

MODELAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA ESTRUTURA GEOLÓGICA – GEO5 E REVIT – INTEROPERABILIDADE

Isabel Lopes ⁽¹⁾, **Luis Ribeirinho** ⁽¹⁾

(1) TPF – CONSULTORES DE ENGENHARIA E ARQUITETURA, S.A., Lisboa

Resumo

O trabalho de interpretação geológica e geotécnica é realizado numa fase inicial dos projetos em que os dados são interpretados e os cortes de trabalho produzidos. Mesmo com uma boa preparação do trabalho é frequente que, por necessidade do projeto e/ou da obra, seja necessário realizar cortes adicionais, o que implica, trabalhando em 2D, um período de espera para se produzir um novo corte geológico compatível com a estrutura 3D. Este é um dos aspetos que facilmente é ultrapassado quando definimos previamente a modelação tridimensional da geologia.

Em projetos complexos recorre-se a programas sofisticados de modelação geológica tridimensional, cujo investimento dificilmente é passível de ser justificado na rotina de projeto habitual. No entanto, dados os benefícios que a modelação tridimensional da geologia tem, particularmente na compatibilização com a modelação do projeto de estruturas geotécnicas e fundações, terá de haver uma mudança de paradigma.

Neste trabalho apresentamos um procedimento que permite importar no Revit a modelação geológica tridimensional. A modelação foi feita com um programa de modelação geológica mais simplificado, mas que permite exportar em IFC e landXML, o GEO5. Os ensaios foram exportados em IFC e importados diretamente no Revit, enquanto que os limites geológicos foram exportados em landXML e importados no Civil 3D, onde se geraram os volumes que foram posteriormente exportados em DWG para serem importados no Revit. Serão identificados os principais passos seguidos e as dificuldades sentidas na interoperabilidade entre os diferentes softwares.

1. Introdução

Em projeto geotécnico, de forma simplificada, pode dizer-se que os trabalhos de geologia e geotecnia têm como objetivo recolher informação sobre as características do maciço subterrâneo (solos e/ou rochas), conceptualizar o modelo geológico e efetuar a respetiva parametrização geotécnica, de forma a propor as soluções mais ajustadas para a infraestrutura a ser projetada.

A modelação geológica e geotécnica consiste em expor as observações efetuadas e produzir uma interpretação efetuada com base nessas observações. A estrutura geológica é um elemento tridimensional. Em rotina habitual de projeto é apenas visualizada em desenhos de cortes efetuados bidimensionalmente, apesar de o geólogo compatibilizar os diversos cortes na sua interpretação da estrutura, que é obrigatoriamente 3D.

Normalmente o trabalho de interpretação geológica é realizado numa fase inicial dos projetos em que os dados de ordem geológica e geotécnica (observações) são interpretados e os cortes de trabalho produzidos. Mesmo com uma boa preparação do trabalho é, apesar de tudo, frequente que durante o desenvolvimento de um projeto seja necessário realizar cortes adicionais, por necessidade do projeto e/ou da obra. Para além disso, quando se lida com o espaço subterrâneo, por muita informação (observações) que se consiga recolher sobre as características dos materiais existentes, há sempre um grau de incerteza ligado à criação de modelos geológicos e geotécnicos. Essa incerteza é reduzida quando se aumenta a quantidade de observações, mas nunca é nula.

Em projetos mais complexos acontece recorrer-se a programas sofisticados de modelação geológica tridimensional, mas a maior parte desses programas têm um custo muito elevado e o investimento dificilmente é passível de ser justificado na rotina de projeto habitual. No entanto, dados os benefícios que a modelação da interpretação da geologia tridimensional tem, na compatibilização com a modelação do projeto de estruturas geotécnicas e fundações, terá de haver uma mudança de paradigma. Para além disso, julga-se que, simplificando o processo de geração de modelos tridimensionais, poderão criar-se de forma expedita diversos cenários geológico-geotécnicos incorporando as possíveis interpretações, podendo desta forma, representar a incerteza. Assim, na sua posterior integração em BIM será possível o dimensionamento e a construção das estruturas considerando essas incertezas.

Neste trabalho apresentamos um procedimento que permite importar no Revit a modelação geológica tridimensional. O modelo geológico foi efetuado com recurso a um programa de modelação geológica mais simplificado, mas que permite exportar em IFC e landXML, o GEO5 (módulo Estratigrafia).

Neste trabalho são identificados os principais passos seguidos e as dificuldades sentidas na interoperabilidade entre os diferentes softwares.

2. Modelação em GEO5

Para a modelação geológica tridimensional recorreu-se ao módulo Estratigrafia do programa GEO5 Geotechnical Software (Fine). Este programa permite criar um modelo tridimensional geológico, que pode, ou não, conter informação geotécnica, recorrendo à introdução de ensaios de campo. Os ensaios de campo que se podem introduzir neste programa correspondem a elementos pontuais, com desenvolvimento em profundidade, contendo diferentes tipos de informação de carácter geológico e/ou geotécnico.

O programa permite introduzir sondagens e poços, que são informação essencialmente de carácter geológico, e alguns ensaios geotécnicos, nomeadamente ensaios SPT (Ensaio de penetração dinâmica normalizado), CPTu (Ensaio de piezocone com medição da pressão de água nos poros), DPT (Ensaio de penetração dinâmica, ligeiros e pesados, DPL, DPM, DPH e DPSH), DMT (ensaio dilatométrico) e PMT (ensaio pressiométrico). Alguns destes ensaios têm de ser realizados ao longo de furos de sondagem, como por exemplo o ensaio SPT, outros são

efetuados por auto-cravação no terreno, como os ensaios DPT, CPT e DMT. Este programa não permite a introdução de ensaios sísmicos, quer com informação de tipo pontual ou bidimensional, nem qualquer outro tipo de ensaio geofísico.

É criada uma base de dados contendo os dados em bruto dos ensaios de campo, georreferenciados com X, Y e Z. A introdução de Z está referenciada à superfície do terreno atual, mas caso existam dados referentes a campanhas geológicas e geotécnicas efetuadas em anos diferentes, e tenham existido movimentos de terras entre as diferentes campanhas (variação da superfície do terreno), o programa permite introduzir a distância entre a posição em que foi realizado o ensaio de campo e o Z da superfície de terreno atual.

No exemplo apresentado na Figura 1, os ensaios de campo utilizados foram sondagens, ensaios CPTu e ensaios DPSH. Esta figura representa a distribuição em área dos elementos pontuais e respetiva representação dos ensaios em bruto.

Para cada ensaio de campo tem que ser introduzida a interpretação geológica através da criação de um perfil de solo, em que se faz corresponder as camadas geológicas, ou um intervalo de resultados obtidos nos ensaios geotécnicos (Figura 2) à unidade geológica (ou geotécnica) que se quer definir. São essas interfaces entre unidades, definidas para os perfis de solo, que são a base da modelação tridimensional (Figura 3).

Para a modelação das interfaces o programa necessita ainda que todos os perfis de solo sejam relacionados com uma sondagem de referência, essa sondagem deve conter todas as interfaces entre camadas que sejam reconhecidas para a área de estudo (Figura 4).

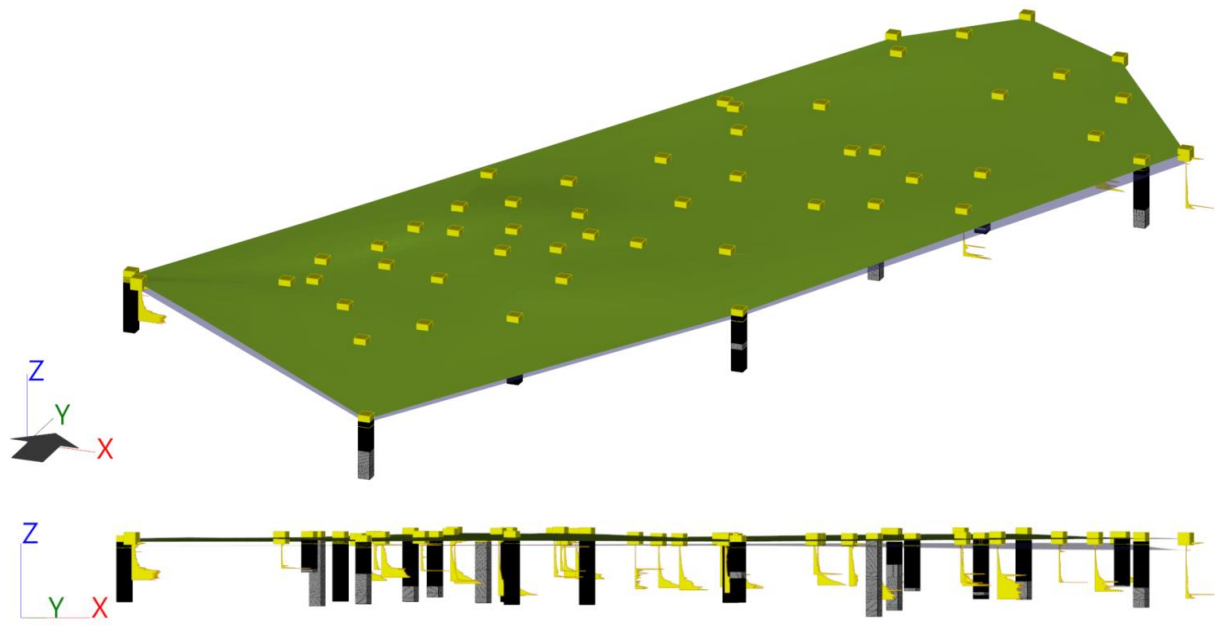


Figura 1: Dados em bruto introduzidos no módulo Estratigrafia (GEO5) e sua distribuição geográfica.

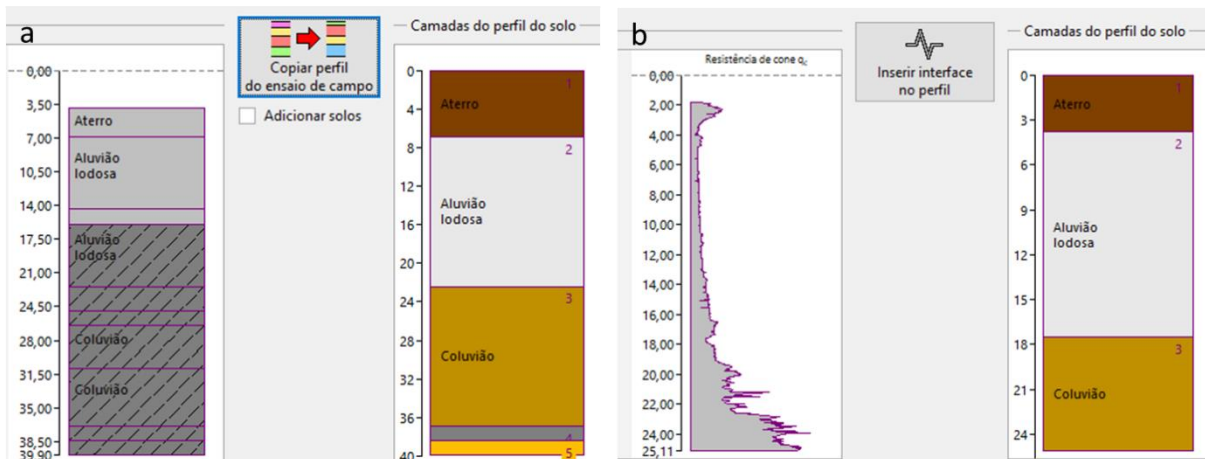


Figura 2: Definição dos perfis do solo no módulo Estratigrafia (GEO5): **a.** de uma sondagem; **b.** de um ensaio CPT.

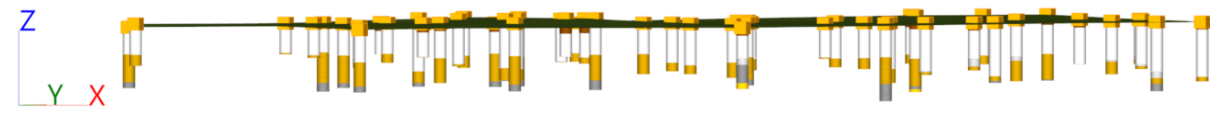


Figura 3: Perfis de solo interpretados de todos os ensaios de campo e respetiva distribuição geográfica.

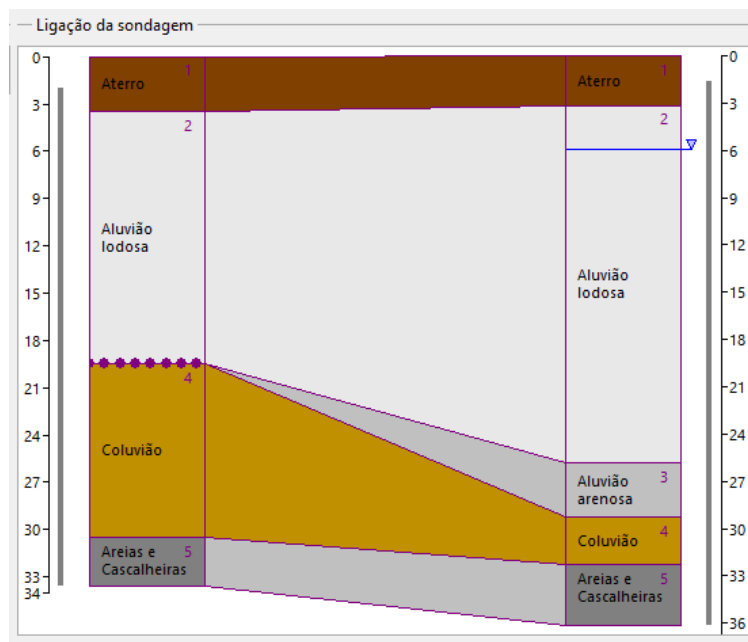


Figura 4: Estabelecimento das interfaces no perfil de solo relativamente à sondagem de referência do modelo.

A geração do modelo é posteriormente feita por ligação entre as interfaces definidas para as camadas, de uma forma geral, ligando essas interfaces entre os diversos pontos onde foram

identificadas, e escolhendo, ou não, a suavização da interface (Figura 5). No entanto, o programa não é restritivo à criação de interfaces exclusivamente através dos perfis de solo e permite adicionar a interpretação do geólogo através da identificação e localização das interfaces em algumas áreas ou pontos.

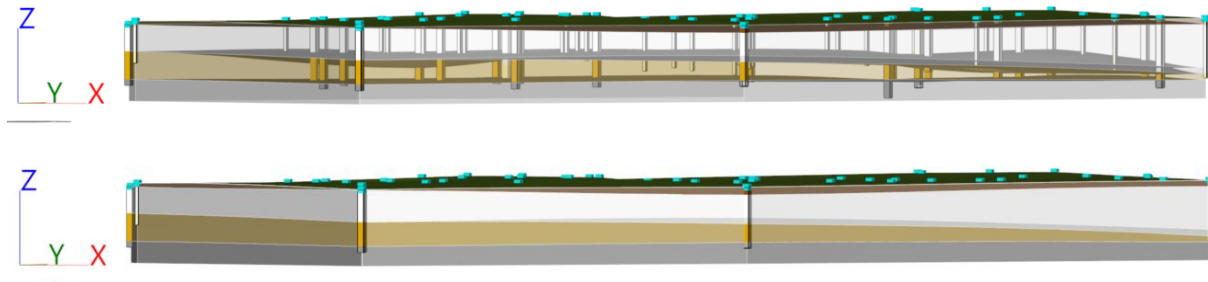


Figura 5: Modelo tridimensional da geologia, interfaces e bloco diagrama.

Após geração do modelo este pode ser exportado em IFC e em landXML, permitindo posteriormente a sua utilização nos ambientes de trabalho do projeto geotécnico.

3. Fluxo de trabalho para os ensaios

A informação relativa aos ensaios, nomeadamente DPSH, CPTu e Sondagens foi inicialmente exportada do GEO5 em IFC e importada diretamente no Revit. Apesar de graficamente os ensaios terem um aspeto aceitável, topologicamente não eram utilizáveis. Todos os elementos estavam classificados como *generic models* e todos tinham um conjunto muito alargado de parâmetros, criados automaticamente pelo GEO5. Foram criados parâmetros específicos para cada elemento, em que o nome do elemento fazia parte do nome do parâmetro, o que só por si já seria desaconselhável, e, para além disso, eram parâmetros de projeto, ou seja, aparecem em todos os elementos da classe a que foram atribuídos. Na prática, o número de parâmetros de cada elemento era seis vezes o número total de elementos. Uma vez que no caso em análise existiam 53 elementos, cada *generic model* tinha 318 parâmetros:

- Tipo de ensaio: (Parâmetros do ensaio: XXX)
- Coordenada: x (Parâmetros do ensaio: XXX)
- Coordenada: y (Parâmetros do ensaio: XXX)
- Coordenada: z (Parâmetros do ensaio: XXX)
- Prof. do 1º pto. a partir da sup. de terreno original: d1 (Parâmetros do ensaio: XXX)
- Ensaio de campo gera perfil do solo: (Parâmetros do ensaio: XXX)

Alternativamente, foi criada uma família com três tipos, um para cada tipo de ensaio (ver Figura 6). Nessa família foram criados 7 parâmetros:

- *Element ID*
- *Element Type*

- *Coordinate X*
- *Coordinate Y*
- *Coordinate Z*
- *Depth*
- *First Point Depth*

Note-se que ao introduzir o parâmetro *Element ID*, utilizado para identificar o ensaio, reduzimos o número de parâmetros de 318 para 7, sendo um desses parâmetros a profundidade, *Depth*, que não estava disponível no IFC e era necessária para a representação gráfica. Aos novos parâmetros criados atribuíram-se tipos de parâmetros (*text*, *length*, *number*, etc.) correspondentes ao tipo de informação que transportam. Os parâmetros do IFC eram todos do tipo *text*. O desenvolvimento interno da família permitiu customizar a aparência dos ensaios à imagem da TPF Consultores. Todas as famílias desenvolvidas internamente têm o nome e os parâmetros em Inglês. O preenchimento dos parâmetros na nova família foi feito com recurso a uma rotina de Dynamo que extrai a informação do IFC. A profundidade foi preenchida a partir de um ficheiro de Excel.

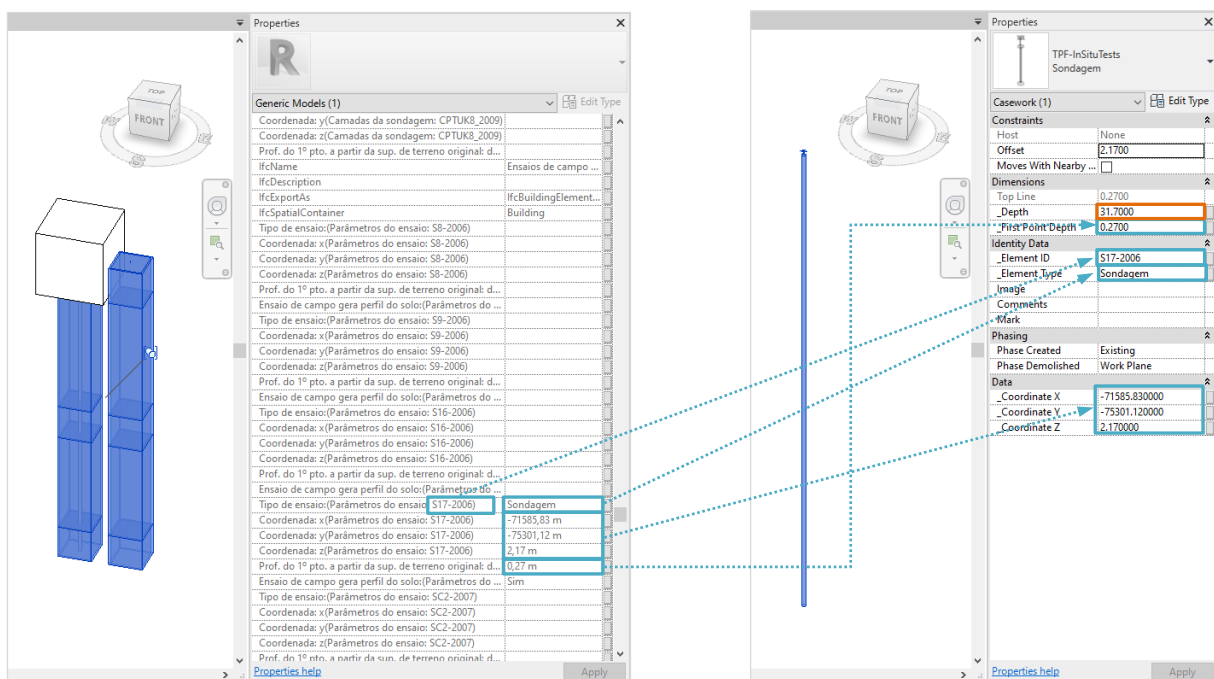


Figura 6: Sondagem do IFC à esquerda e sondagem da TPF à direita no modelo de Revit.

Estas alterações extravasam o ambiente Revit, uma vez que podem ser transportadas para o formato IFC. No que diz respeito aos ensaios, o IFC gerado a partir do Revit ficou melhor estruturado do que o produzido originalmente pelo GEO5, permitindo até gerar tabelas com a informação associada a cada ensaio, como se pode constatar na Figura 7. Esta informação mantém os tipos de dados criados no Revit, como é o caso do parâmetro *First Point Depth* que está definido como comprimento, ao contrário do que acontecia com os parâmetros do IFC exportado do GEO5 (que eram do tipo *text*).

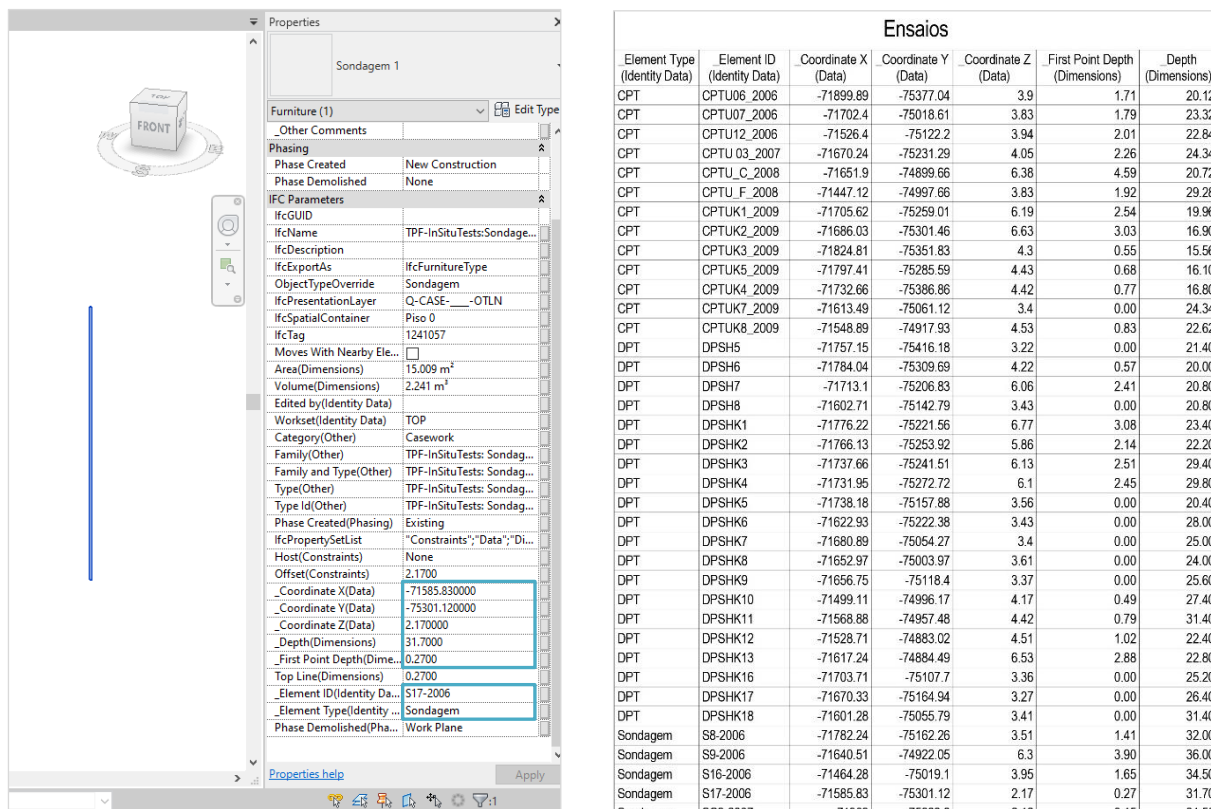


Figura 7: Imagens do IFC exportado do Revit – à esquerda um ensaio e respetivas propriedades, à direita tabela com todos os ensaios.

4. Fluxo de trabalho para os limites geológicos

Por uma questão gráfica, de representação, era importante que o espaço entre os limites geológicos estivesse preenchido, para que se pudessem associar as cores correspondentes à geologia de cada camada. Para que isso fosse possível, os limites geológicos gerados pelo GEO5 foram exportados em landXML e importados no Civil 3D.

Uma das primeiras dificuldades esteve relacionada com um problema de exportação do GEO5 para landXML que inverte a posição das coordenadas. A solução encontrada para resolver o problema temporariamente, enquanto não é publicada uma versão do *software* com esta questão corrigida, foi extrair as coordenadas dos pontos que constituem as superfícies e gerar novos pontos com as coordenadas corretas, a partir dos quais se geraram novas superfícies.

O Civil 3D tem uma ferramenta que permite gerar sólidos entre duas superfícies. Esses sólidos foram exportados em dwg e inseridos no Revit como links em famílias do tipo *model in-place* (ver Figura 7). Houve novamente dificuldades relacionadas com a georreferenciação. Neste caso o problema está na forma como o Revit lida com as coordenadas dentro das famílias. No caso específico das famílias *model in-place*, a origem é o *project base point* (PBP), que neste projeto, como em quase todos os projetos georreferenciados, não coincide com a origem do sistema de coordenadas utilizado. Houve então necessidade de gravar ficheiros locais, isto é, de

fazer uma translação dos sólidos das coordenadas do PBP para a origem do sistema de coordenadas.

Era imperativo que os sólidos estivessem dentro de famílias, particularmente para se poderem cortar. Recorde-se que este era um dos principais objetivos do modelo geológico: permitir a extração de cortes em qualquer sítio do modelo (Figura 8), sem necessidade de interpretação da equipa de geologia. Para além disso, o controlo da visualização é mais simples estando os sólidos dentro de famílias.

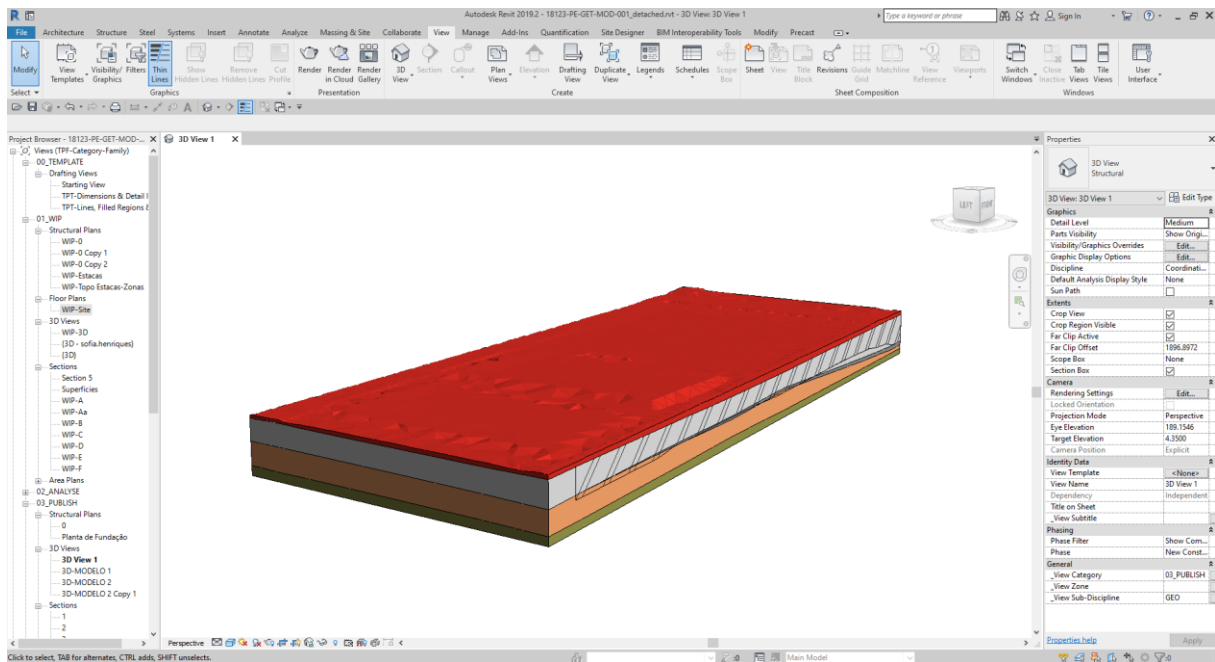


Figura 7: Estrutura geológica no modelo de Revit.

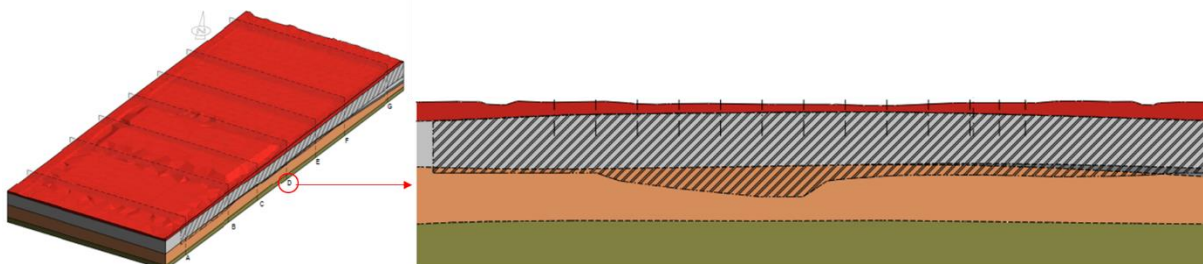


Figura 8: Corte geológico-geotécnico obtido do modelo de Revit.

5. Conclusões

O módulo Estratigrafia do GEO5 provou ser uma boa ferramenta para a modelação geológica tridimensional, uma vez que a sua interface é relativamente simples e intuitiva, com fácil introdução dos ensaios de campo e, na modelação, permite adicionar a interpretação do geólogo. O programa permite exportar em formatos que poderiam ser importados diretamente no Revit. No entanto, a forma como os ficheiros são estruturados pelo GEO5 requer processamento,

tornando todo o processo menos expedito. Apesar da facilidade de criar diversos modelos no GEO5 com os mesmos dados em bruto e dos procedimentos internos desenvolvidos para otimizar o processamento adicional necessário para a utilização no Revit, o facto de ser imprescindível esse processamento, dificulta a criação de vários cenários geológico-geotécnicos nos prazos normalmente atribuídos à realização dos projetos. Contudo, a possibilidade de exportação para landXML e IFC só ficou disponível na versão GEO5 2019, podendo ainda ser alvo de melhoria nas próximas versões do programa.

O trabalho desenvolvido para a integração do modelo geológico-geotécnico em Revit provou ser uma mais-valia na realização do projeto geotécnico, permitindo criar rotinas que relacionam os elementos geotécnicos com a geologia.