NIELSEN et al., 2024). A modelagem paramétrica também permite rápida adaptação a alterações de traçado e condicionantes topográficas, aspecto relevante em obras lineares.

Entretanto, a aplicação em infraestrutura ainda enfrenta desafios, como limitações de interoperabilidade e ausência de objetos paramétricos padronizados para elementos específicos. No campo geotécnico, observa-se escassez de bibliotecas voltadas à representação de camadas de solo, sistemas de reforço e estruturas de contenção, restringindo a integração plena dessas disciplinas ao fluxo BIM.

Estudos recentes, contudo, demonstram seu potencial em estruturas geotécnicas. Lu e Liao (2018) aplicaram o BIM na modelagem e planejamento 4D de contenções em obra metroviária, enquanto Biancardo et al. (2020) evidenciaram a integração entre plataformas de infraestrutura linear para geração automática de geometrias compatíveis com traçado e topografia. Assim, embora conceitualmente consolidado, o BIM ainda demanda o desenvolvimento de bibliotecas e famílias paramétricas específicas para sistemas geotécnicos, lacuna que fundamenta a presente pesquisa.

2.2 Marco Regulatório e Maturidade Digital do BIM no Brasil

No contexto brasileiro, a consolidação da transformação digital na engenharia civil tem sido fortemente impulsionada por políticas públicas e instrumentos normativos voltados à institucionalização do BIM nas contratações públicas. Esse movimento representa uma estratégia de modernização administrativa e de aumento da eficiência na gestão de ativos de infraestrutura.

O marco inicial desse processo ocorreu com a publicação do Decreto nº 9.983/2019, que instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR), estabelecendo diretrizes para fomentar a adoção da metodologia no país. Posteriormente, o Decreto nº 10.306/2020 definiu a utilização gradual e obrigatória do BIM em obras e serviços de engenharia contratados pela administração pública federal, estruturando sua implementação em fases sucessivas até 2028 (BRASIL, 2020). O cronograma prevê a ampliação progressiva dos usos do BIM, incluindo modelagem tridimensional, compatibilização de projetos, extração de quantitativos e planejamento executivo.

No setor de infraestrutura de transportes, destacam-se regulamentações específicas que ampliam o escopo de aplicação do BIM. A Decisão nº 737/2025 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), por exemplo, tornou obrigatória a utilização da metodologia em projetos e obras vinculados a concessões rodoviárias federais, consolidando sua aplicação em empreendimentos lineares de grande porte. Essa medida sinaliza a maturidade regulatória do setor e reforça a necessidade de consolidação de práticas interoperáveis e padronizadas.

Apesar dos avanços regulatórios, estudos recentes indicam que a maturidade digital do BIM no Brasil ainda apresenta caráter heterogêneo. Dal'Bosco et al. (2024) apontam que apenas uma parcela reduzida das

administrações municipais encontra-se em estágio avançado de implementação, enquanto a maioria ainda se encontra em fases iniciais de adoção. De acordo com Nielsen et al. (2024), o país pode ser classificado predominantemente no nível colaborativo (nível 2) de maturidade BIM, caracterizado pela modelagem tridimensional integrada e pelo intercâmbio de informações entre disciplinas, porém ainda distante de um ambiente plenamente integrado e baseado em dados interoperáveis em tempo real (nível 3).

Portanto, o avanço regulatório brasileiro cria ambiente favorável à modernização dos processos de projeto e execução, mas sua efetividade está diretamente condicionada à capacidade técnica do setor em desenvolver ferramentas, objetos paramétricos e fluxos de trabalho compatíveis com as especificidades da infraestrutura nacional. Nesse contexto, a criação de família especializada e bibliotecas técnicas voltadas a sistemas de contenção representa não apenas uma contribuição tecnológica, mas também uma resposta às exigências institucionais impostas pelo atual estágio de maturidade digital do país.

2.3 Estruturas de Contenção em Solo Reforçado

As estruturas de contenção em solo reforçado constituem uma das soluções geotécnicas mais difundidas em obras de infraestrutura, sendo amplamente empregadas em rodovias, ferrovias, pontes, acessos industriais e áreas urbanas. Seu princípio fundamental baseia-se na interação mecânica entre o solo compactado e elementos de reforço inseridos em camadas horizontais, formando um maciço composto capaz de resistir a esforços de cisalhamento e tração de maneira mais eficiente que o solo não reforçado (CHENARI, 2023). A Figura 1, indica uma seção típica de contenção em solo reforçado com geossintéticos.

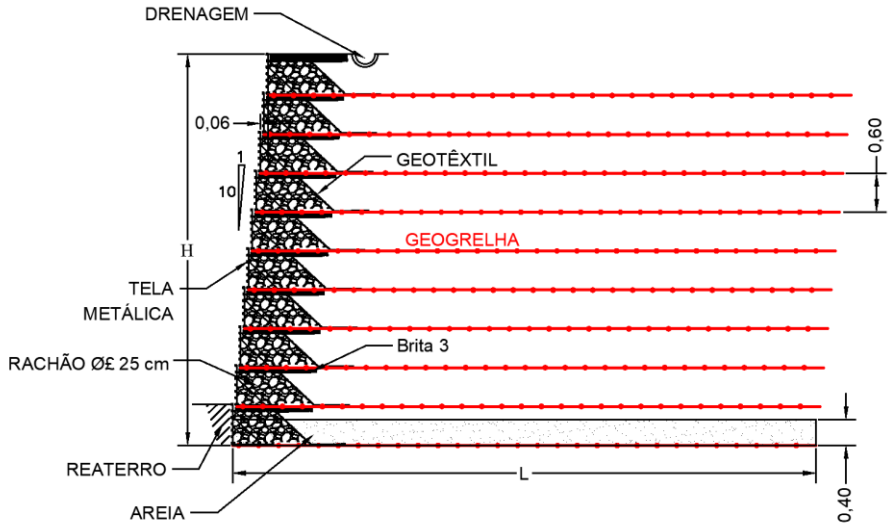


Figura 1. Seção Típica de Solo reforçado – Sistema Quadratum. Fonte: Elaborado pelo autor.

O comportamento estrutural dessas contenções está associado à mobilização de atrito e intertravamento entre o solo e os elementos de reforço, que podem ser metálicos ou geossintéticos — como geogrelhas e geotêxteis de alta resistência. Enquanto o solo apresenta desempenho satisfatório à compressão, sua resistência à tração é limitada; a introdução dos reforços promove redistribuição de tensões internas e controle de deformações, aumentando a estabilidade global do sistema (Ehrlich e Becker, 2009; Bathurst e Hatami, 2001).

Sob a perspectiva de projeto, as estruturas de solo reforçado exigem análises de estabilidade interna, externa e global, considerando parâmetros como comprimento de reforço, espaçamento vertical, resistência à tração, interação solo-reforço e condições de drenagem. Essas variáveis são fortemente dependentes da geometria da contenção, do perfil geotécnico e das cargas atuantes, o que torna o processo de dimensionamento intrinsecamente paramétrico.

Nesse contexto, observa-se uma lacuna entre a complexidade técnica dessas estruturas e as ferramentas digitais comumente empregadas em sua modelagem. A ausência de objetos paramétricos específicos para camadas de reforço, elementos de face e sistemas de drenagem dificulta a representação adequada dessas contenções em ambientes BIM, restringindo a automação de quantitativos e a interoperabilidade entre disciplinas.

3 METODOLOGIA

3.1 Sistema de Contenção Quadratum

Embora o Sistema Quadratum tenha sido utilizado como caso de aplicação neste estudo, os conceitos de parametrização desenvolvidos foram estruturados de forma a possibilitar sua adaptação a outras soluções de contenção em solo reforçado. Trata-se de um sistema modular amplamente empregado em obras de infraestrutura, constituído por módulos de face em telas eletrossoldadas galvanizadas. Esses módulos são associados a geogrelhas do tipo Fortrac T (PET) ou Fortrac MDT (PVA), responsáveis pela resistência à tração e pela estabilidade global da estrutura reforçada. A escolha do tipo de geogrelha é realizada em função das condições geotécnicas, dos níveis de carregamento e das exigências de projeto.

Os módulos metálicos apresentam dimensões padronizadas de 2,50 m de largura por 0,60 m de altura, possibilitando a execução da contenção em camadas sucessivas e favorecendo a modulação geométrica da estrutura. No contexto deste trabalho, o Sistema Quadratum foi selecionado em razão de sua padronização geométrica, repetitividade construtiva e clareza de parâmetros técnicos, características que favorecem sua representação por meio de famílias BIM paramétricas. A modularidade do sistema e a definição precisa de seus elementos constituintes permitem a incorporação de parâmetros geométricos, técnicos e informacionais diretamente no modelo digital, viabilizando a extração automática de quantitativos, a compatibilização interdisciplinar e o apoio ao planejamento construtivo.

3.2 Desenvolvimento das Famílias Paramétricas

O desenvolvimento das famílias BIM foi realizado no ambiente Autodesk Revit, adotando-se uma abordagem orientada a parâmetros, com o objetivo de criar objetos paramétricos capazes de representar de forma fiel e sistematizada os principais componentes do sistema de solo reforçado.

As famílias foram estruturadas para permitir adaptação automática às diferentes geometrias e condições de projeto, preservando a consistência técnica e informacional do modelo. Para isso, os parâmetros foram organizados em três grupos principais: geométricos, responsáveis pelo controle de dimensões como largura e comprimento dos módulos e comprimento das geogrelhas, possibilitando a adequação da estrutura às variações de altura, inclinação e configuração em planta; técnicos, que contemplam propriedades dos elementos de reforço, como material, resistência nominal à tração e identificação dos grupos de reforço, assegurando a representação das premissas adotadas no dimensionamento geotécnico; e informacionais, que incluem códigos de especificação, identificação de elementos, fases construtivas e dados destinados à extração automática de quantitativos, reforçando o modelo como base estruturada e integrada de informações. A estrutura de parametrização adotada foi concebida de forma genérica, permitindo que a lógica de modelagem desenvolvida neste trabalho seja utilizada como referência para a criação de famílias BIM aplicáveis a diferentes sistemas de contenção em solo reforçado, mediante a adaptação dos elementos de face e de seus respectivos parâmetros técnicos e informacionais.

Durante o desenvolvimento, adotou-se também uma estratégia de otimização computacional. A família foi configurada com dois níveis de representação: um modo simplificado, voltado à priorização do desempenho computacional e à leveza do modelo; e um modo detalhado (Figura 2a), que possibilita maior precisão geométrica, verificação de interferências e geração de vistas técnicas com elevado nível de detalhamento. A Figura 2b apresenta a estrutura executada em campo, permitindo a comparação entre o modelo digital e a solução construída. Observa-se que o nível detalhado do modelo reproduz com fidelidade os principais elementos geométricos e construtivos do sistema, evidenciando a compatibilidade entre o ambiente virtual e a aplicação real. Essa dualidade, aliada à validação visual com a obra executada, contribui para a escalabilidade do modelo e para sua aplicação em diferentes fases do ciclo de projeto. Dessa forma, a família desenvolvida constitui não apenas uma representação tridimensional do sistema de contenção, mas um conjunto estruturado de objetos informacionais, aptos a apoiar as etapas de concepção, detalhamento, compatibilização e planejamento construtivo. Embora aplicada neste estudo ao Sistema Quadratum®, a estrutura de parametrização proposta pode ser adaptada a outras tipologias de contenção em solo reforçado.

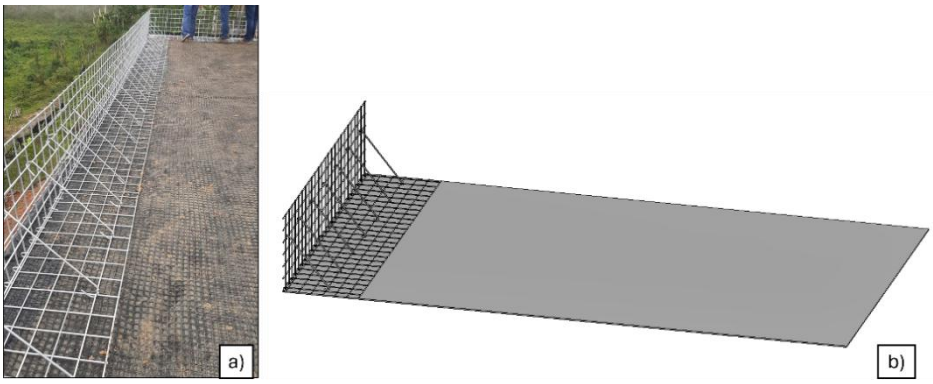


Figura 2 - Comparação entre modelo digital e real em obra do Sistema Quadratum: (a) Módulo na obra; (b) Módulo em modelo virtual. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Aplicação Prática

Após o desenvolvimento das famílias paramétricas, o sistema foi aplicado experimentalmente em projetos reais de médio e grande porte, em paralelo aos métodos tradicionais de modelagem em CAD. Essa aplicação teve como objetivo avaliar, de forma comparativa, o desempenho da metodologia BIM em relação ao processo convencional.

Nos projetos analisados, observou-se que a modelagem em BIM permitiu a definição completa das geometrias das contenções em tempo inferior ao método tradicional, com geração simultânea de quantitativos e folhas de projeto. No fluxo convencional em CAD, essas etapas foram realizadas de forma sequencial e manual, demandando maior tempo de desenvolvimento e maior suscetibilidade a inconsistências.

Em um projeto piloto específico, foi modelada uma contenção não linear com múltiplos pontos de mudança de direção e rampa de acesso a jusante também em solo reforçado, como mostrado na isométrica na Figura 3. A modelagem possibilitou a identificação prévia de interferências com dispositivos de drenagem e obras correntes, que, em um processo convencional, tenderiam a ser detectadas apenas em fases posteriores de detalhamento ou execução, potencialmente gerando retrabalho e custos adicionais.

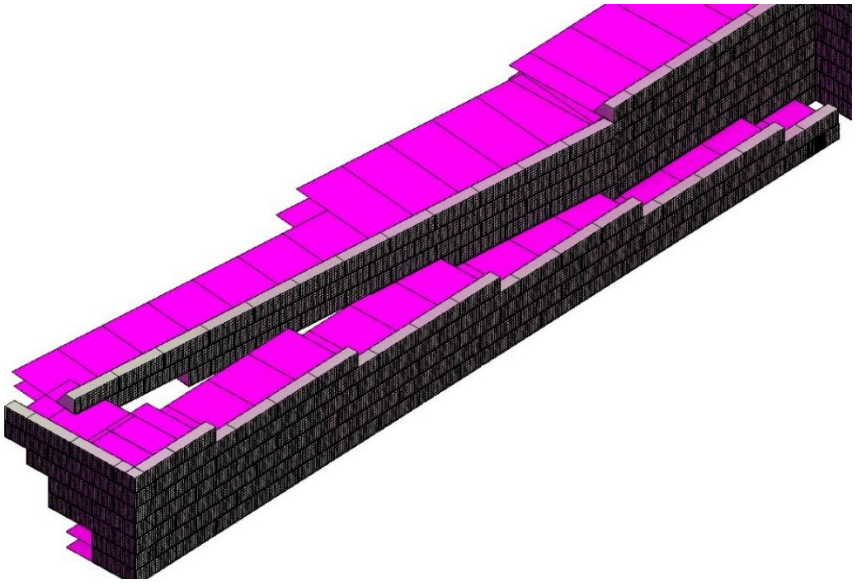


Figura 3. Contenção do projeto. Fonte: Elaborado pelo autor.

A utilização do modelo em um ambiente comum de dados permitiu ainda a extração automática de seções, vistas de face e perspectivas isométricas, com elevado nível de detalhamento técnico. As tabelas de quantitativos permaneceram vinculadas ao modelo, sendo atualizadas automaticamente a cada revisão de projeto. Além disso, a integração com rotinas de automação por meio do Dynamo possibilitou a implementação de processos automatizados de verificação e organização de dados.

Outro aspecto relevante foi a diferenciação visual dos grupos de geogrelhas por meio de cores associadas às respectivas resistências, facilitando a análise técnica do conjunto e permitindo rápida identificação de eventuais alterações de especificação.

De modo geral, a aplicação prática evidenciou ganhos em produtividade, organização da informação e capacidade de compatibilização interdisciplinar, indicando que a modelagem paramétrica do sistema de solo reforçado constitui ferramenta eficaz para apoio ao desenvolvimento de projetos de contenção em infraestrutura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho e Benefícios das Famílias BIM

A aplicação da família BIM paramétrica desenvolvida para o sistema de contenção em solo reforçado Quadratum demonstrou ganhos mensuráveis em produtividade, controle geométrico e integração interdisciplinar, quando comparada ao fluxo tradicional baseado em CAD bidimensional.

A principal diferença identificada reside na capacidade de atualização dinâmica do modelo. No ambiente paramétrico, alterações no comprimento dos reforços, resistência das geogrelhas ou geometria da face resultaram em atualização automática da geometria, quantidade globais de materiais e da área de face da contenção.

Além disso, diferentemente da modelagem de corredores em softwares como o Autodesk Civil 3D, que permite alterações geométricas dinâmicas do eixo e das seções típicas, a família paramétrica desenvolvida possibilitou a modelagem individualizada de cada camada de reforço, atingindo maior nível de detalhamento (LOD) e representação fiel do sistema construtivo.

Outro resultado relevante foi a antecipação de conflitos geométricos. Durante a modelagem, foram identificadas interferências potenciais entre o muro de solo reforçado e dispositivos de drenagem longitudinal e transversal. Essas incompatibilidades puderam ser resolvidas ainda na fase de projeto, reduzindo a probabilidade de retrabalho em campo.

4.2 Precisão Orçamentária e Avanços na Geração de Relatórios (BIM 5D)

A estruturação informacional da família paramétrica desenvolvida possibilitou a integração entre a modelagem tridimensional e a quantificação de insumos, caracterizando aplicação prática da dimensão BIM 5D. Diferentemente do fluxo tradicional, no qual a orçamentação é realizada a partir de desenhos bidimensionais e planilhas externas, frequentemente com base em aproximações geométricas médias, o modelo paramétrico permitiu a extração direta e automatizada dos quantitativos a partir da geometria efetivamente modelada.

A vinculação direta entre geometria e banco de dados promoveu atualização automática dos relatórios sempre que ocorreram alterações no dimensionamento geotécnico ou na configuração geométrica da contenção. Dessa forma, modificações no comprimento dos reforços ou na área de face resultaram em ajuste instantâneo das tabelas de quantitativos, eliminando a necessidade de revisões manuais e reduzindo o risco de inconsistências entre desenho e orçamento. A previsão orçamentária, nesse contexto, deixou de ser uma etapa posterior e independente do desenvolvimento gráfico, passando a integrar o próprio processo de modelagem.

Assim, a adoção da modelagem paramétrica associada à extração automatizada de dados demonstrou potencial para elevar o nível de precisão orçamentária e reduzir incertezas inerentes aos métodos tradicionais.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstrou que a aplicação da metodologia BIM ao projeto de estruturas de contenção em solo reforçado com face em tela metálica constitui alternativa tecnicamente viável e mais eficiente que o fluxo tradicional baseado em CAD bidimensional. O desenvolvimento da família paramétrica aplicada ao Sistema Quadratum evidenciou o potencial da modelagem orientada a parâmetros para suprir a carência de bibliotecas geotécnicas específicas, proporcionando maior controle geométrico, confiabilidade das informações e agilidade nas revisões de projeto.

Os resultados indicaram ganhos em produtividade, redução de inconsistências entre desenho e quantitativos e melhoria na coordenação entre disciplinas, uma vez que a visualização tridimensional associada a metadados técnicos permitiu antecipar interferências e otimizar decisões nas fases iniciais. Sob a perspectiva do BIM 5D, a estruturação informacional da família viabilizou a extração automatizada de quantitativos e a integração entre geometria e orçamento, ampliando a rastreabilidade e o controle de custos. Assim, conclui-se que o desenvolvimento de famílias BIM específicas para sistemas de contenção representa avanço relevante na digitalização da engenharia geotécnica, ao consolidar modelagem, dados técnicos e informações orçamentárias em ambiente único e estruturado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDILA, L.; MENDIZ, A.; PORTELINHA, F.; ESQUIVEL, E. Muros de suelo mecánicamente estabilizado con geosintéticos: modelado numérico y casos de obra en Argentina. In: CONGRESO ARGENTINO DE MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA GEOTÉCNICA, 26., 2023, Comodoro Rivadavia, Argentina.

BATHURST, R. J.; HATAMI, K. Review of numerical modeling of geosynthetic reinforced soil walls. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER METHODS AND ADVANCES IN GEOMECHANICS, 10., 2001. Proceedings… [S.l.: s.n.], 2001. p. 1223-1232.

BIANCARDO, Salvatore Antonio et al. BIM-based design for road infrastructure: a critical focus on modeling guardrails and retaining walls. Infrastructures, v. 5, n. 7, p. 59, 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. Decisão SUROD nº 737, de 8 de julho de 2025. Aprova o BIM Mandate e orienta a elaboração do Plano de Desenvolvimento BIM no âmbito dos projetos, obras e serviços de engenharia dos contratos de concessão de rodovias federais. Diário Oficial da União: seção 1, 10 jul. 2025.

Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estratégia BIM BR. Diário Oficial da União: seção 1, p. 5, 03 abr. 2020. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2020/decreto-10306-2-abril-2020-789938-publicacaooriginal-160263-pe.html. Acesso em: 01 de março de 2026.

CHENARI, Reza Jamshidi et al. Numerical investigation of reinforced soil segmental walls using two-dimensional finite element analysis in RS2. In: ROCSCIENCE INTERNATIONAL CONFERENCE (RIC), 2023, Toronto. Proceedings [...]. Toronto: Rocscience, 2023. p. 362-372.

CORRÊA, Stefania Limp Muniz et al. BIM para infraestrutura de transportes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019. Anais [...]. [S.l.]: ANTAC, 2019. p. 1-8.

DAL'BOSCO, Talita; LIMA, Rui M.; AZENHA, Miguel. Maturidade BIM nas prefeituras do Brasil: uma análise do cenário atual do BIM no setor público municipal. In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE BUILDING INFORMATION MODELLING, 2024. Anais [...]. [S.l.], 2024. p. 321-331.

EASTMAN, Charles M. Building product models: computer environments supporting design and construction. Boca Raton: CRC Press, 2018.

EHRLICH, Maurício; BECKER, Leonardo. Muros e taludes de solo reforçado: projeto e execução. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 16739-1:2018. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema. Geneva: ISO, 2018.

LU, Jin; LIAO, Xiaofan. 3D model of a retaining structure and a construction schedule based on BIM. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY, ENVIRONMENT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT (ICEESD), 7., 2018. Proceedings [...]. Paris: Atlantis Press, 2018. p. 464-467.

NIELSEN, Otto Araujo et al. Panorama do BIM aplicado à infraestrutura de transporte com ênfase rodoviária. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024. Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1-13.