

Criação e modificação de um modelo geológico

Programa: Estratigrafia

Arquivo: Demo_manual_39.gsg

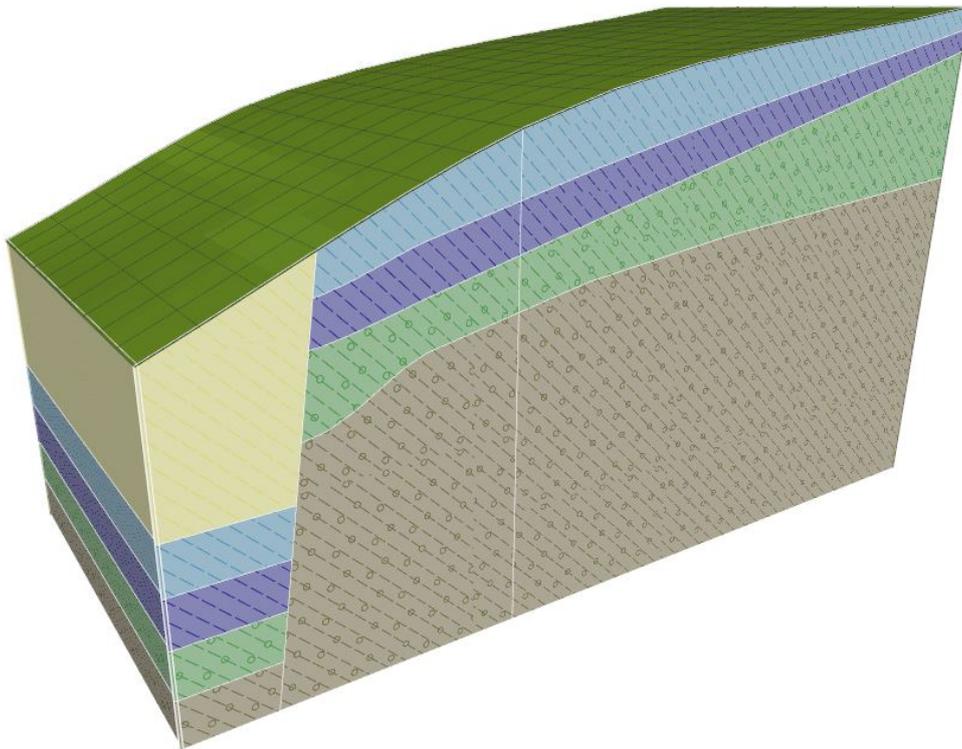
Introdução

O objetivo deste Manual de Engenharia é explicar as funcionalidades básicas do programa “Estratigrafia”. O princípio de modelação consiste na criação de um modelo geológico baseado em todos os dados recolhidos a partir de uma investigação geotécnica.

Em condições geológicas mais simples, o modelo costuma ser criado automaticamente a partir de todas as sondagens e ensaios de campo realizados no respetivo local de construção.

Em condições geológicas mais complexas, pode ser necessário gerar o modelo de forma a adaptá-lo ao seu estado real, ou à ideia do geólogo. Isto pode ser conseguido através de modificações às camadas do solo (expansão, junção, divisão) ou através da criação de diversas anomalias geológicas (lentes de solo, falhas geológicas, etc.). Este manual foca-se nestas modificações.

A modelação do exemplo utilizado neste manual dura menos do que uma hora. A imagem abaixo mostra o modelo resultante.



Modelo geológico final

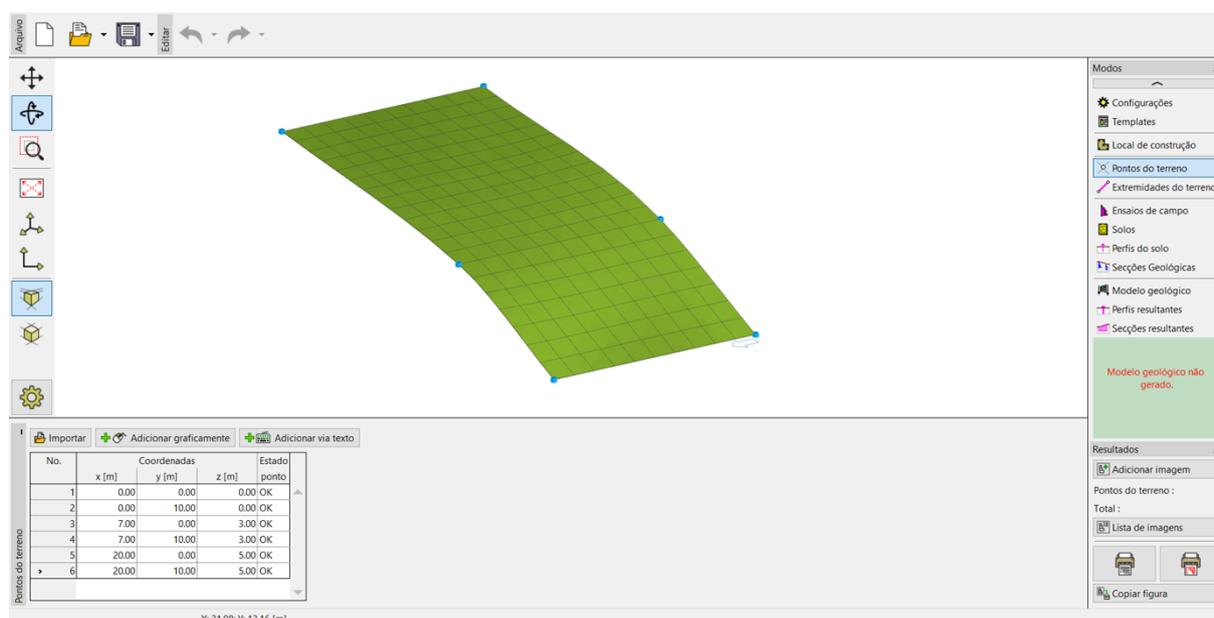
O processo é descrito passo-a-passo. Para uma boa compreensão do processo de modelação, recomendamos que crie o seu próprio exemplo, de forma independente. Para verificar o modelo criado, pode utilizar o exemplo disponível *demo_manual_39.gsg*, que faz parte da pasta de instalação do programa “Estratigrafia”.

Criação do Modelo do Terreno

A criação de um modelo digital da superfície do terreno é o primeiro passo para a maioria das tarefas deste tipo. O modelo digital do terreno é criado com as dimensões do local de construção a partir dos pontos do terreno introduzidos.

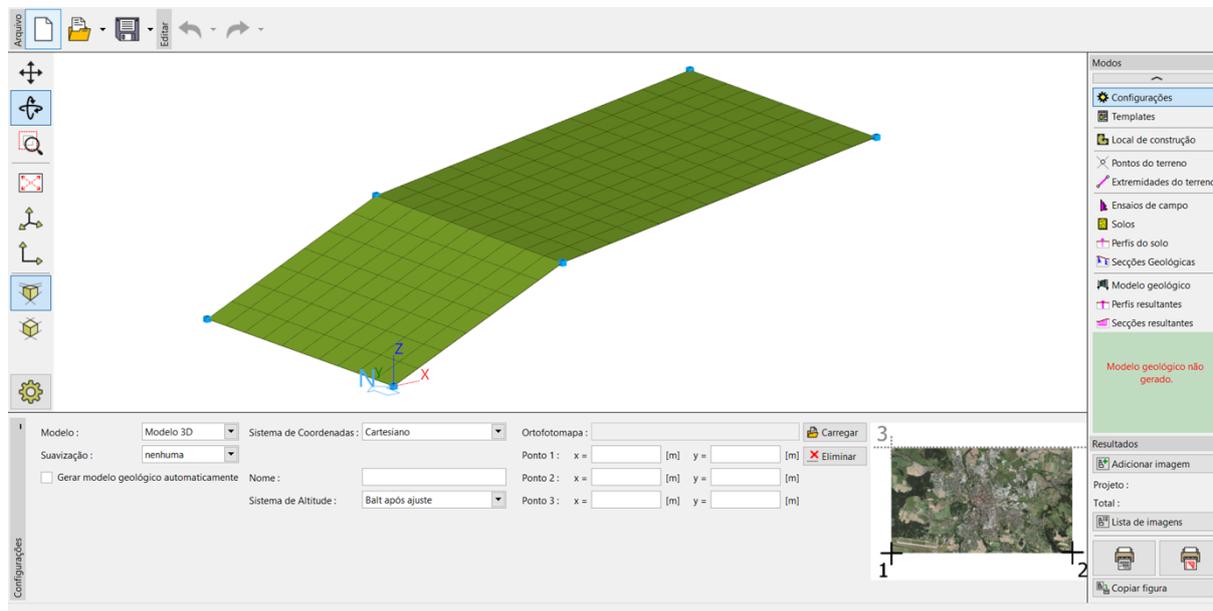
Os pontos do terreno podem ser introduzidos ou importados. O terreno é gerado automaticamente após cada alteração realizada nos pontos introduzidos. A forma do terreno também é influenciada pelos ensaios de campo que tenham a coordenada z definida.

Neste exemplo, o talude é modelado a partir de seis pontos. As coordenadas são as seguintes: [0; 0; 0], [0; 10; 0], [7; 0; 3], [7; 10; 3], [20; 0; 5], [20; 10; 5].



Terreno com suavização intermédia

A forma do modelo pode ser muito influenciada pela suavização das superfícies entre triângulos. A suavização é introduzida na janela “Configurações”. O modelo acima apresenta uma suavização “intermédia”. Se a suavização for definida como “nenhuma” o modelo apresenta o aspeto seguinte:



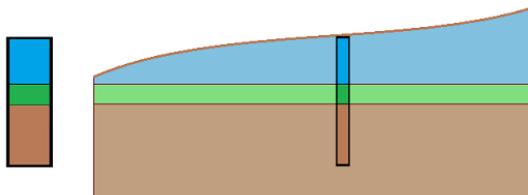
Terreno sem suavização

Na janela “Configurações”, definiu-se o sistema de coordenadas como “Cartesiano”.

Nota: Quanto maior for a suavização, mais realistas serão os modelos, mas o processo de gerar estes pode ser mais demorado caso o número de camadas seja elevado. Em alguns casos, recomendamos que o modelo seja criado sem suavização e apenas ativar esta funcionalidade quando desejar criar a documentação final ou os perfis geológicos finais.

Modelo Geológico com Camadas Horizontais

Vamos criar um modelo geológico com camadas horizontais de acordo com a imagem seguinte:



Primeiro, introduzimos um ensaio de campo (tipo sondagem), na janela “Ensaios de Campo” – a imagem seguinte mostra as coordenadas do ensaio de campo e os parâmetros das camadas do solo:

Novo ensaio de campo (Sondagem)

Parâmetros do ensaio

Nome do ensaio: BH1

Coordenada: x = 5.00 [m] y = 5.00 [m]

Altura: automaticamente no terreno z = 2.14 [m]

Prof. do 1º pto. a partir da sup. de terreno original: d₁ = 0.00 [m]

Prof. total: dtot = 6.00 [m]

Ensaio de campo gera perfil do solo

Camadas Amostras Tabela NF

Camada Número	Espessura t [m]	Altura d [m]	Nome do solo
1	2.00	0.00 .. 2.00	Azul
2	1.00	2.00 .. 3.00	Verde
3	3.00	3.00 .. 6.00	Castanho

+ Adicionar (no final)

Dados do registo

Perfil do solo

Imprimir registo Importar + Adicionar + Fechar + Adicionar X Cancelar

Introduzir sondagem

Na janela seguinte, definimos os solos. A forma mais simples é obter todos os solos a partir da sondagem através do botão “Adotar a partir dos ensaios de campo”. Será criada uma lista de solos com base nos solos definidos nos ensaios de campo introduzidos.

Adotar a partir dos ensaios de campo + Adicionar Editar No. 1 Remove No. 1

No.	Nome do solo
1	Azul
2	Verde
3	Castanho

Azul

Peso volúmico: $\gamma = \text{kN/m}^3$

Estado de tensão: efetivo

Ângulo de atrito interno: $\varphi_{ef} = ^\circ$

Coesão do solo: $c_{ef} = \text{kPa}$

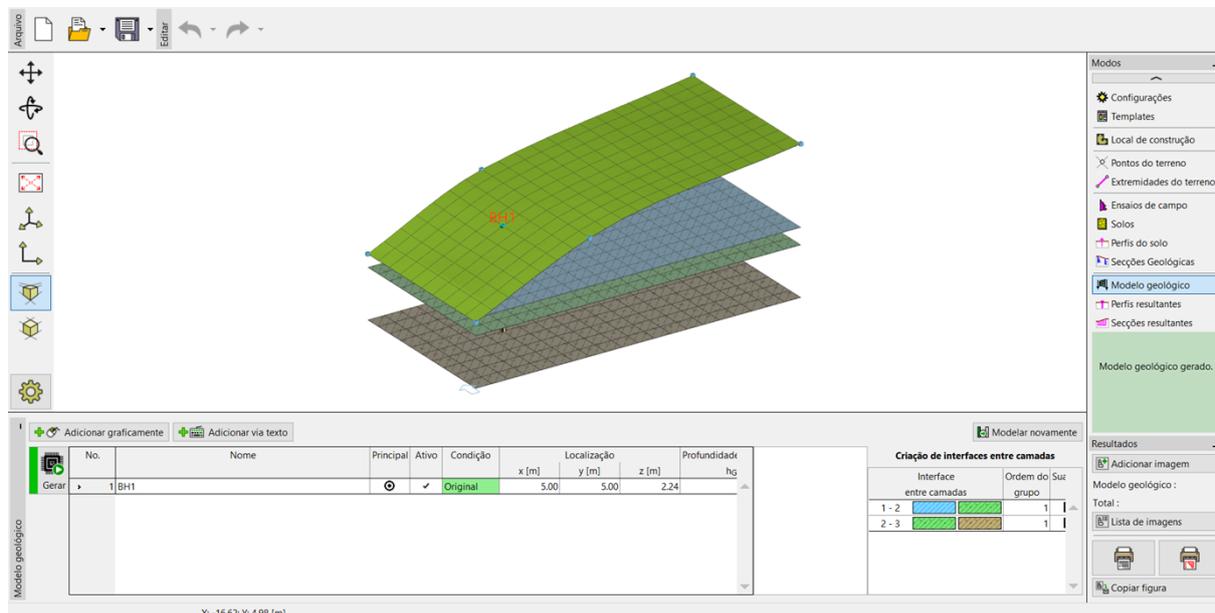
Coefficiente de Poisson: $\nu =$

Módulo de deformação: $E_{def} = \text{MPa}$

Peso volúmico saturado: $\gamma_{sat} = \text{kN/m}^3$

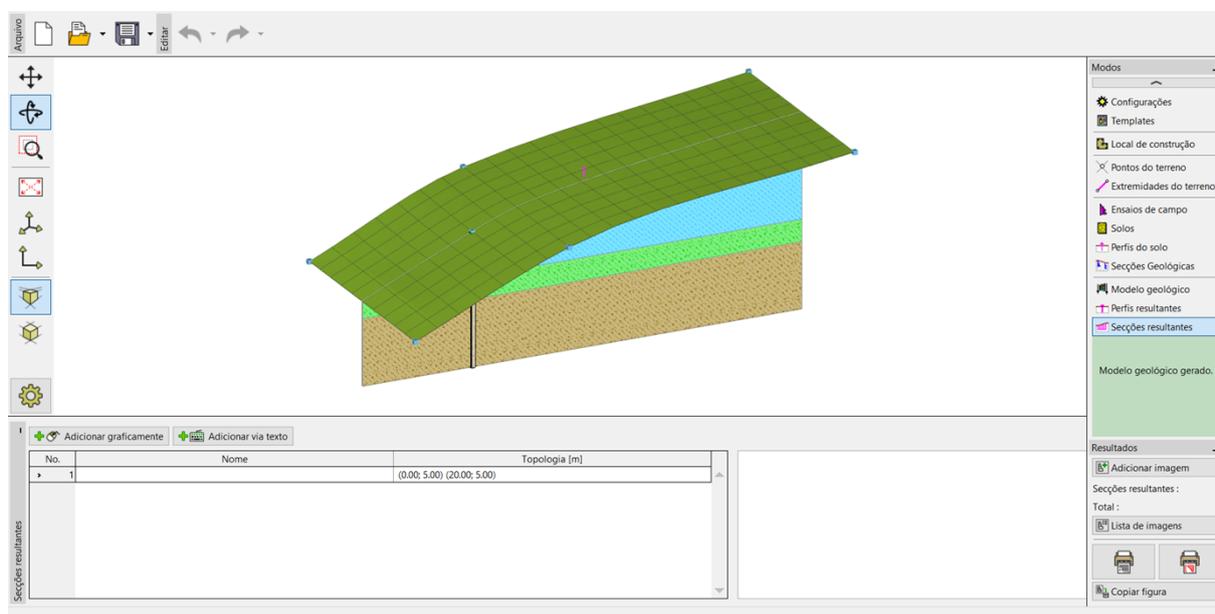
Adicionar solos de acordo com os ensaios

O perfil do ensaio e a sondagem são criados automaticamente a partir do ensaio introduzido (tipo sondagem). Após alternar para a janela “Modelo Geológico”, o modelo é gerado (se não selecionar a criação manual na janela “Configurações”, é necessário utilizar o botão “Gerar”).



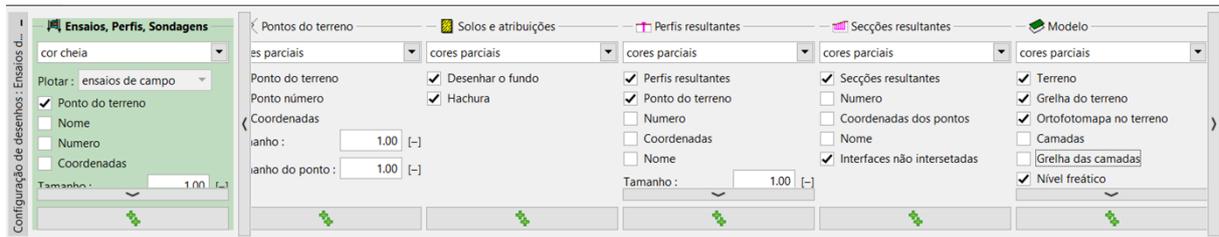
Modelo gerado

Para uma visualização clara, é apropriado introduzir um perfil transversal na janela “Secções Resultantes”, com pontos com as seguintes coordenadas [x; y]: [0; 5], [20; 5].



Visualização do modelo através de uma secção transversal

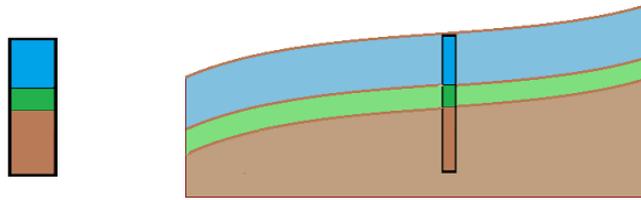
É necessário alterar as configurações do desenho para conseguir uma visualização correta do perfil geológico na janela “Modelo Geológico”.



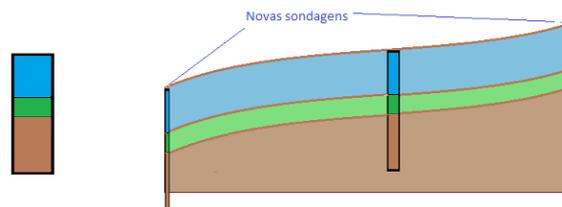
Janela “Modelo Geológico” – configurações de desenhos

Modelo Geológico com Camadas Paralelas à Superfície do Terreno

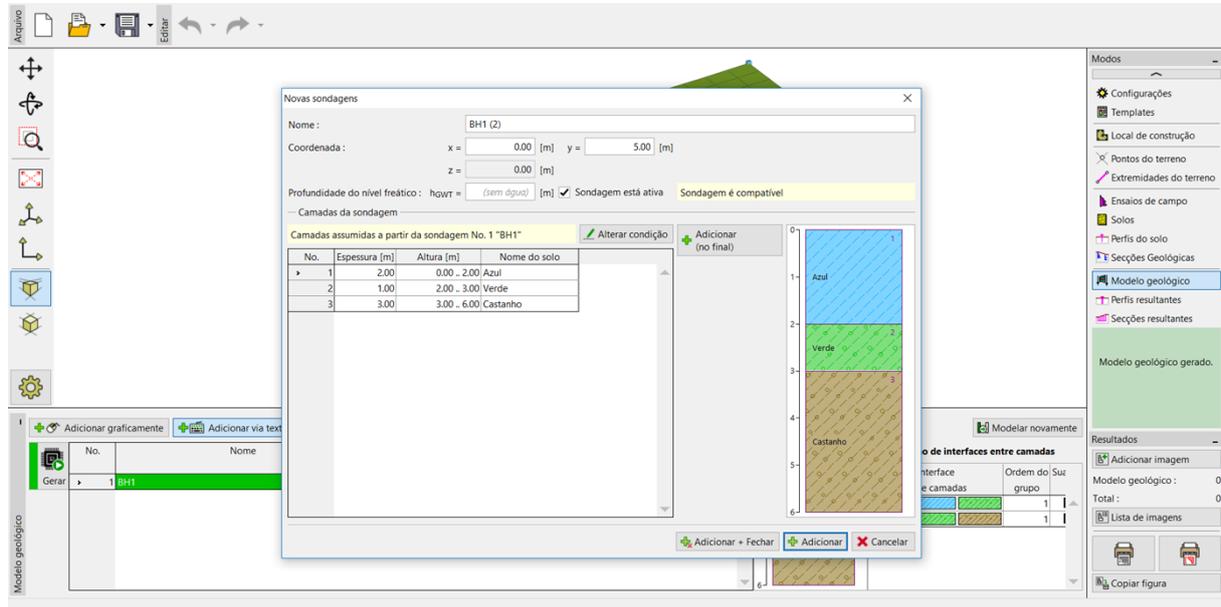
Agora, vamos ajustar as camadas do terreno à superfície do terreno.



Vamos continuar com o exemplo anterior. O procedimento desta modificação é evidente a partir da imagem seguinte – é necessário introduzir novas sondagens, nos limites do local de construção.



Na janela “Modelo geológico”, selecione a sondagem “BH1” e defina novas sondagens nos pontos [0, 5], [20, 5] (através do botão “Adicionar graficamente” ou “Adicionar via texto”). Se as sondagens não estiverem selecionadas antes de clicar em “Adicionar graficamente” ou “Adicionar via texto”, as novas sondagens não serão cópias da sondagem “BH1” mas irão corresponder ao modelo geológico já existente. Na caixa de diálogo “Novas sondagens”, podemos verificar que os dados das novas sondagens foram copiados da sondagem “BH1”.



Caixa de diálogo “Novo ensaio de campo (sondagem)”

O modelo é criado ao clicar no botão “Gerar”.

The screenshot displays the GEO5 software interface. The main window shows a 3D geological model with three boreholes labeled BH1, BH1 (2), and BH1 (3). The model consists of three distinct layers: a top blue layer, a middle green layer, and a bottom brown layer with a brick-like pattern. A vertical scale on the right indicates depths from 0 to 6 meters.

Below the model is a data table for the boreholes:

No.	Nome	Principal	Ativo	Condição	x [m]	y [m]	z [m]	Profundidade hg
1	BH1	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Original	5,00	5,00	2,24	
2	BH1 (2)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nova	0,00	5,00	0,00	
3	BH1 (3)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nova	20,00	5,00	5,00	

To the right of the table is a 'Criação de interfaces entre camadas' (Creation of interfaces between layers) section, which shows a vertical cross-section of the layers and a table for defining interfaces between them:

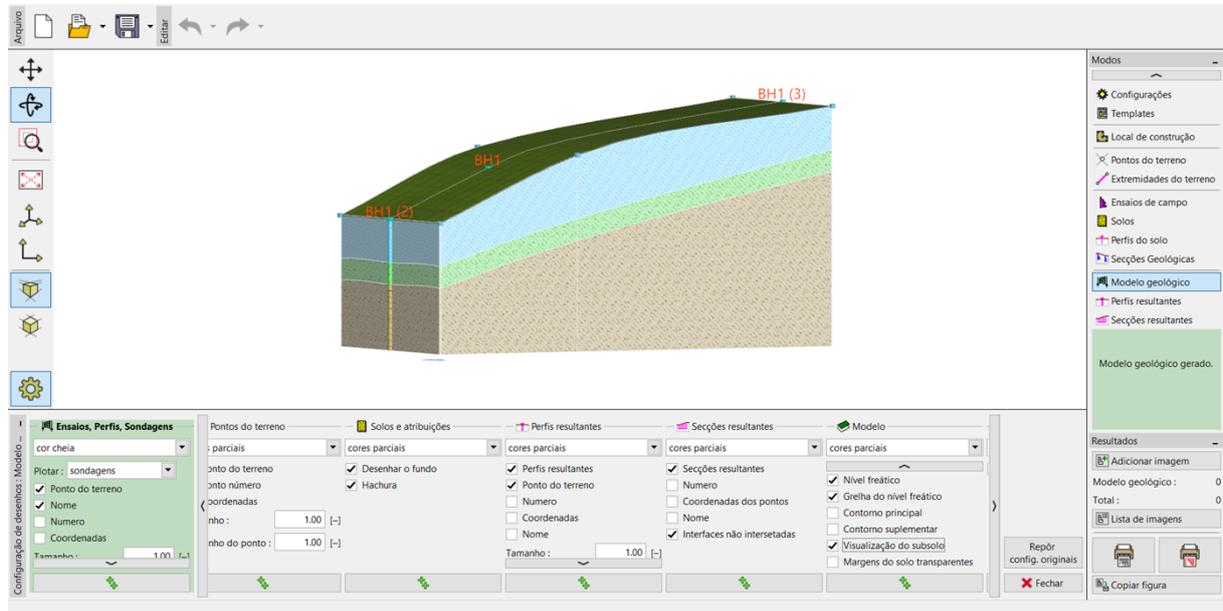
Interface entre camadas	Ordem do grupo	Sus
1 - 2	1	1
2 - 3	1	1

The interface section also includes a legend for the layers: Azul (Blue), Verde (Green), and Castanho (Brown). The software interface includes various toolbars and a right-hand menu with options like 'Modos', 'Configurações', 'Templates', 'Local de construção', 'Pontos do terreno', 'Extremidades do terreno', 'Ensaio de campo', 'Solos', 'Perfis do solo', 'Secções Geológicas', 'Modelo geológico', 'Perfis resultantes', and 'Secções resultantes'. A 'Gerar' button is visible in the bottom left corner of the main window.

Modelo final

Limites do Local de Construção – Limite Ativo

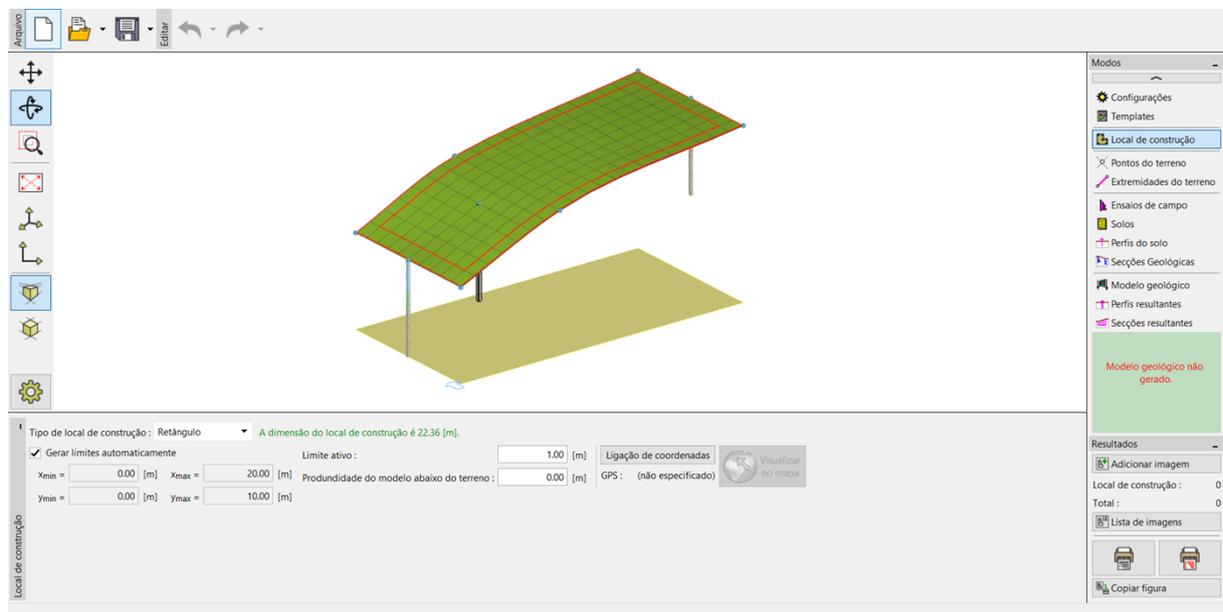
Ative a opção “Visualizar o subsolo” na janela “Configuração de desenhos”.



Janela "Modelo geológico" – Configurações de desenhos

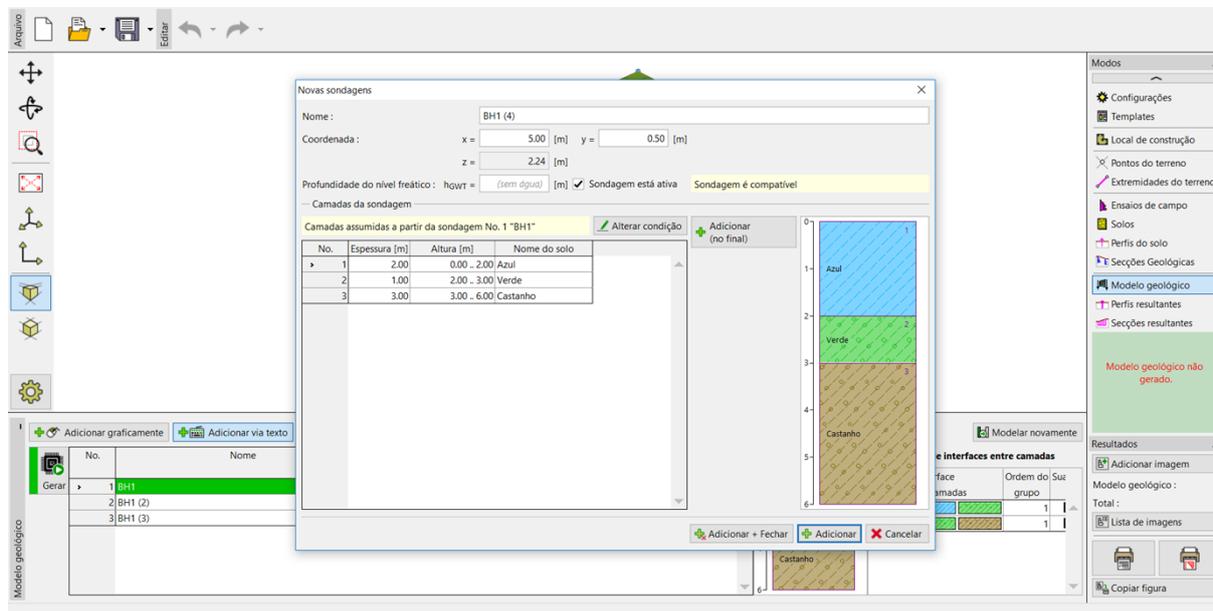
Os limites do modelo são criados a partir de sondagens auxiliares, nas extremidades do modelo – as camadas são praticamente planas nas extremidades do modelo.

Altere para a janela “Local de construção” e introduza um “Limite ativo” de 1 m. O limite ativo está visível a vermelho.



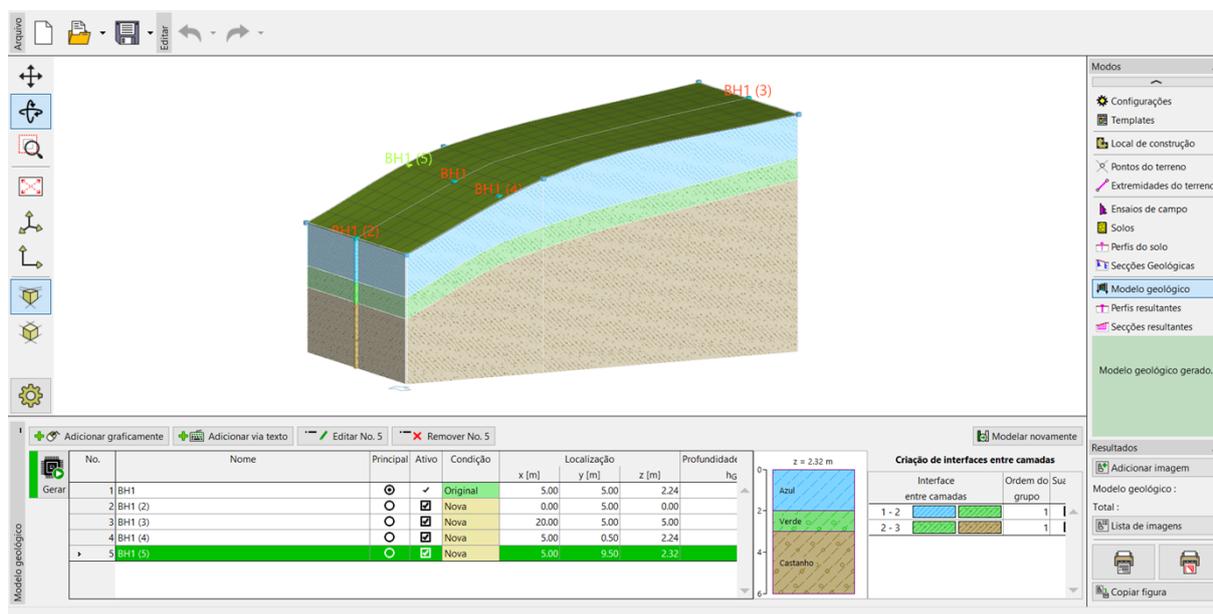
Limite ativo na janela “Local de construção”

A sondagem "BH1" está fora do limite ativo, fazendo com que o modelo existente não sofra alterações. Abra a janela "Modelo geológico", selecione a sondagem BH1 e adicione duas novas sondagens "BH1 (4)" [5; 0.5] e "BH1 (5)" [5; 9.5], através do botão "Adicionar via Texto".



Introduzir novas sondagens dentro do limite ativo

Ambas as sondagens estão dentro do limite ativo – durante a criação do modelo, são criadas sondagens auxiliares com as mesmas camadas, nas extremidades do modelo.



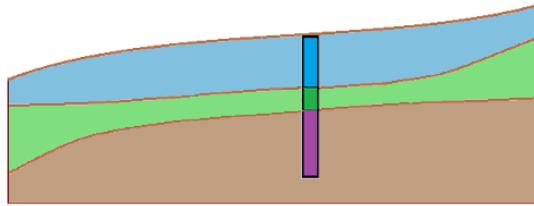
Modelo final

As extremidades do modelo sofreram alterações significantes. Agora apresentam a mesma secção transversal que a secção central.

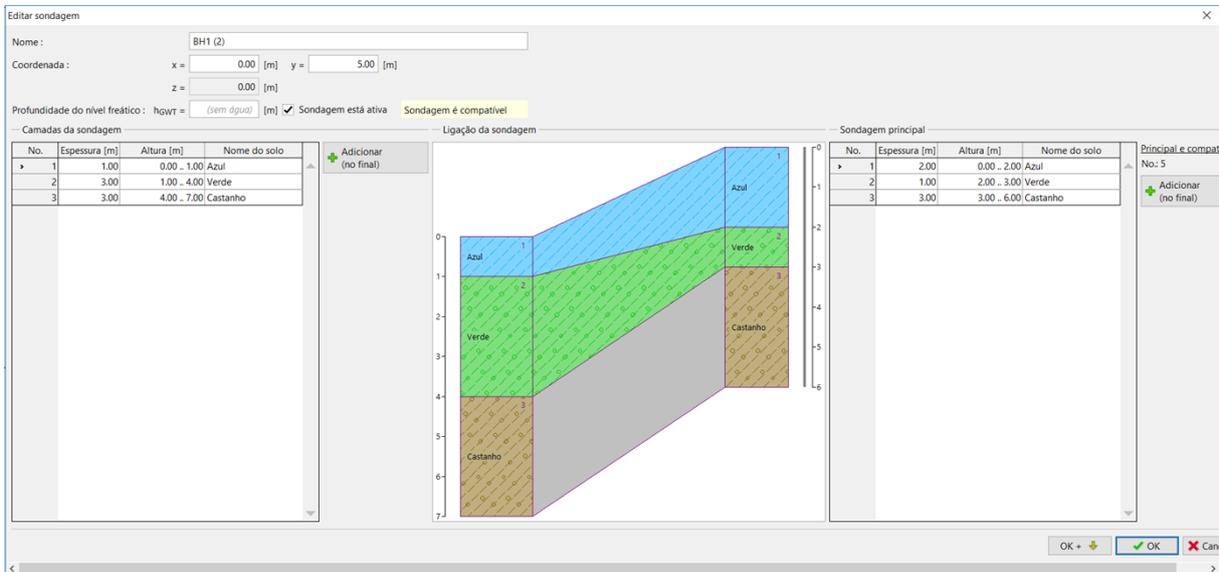
Ao modelar construções reais, deve ser introduzido um limite ativo que englobe os pontos e sondagens mais próximos dos limites do local de construção.

Modificação de Camadas de Solo

Agora, vamos modificar a camada a verde, de forma a que esta se expanda nos limites do modelo.

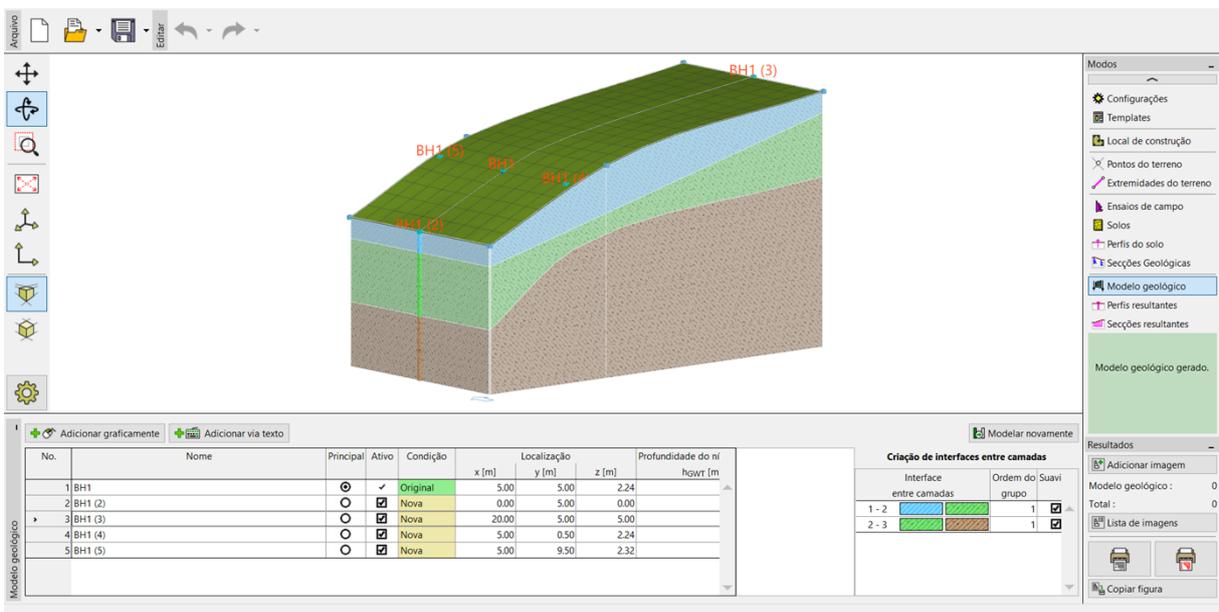


Vamos utilizar a caixa de diálogo “Editar sondagem”. Vamos realizar as mesmas modificações para as duas novas sondagens BH1 (2) e BH1 (3) – aumentar a espessura da camada verde de 1 para 3 m e reduzir a espessura da camada azul de 2 para 1 m.



Caixa de diálogo “Editar sondagem” – BH1 (2)

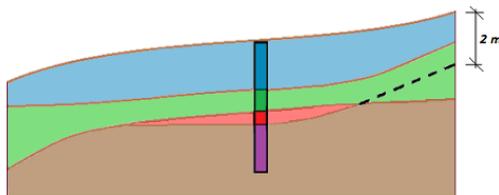
O modelo fica modificado desta forma.



Modelo modificado

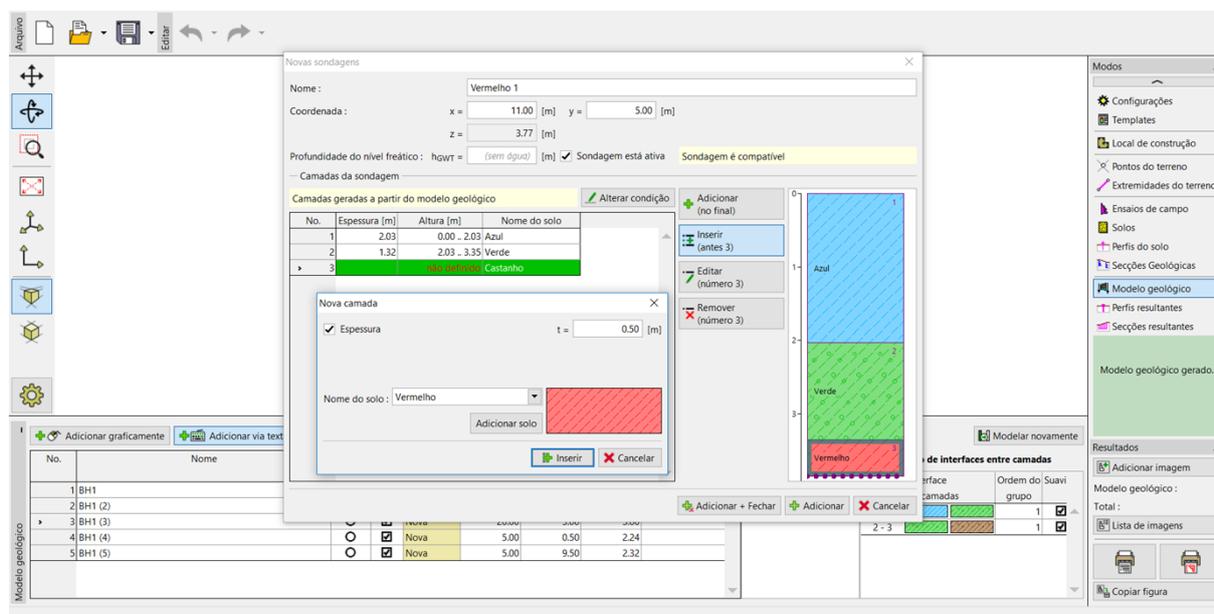
Criação de Lentes de Solo

Agora, vamos introduzir uma “lente de solo”, de acordo com a imagem seguinte.

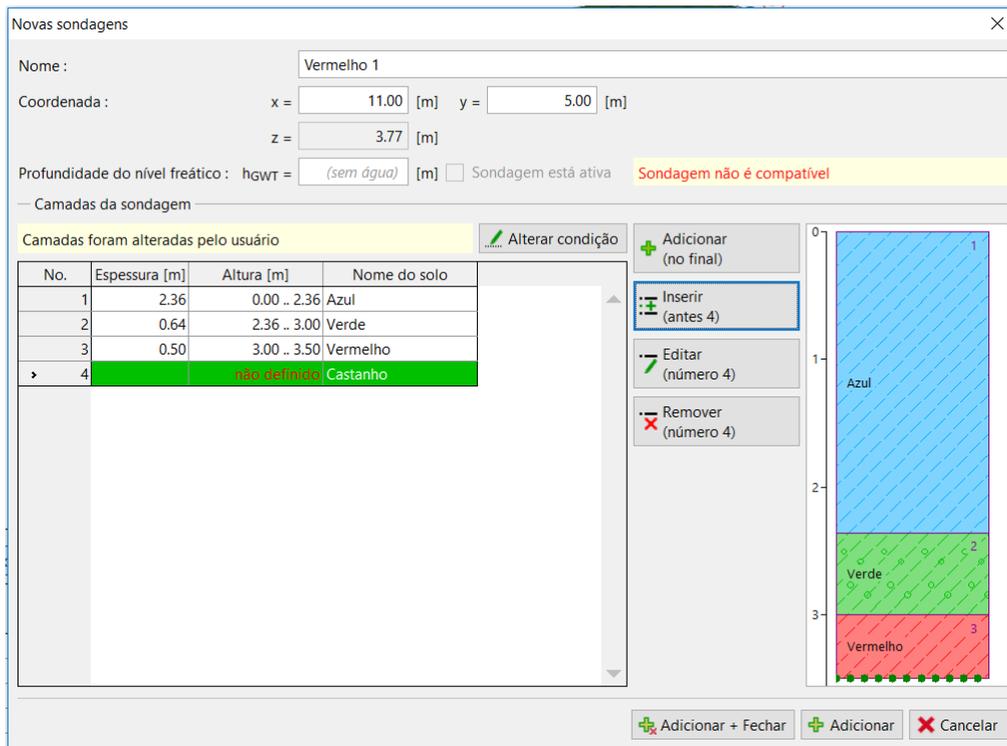


Na janela “Modelo Geológico”, vamos introduzir uma nova sondagem (Vermelho 1) no meio da lente (coordenadas [11; 5]) e introduzir uma nova camada (a vermelho, com 0.5 m de espessura) utilizando o botão “Inserir (antes de 3)”. (Ao clicar em “Adicionar via texto” não pode estar selecionada nenhuma sondagem da tabela)

Na caixa de diálogo “Nova sondagem”, é visível a informação acerca da sondagem criada. No nosso exemplo, é visível a descrição “Camadas geradas a partir do modelo geológico”. Se a informação exibida for diferente (se foi copiada outra sondagem), é possível alterá-la através do botão “Alterar condição”.

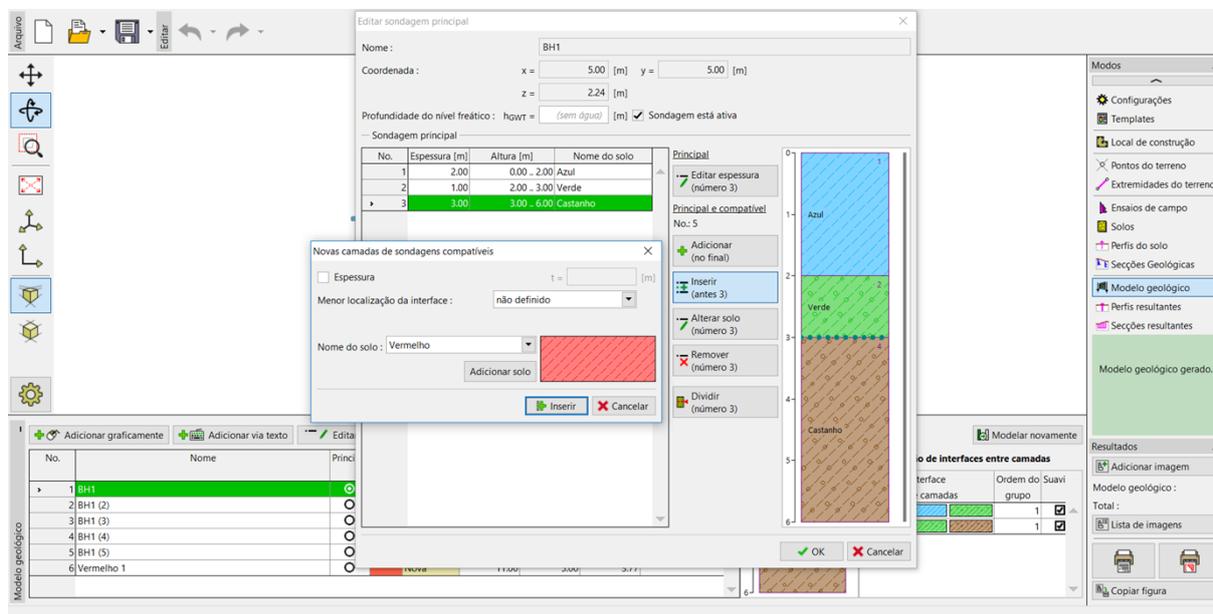


Nova sondagem no centro da lente



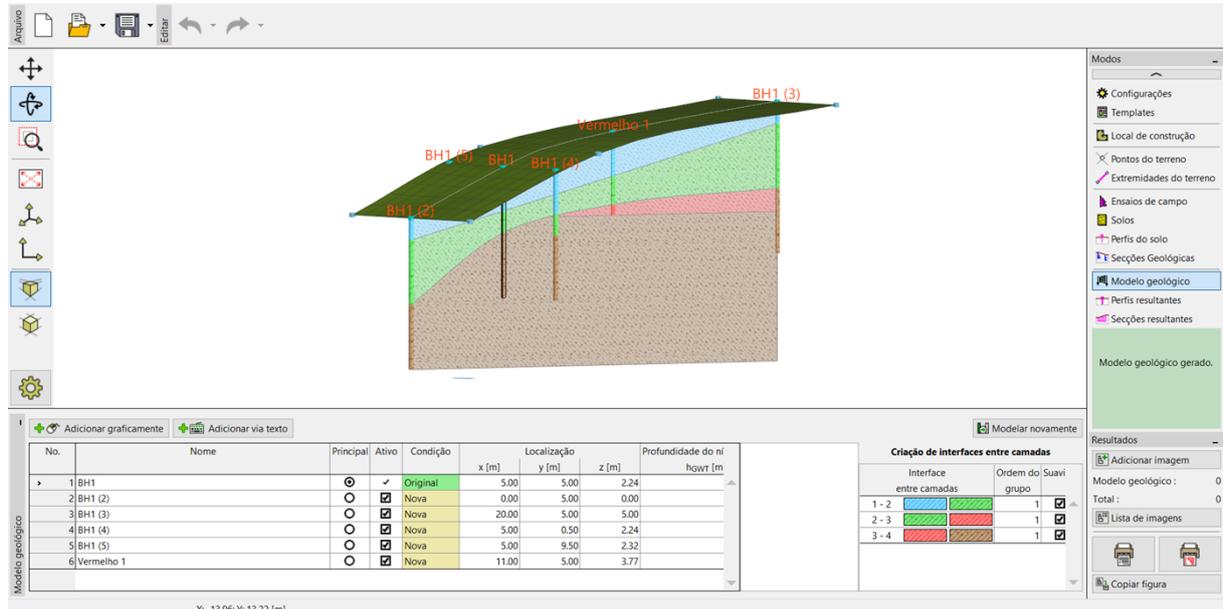
Localização das novas sondagens

Após adicionar, esta sondagem fica visível a vermelho e não está ativa – porque não é compatível com as restantes sondagens. Então, modificamos a sondagem principal (sempre na parte direita) e adicionamos a camada a vermelho entre a camada a verde e a camada a castanho. Não vamos definir a espessura desta camada, definindo a localização da interface inferior como “não definida”.



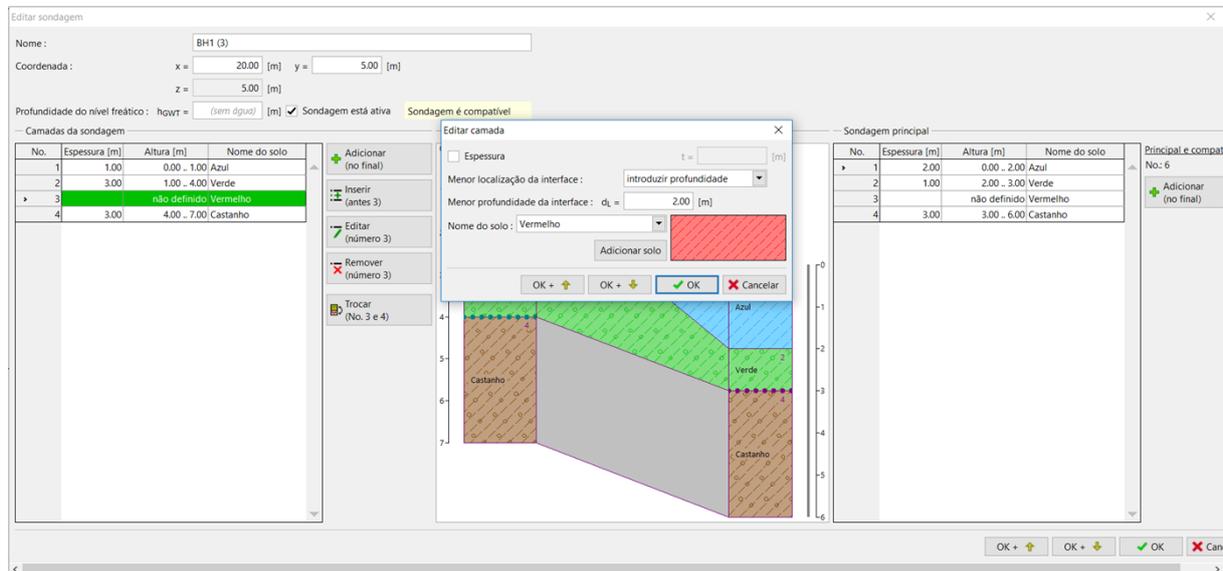
Introduzir camada a vermelho – sondagem principal

Conseqüentemente, esta camada a vermelho é transferida para todas as outras sondagens, mas sem localização exata. A espessura da camada utilizada para a criação do modelo apenas é definida na sondagem “Vermelho 1”.



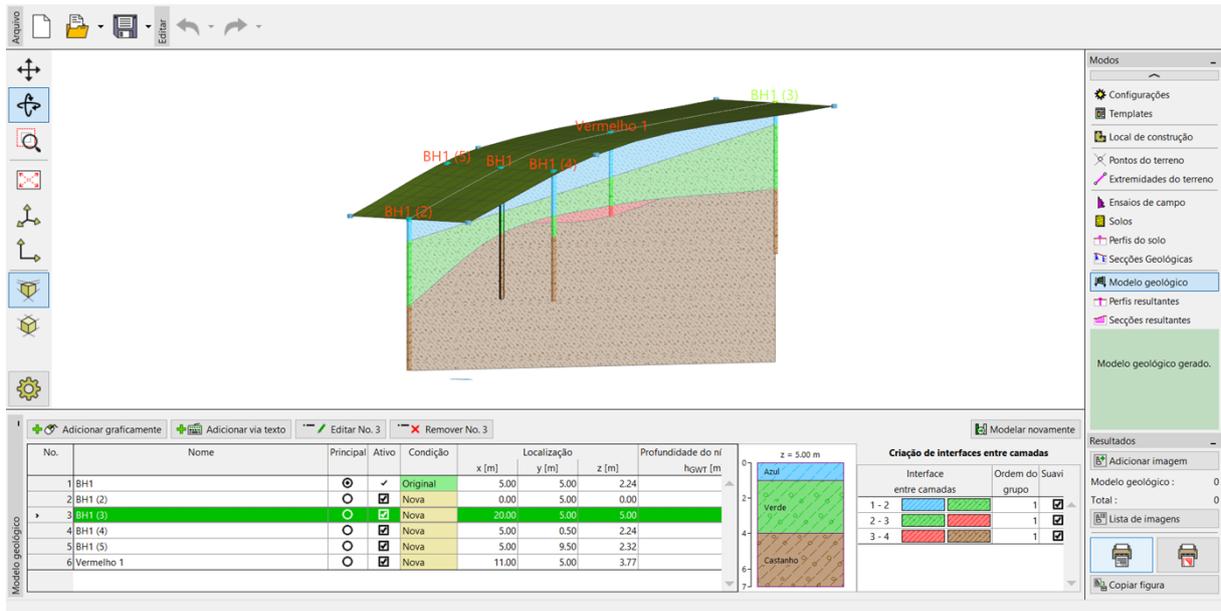
Gerar modelo com sondagem principal modificada

Agora, vamos modificar a camada a vermelho na sondagem BH1 (3). Vamos alterar a localização da interface inferior de “não definida” para “definir profundidade” e definir uma profundidade de 2 m. A profundidade é medida desde o topo da sondagem, com valores positivo no sentido descendente e negativos no sentido ascendente.



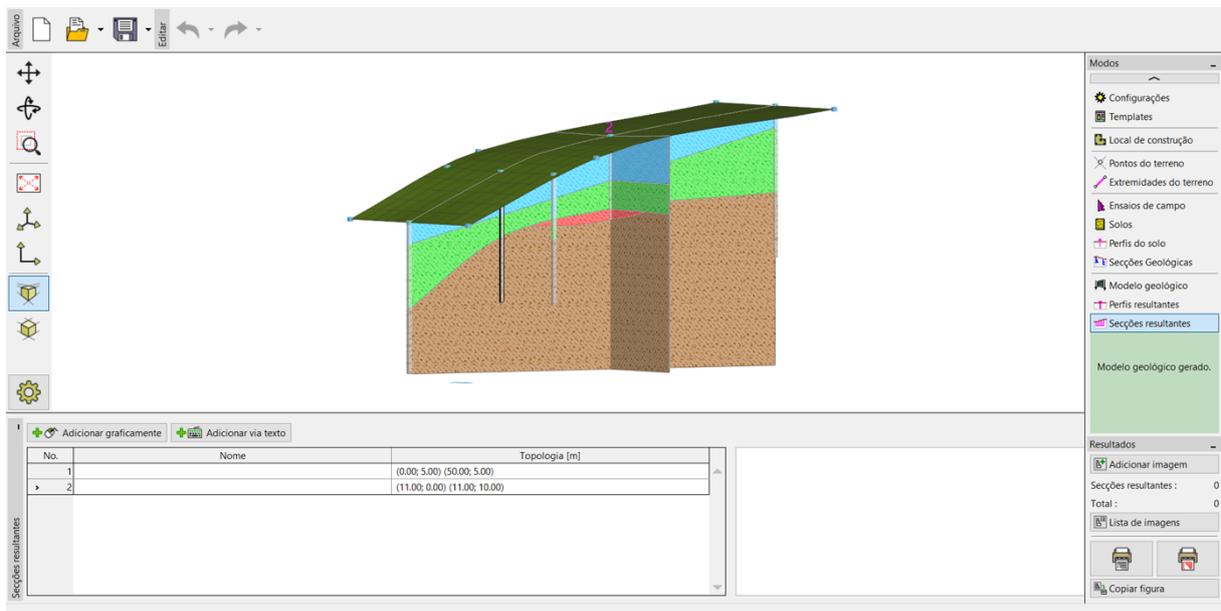
Editar sondagem BH1 (3)

A criação da lente está concluída.



Modelo final com a lente de solo

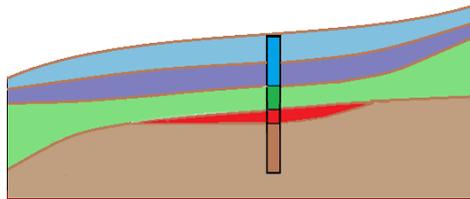
Para uma visualização clara, defina uma secção transversal com pontos com as seguintes coordenadas: [11; 0], [11; 10].



Modelo final com a lente de solo

Introdução de uma Nova Camada no Modelo

Queremos dividir a camada azul do exemplo anterior em duas camadas – azul e azul escuro. A divisão e fusão de camadas deve-se principalmente a variações nos parâmetros dos solos consoante a profundidade.



Editamos a sondagem principal na janela “Modelo geológico” - primeiro, dividimos a camada azul através do botão “Dividir camada (No. 1)” e, seguidamente, alteramos a nova camada inferior para azul escuro através do botão “Alterar solo (No. 2)”.

Nome: BH1
 Coordenada: x = 5.00 [m] y = 5.00 [m]
 z = 2.24 [m]
 Profundidade do nível freático: hgw = (sem digitar) [m] Sondagem está ativa

Sondagem principal

No.	Espessura [m]	Altura [m]	Nome do solo
1	2.00	0.00 - 2.00	Azul
2	1.00	2.00 - 3.00	Verde
3		não definido	Vermelho
4	3.00	3.00 - 6.00	Castanho

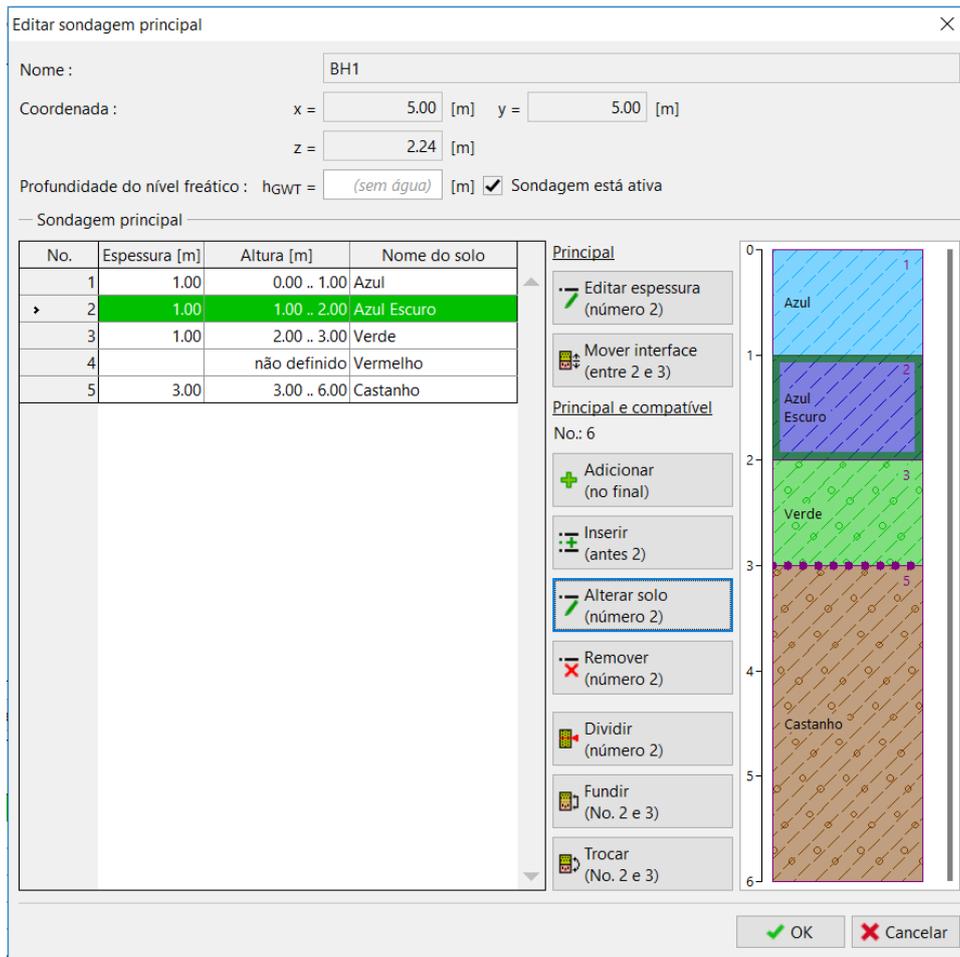
Dividir camadas de sondagens compati...
 Nova camada superior: 50.0 [%]

Principal
 Editar espessura (número 1)
 Mover interface (entre 1 e 2)
 Principal e compatível
 No: 6
 Adicionar (no final)
 Inserir (antes 1)
 Alterar solo (número 1)
 Remover (número 1)
 Dividir (número 1)
 Fundir (No. 1 e 2)
 Trocar (No. 1 e 2)

Modelar novamente

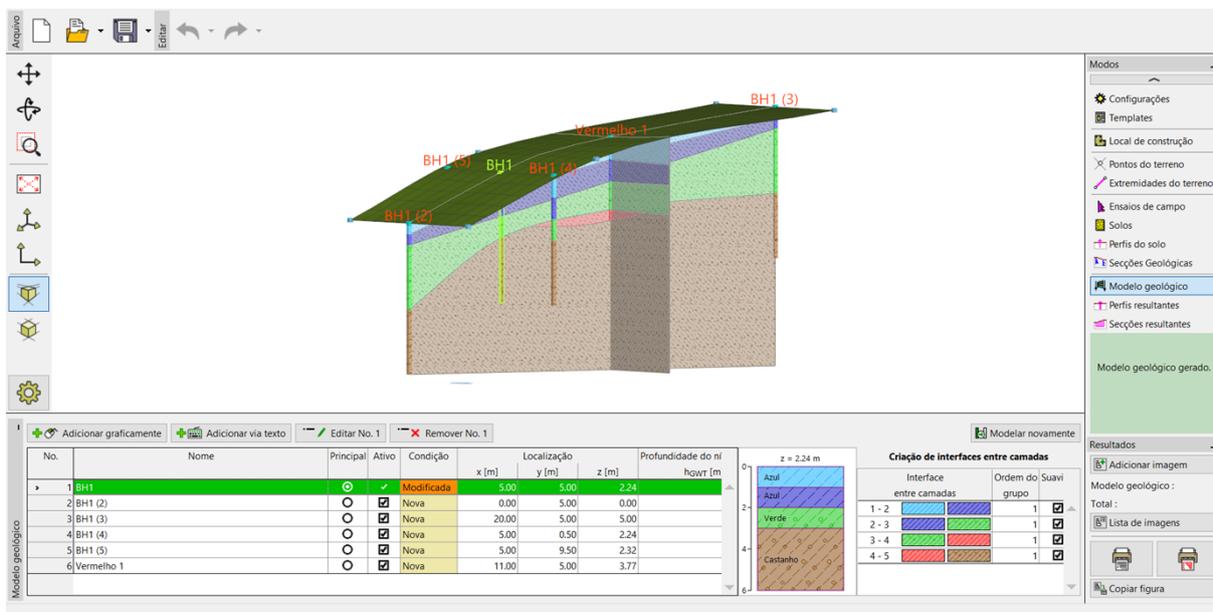
Interface entre camadas	Ordem do grupo	Suavi
1 - 2	1	<input checked="" type="checkbox"/>
2 - 3	1	<input checked="" type="checkbox"/>
3 - 4	1	<input checked="" type="checkbox"/>

Caixa de diálogo "Editar camada principal" – antes da modificação



Caixa de diálogo "Editar camada principal" – após da modificação

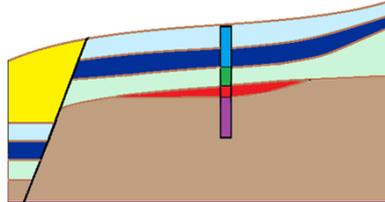
A camada fica modificada após gerar o modelo.



Modelo final

Modelação de Falhas Geológicas

O objetivo deste exemplo é modelar uma falha geológica, que atravessa o local de construção. Na parte esquerda do local de construção, é criada uma nova camada de solo, acima das outras já existentes, a amarelo e com 3 m de espessura. As restantes camadas abaixo desta têm 1 m de espessura.



Primeiro, introduzimos a interface da falha na sondagem principal, através do botão “Inserir (antes de 1)”. Definimos a profundidade da interface inferior como -10 m – localiza-se acima da superfície do terreno. A falha é composta pelo novo solo “Preto”.

Editar sondagem principal

Nome: BH1

Coordenada: x = 5.00 [m] y = 5.00 [m]

z = 2.24 [m]

Profundidade do nível freático: h_{GWT} = (sem água) [m] Sondagem está ativa

— Sondagem principal

No.	Espessura [m]	Altura [m]	Nome do solo
1	1.00	0.00 .. 1.00	Azul
2	1.00	1.00 .. 2.00	Azul Escuro
3	1.00	2.00 .. 3.00	Verde
4		não definido	Vermelho
5	3.00	3.00 .. 6.00	Castanho

Novas camadas de sondagens compatíveis

Espessura t = [m]

Menor localização da interface: introduzir profundidade

Menor profundidade da interface: d_L = -10.00 [m]

Nome do solo: Preto

Adicionar solo

Inserir Cancelar

Principal

- Editar espessura (número 1)
- Mover interface (entre 1 e 2)

Principal e compatível

No.: 6

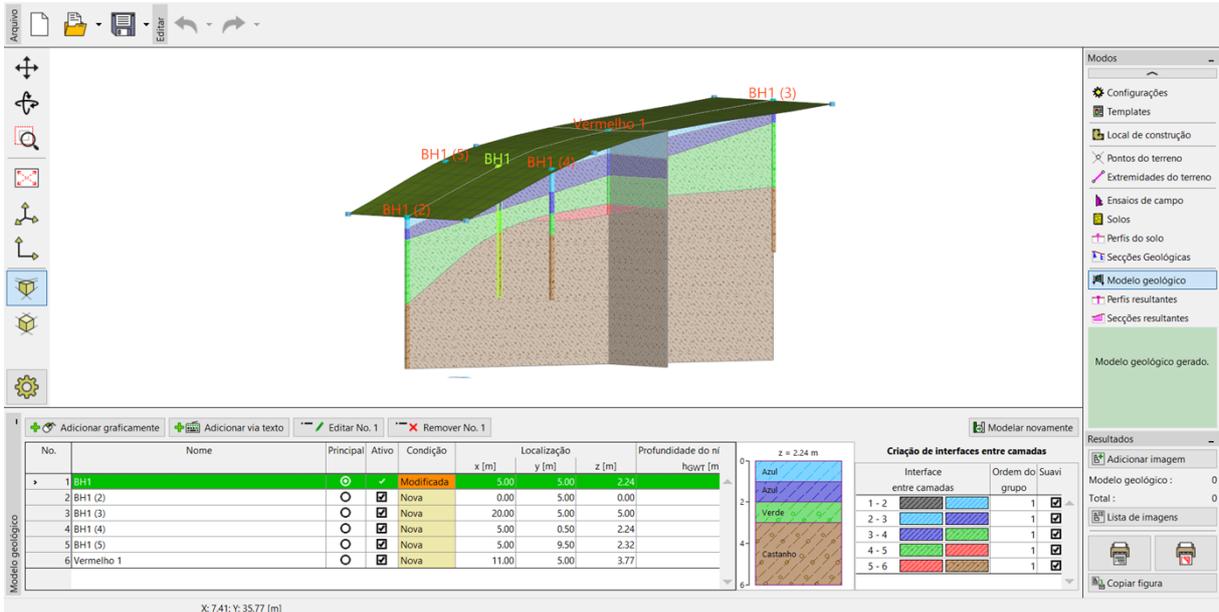
Fundir (No. 1 e 2)

Trocar (No. 1 e 2)

OK Cancelar

Definir falha na sondagem principal

Após gerar, o modelo mantém-se igual, mas podemos observar uma nova camada (falha) no canto inferior direito. Para conseguir visualizar melhor, utilizamos a cor preta.



Modelo com a nova camada – falha

Nos passos seguintes vamos definir a localização da falha no terreno. Vamos definir as sondagens ZZ 1 [3; 0], ZZ 2 [3,7; 5] e ZZ 3 [4; 10] passo-a-passo. Ao começar a introduzir uma nova sondagem via texto, abre-se uma caixa de diálogo com os campos de introdução de dados vazios.

Novas sondagens ✕

Nome:

Coordenada: x = [m] y = [m] Fora do local

z = [m]

Profundidade do nível freático: h_{GWT} = [m] Sondagem está ativa Sondagem não é compatível

— Camadas da sondagem —

Camadas geradas a partir do modelo geológico ✎ Alterar condição

No.	Espessura [m]	Altura [m]	Nome do solo

+ Adicionar (no final)

+ Adicionar + Fechar
+ Adicionar
✕ Cancelar

Introduzir nova sondagem via texto

Após definir as coordenadas [3;0], o perfil geológico é carregado a partir do modelo. Agora, vamos alterar as propriedades da camada superior a preto (falha) e definir a sua espessura como [0 m].

Novas sondagens

Nome : ZZ1

Coordenada : x = 3.00 [m] y = 0.00 [m]
z = 1.36 [m]

Profundidade do nível freático : h_{GWT} = (sem água) [m] Sondagem está ativa Sondagem é compatível

— Camadas da sondagem

Camadas geradas a partir do modelo geológico Alterar condição

No.	Espessura [m]	Altura [m]	Nome do solo
1	não definido	0.00 .. 0.74	Preto
2	0.74	0.74 .. 1.59	Azul
3	0.85	1.59 .. 3.18	Azul Escuro
4	1.59	d _L = 1.12 m	Vermelho
5		não definido	Castanho

Editar camada

Espessura t = 0.00 [m]

Nome do solo : Preto

Adicionar solo

OK + OK Cancelar

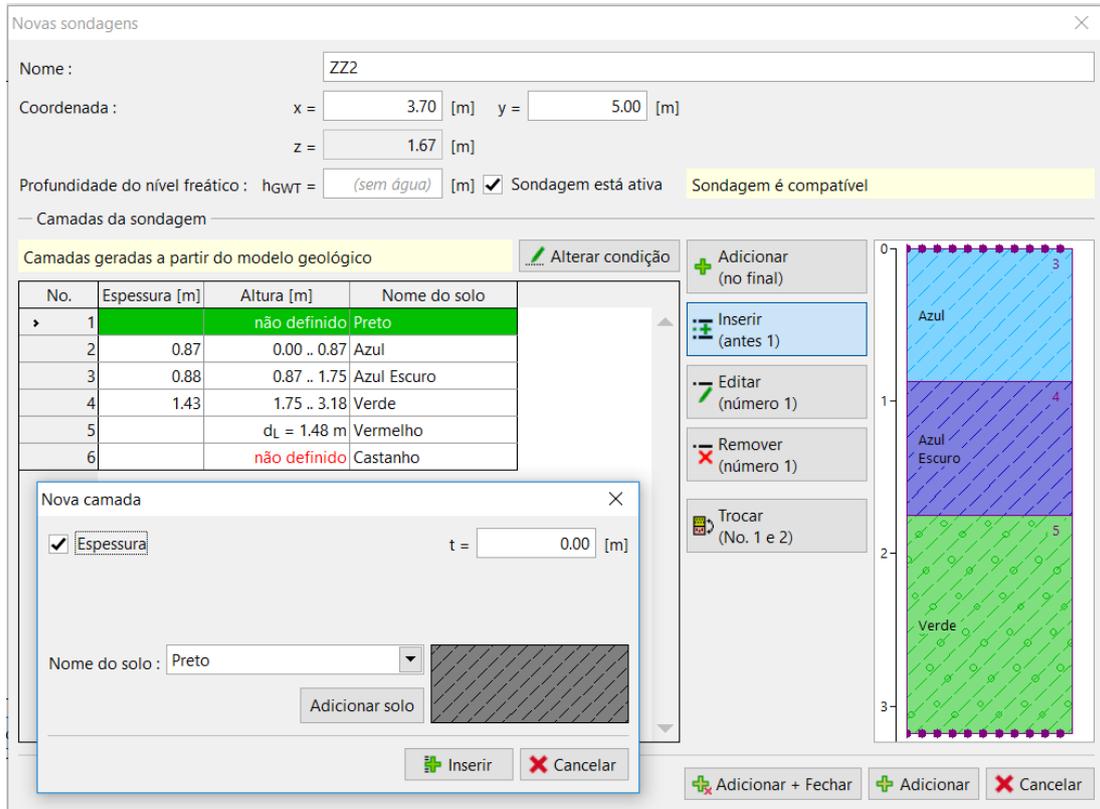
Adicionar (no final)
Inserir (antes 1)
Editar (número 1)
Remover (número 1)
Trocar (No. 1 e 2)

Adicionar + Fechar Adicionar Cancelar

Sondagem ZZ1 – posição da falha no terreno

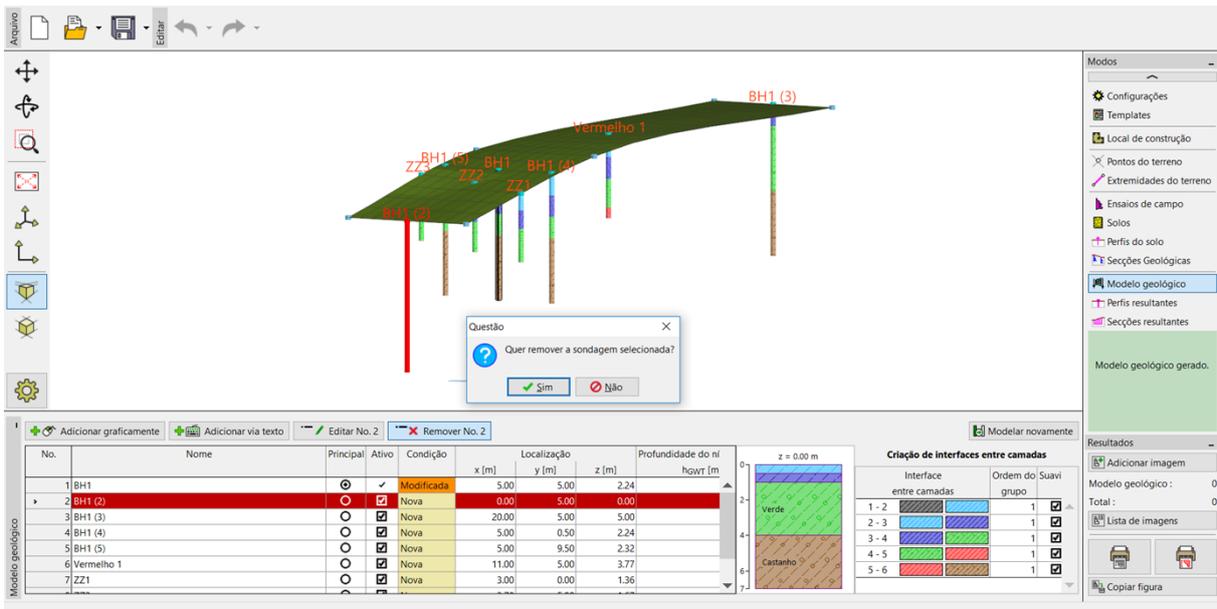
Sáimos utilizando o botão “Adicionar + Fechar” e o modelo é regenerado.

Repetimos o processo para as sondagens ZZ 2 e ZZ 3 (defina uma camada a preto com uma espessura de [0 m]). O modelo deve ser regenerado após cada sondagem ser introduzida. É necessário fazer corresponder cada sondagem ao modelo geológico original.



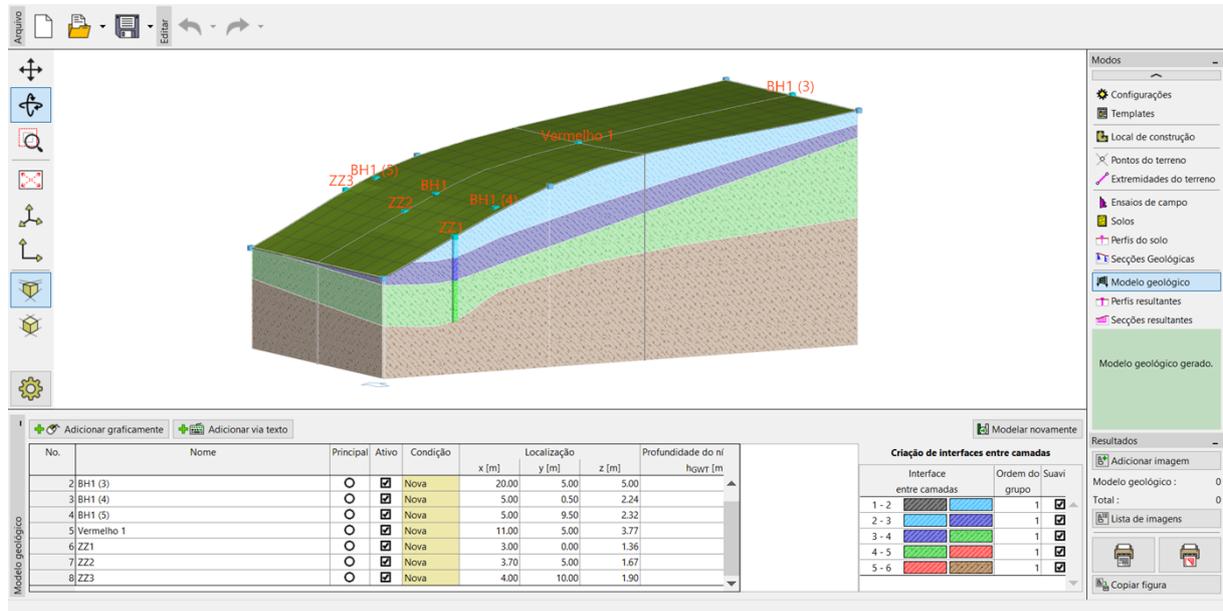
Sondagem ZZ2 – posição da falha no terreno

Após introduzir a falha, removemos as sondagens à frente desta – neste caso a sondagem "BH1" (2).



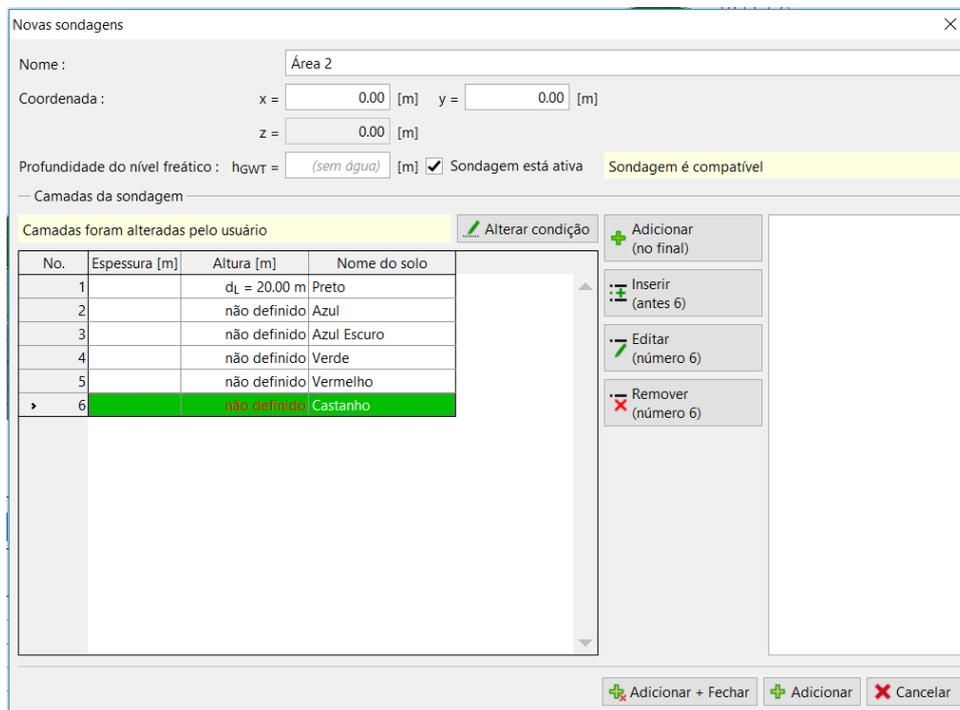
Remover a sondagem auxiliar BH1 (2)

Agora o modelo está pronto para a criação da área à frente da falha. Vamos regenerar o modelo e introduzir duas novas sondagens: Área 2 (coordenadas [0; 0]) e Área 2 (2) (coordenadas [0; 10]).



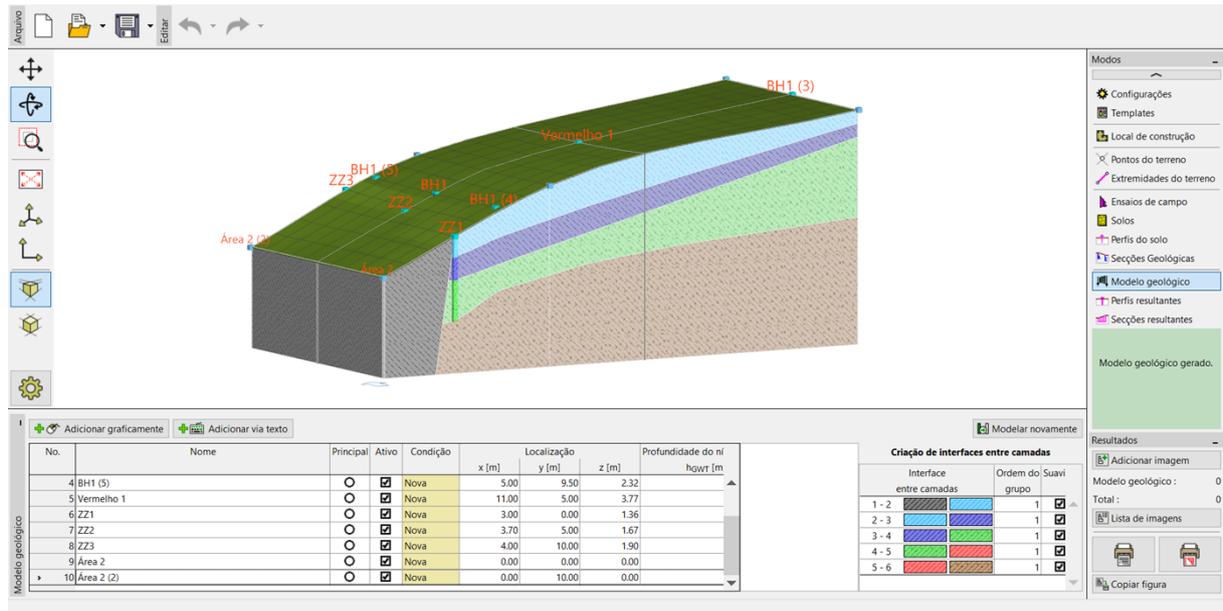
Modelo após definir a falha no terreno

Modificamos as sondagens através do botão “Editar”. Definimos a interface da falha (camada 1) com 20 m de profundidade, sendo que as restantes camadas ficam com a localização da interface como “Não definida”. Confirmamos a introdução desta sondagem e passamos à introdução da sondagem seguinte através do botão “Adicionar”. A segunda sondagem (Área 2 (2)) tem coordenadas [0; 10].



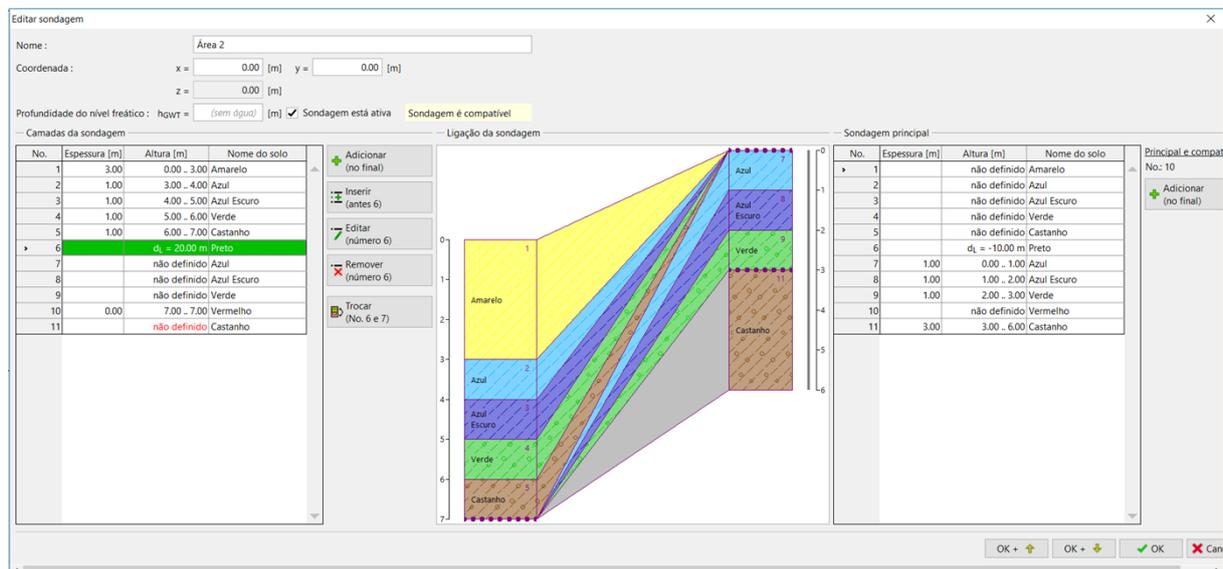
Definir profundidade da falha – Area 2

De seguida geramos o modelo – a falha fica visível. A área à frente da falha é exibida a cinza.



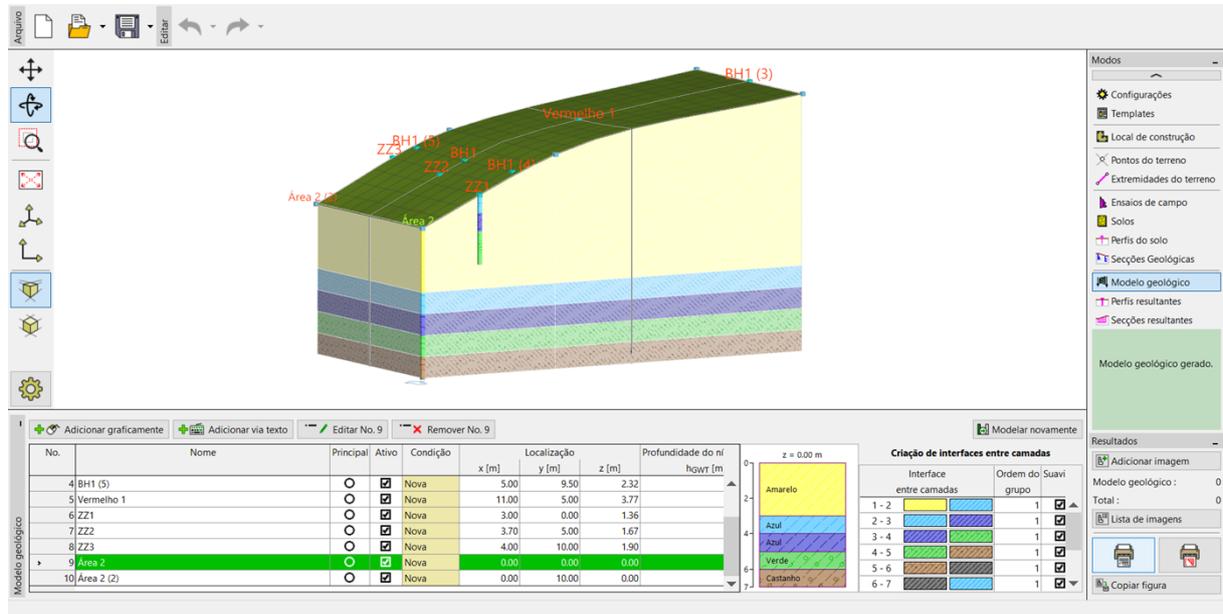
Modelo com a falha

Agora, é necessário definir camadas na área à frente da falha. Selecionamos uma das sondagens (Área 2) e adicionamos camadas acima da falha (através do botão “Inserir”). Definimos a espessura das camadas desta sondagem: 3 m - Amarelo, 1 m - Azul, 1 m – Azul Escuro, 1 m - Verde, 1 m - Castanho. O passo seguinte é adicionar as novas camadas definidas à sondagem principal através do botão “Adicionar camadas superiores (na sondagem principal)”. A sondagem modificada Área 2 fica com o aspeto seguinte:



Introduzir camadas na área à frente da falha

Após gerar o modelo, este fica com um aspeto diferente do suposto – as novas camadas sobrepõem-se a todo o modelo (o mesmo se verifica atrás da falha).



Modelo com definição incorreta de camadas

É possível resolver este problema através da alteração da ordem de criação das interfaces entre camadas. Primeiro geramos a falha (linha 6-7 com o retângulo a preto na parte direita) e as camadas atrás da falha (7-8, etc.).

Definimos a “Ordem do grupo” como “1”. As camadas da área à frente da falha estão no grupo “2”.

A falha (linha 6-7 com o retângulo a preto na parte direita) é, normalmente, reta – não utilizamos suavização.

Criação de interfaces entre camadas			
Interface entre camadas	Ordem do grupo	Suavi	
1 - 2	2	<input checked="" type="checkbox"/>	▲
2 - 3	2	<input checked="" type="checkbox"/>	
3 - 4	2	<input checked="" type="checkbox"/>	
4 - 5	2	<input checked="" type="checkbox"/>	
5 - 6	2	<input checked="" type="checkbox"/>	
6 - 7	1	<input type="checkbox"/>	
7 - 8	1	<input checked="" type="checkbox"/>	
8 - 9	1	<input checked="" type="checkbox"/>	
9 - 10	1	<input checked="" type="checkbox"/>	
10 - 11	1	<input checked="" type="checkbox"/>	

Gerar camadas do modelo

O modelo está criado.

No.	Nome	Principal	Ativo	Condição	Localização y [m]			Profundidade do ní
					x [m]	y [m]	z [m]	hgwrt [m]
1	BH1	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modificada	5.00	5.00	2.24	
2	BH1 (3)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nova	20.00	5.00	5.00	
3	BH1 (4)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nova	5.00	0.50	2.24	
4	BH1 (5)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nova	5.00	9.50	2.32	
5	Vermelho 1	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nova	11.00	5.00	3.77	
6	ZZ1	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nova	3.00	0.00	1.36	
7	ZZ2	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nova	3.70	5.00	1.67	

Criação de interfaces entre camadas		
Interface entre camadas	Ordem do grupo	Suavi
1 - 2	2	<input checked="" type="checkbox"/>
2 - 3	2	<input checked="" type="checkbox"/>
3 - 4	2	<input checked="" type="checkbox"/>
4 - 5	2	<input checked="" type="checkbox"/>
5 - 6	2	<input checked="" type="checkbox"/>
6 - 7	1	<input type="checkbox"/>

Modelo final

No.	Nome	Topologia [m]
1		(0.00; 5.00) (50.00; 5.00)
2		(11.00; 0.00) (11.00; 10.00)

Modelo final – secções transversais