Interpretação de um ensaio de campo e criação de um modelo geológico

Programa: Estratigrafia

Arquivo: Demo_manual_38.gsg

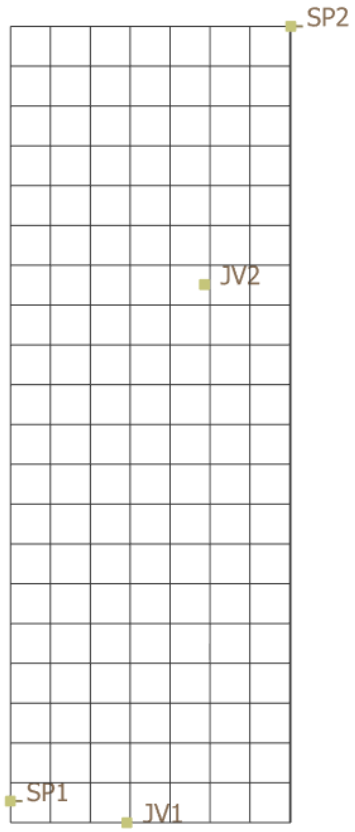
Introdução

O objetivo deste manual de engenharia é mostrar algumas das funcionalidades básicas do programa "Estratigrafia". O Manual de Engenharia No. 39 mostra modelações mais complexas.

O programa "Estratigrafia" permite criar modelos geológicos complexos de forma simplificada. No entanto, o programa não toma decisões por si próprio, sendo que o modelo resultante deve corresponder às decisões e ideias do geólogo. Este manual foca-se numa compreensão básica do princípio de modelação.

Tarefa

O resultado deste trabalho será um modelo geológico do local de construção, onde foi realizado uma investigação geotécnica. Durante os ensaios geológicos, foram realizadas duas sondagens e dois ensaios de penetração de cone (CPT). A imagem seguinte mostra a geometria do local de construção e as localizações das sondagens e CPTs.



Esquema do local de construção

A tabela seguinte mostra os nomes, tipos e coordenadas dos ensaios:

Nome	Tipo	Coordenadas [m]		
		x	y	z
JV1	Sondagem	11.4	88	187.96
JV2	Sondagem	15	113	187.8
SP1	CPT	6	89	desconhecido
SP2	CPT	19	125	desconhecido

As tabelas seguintes mostram as propriedades das camadas do solo encontradas nas sondagens:

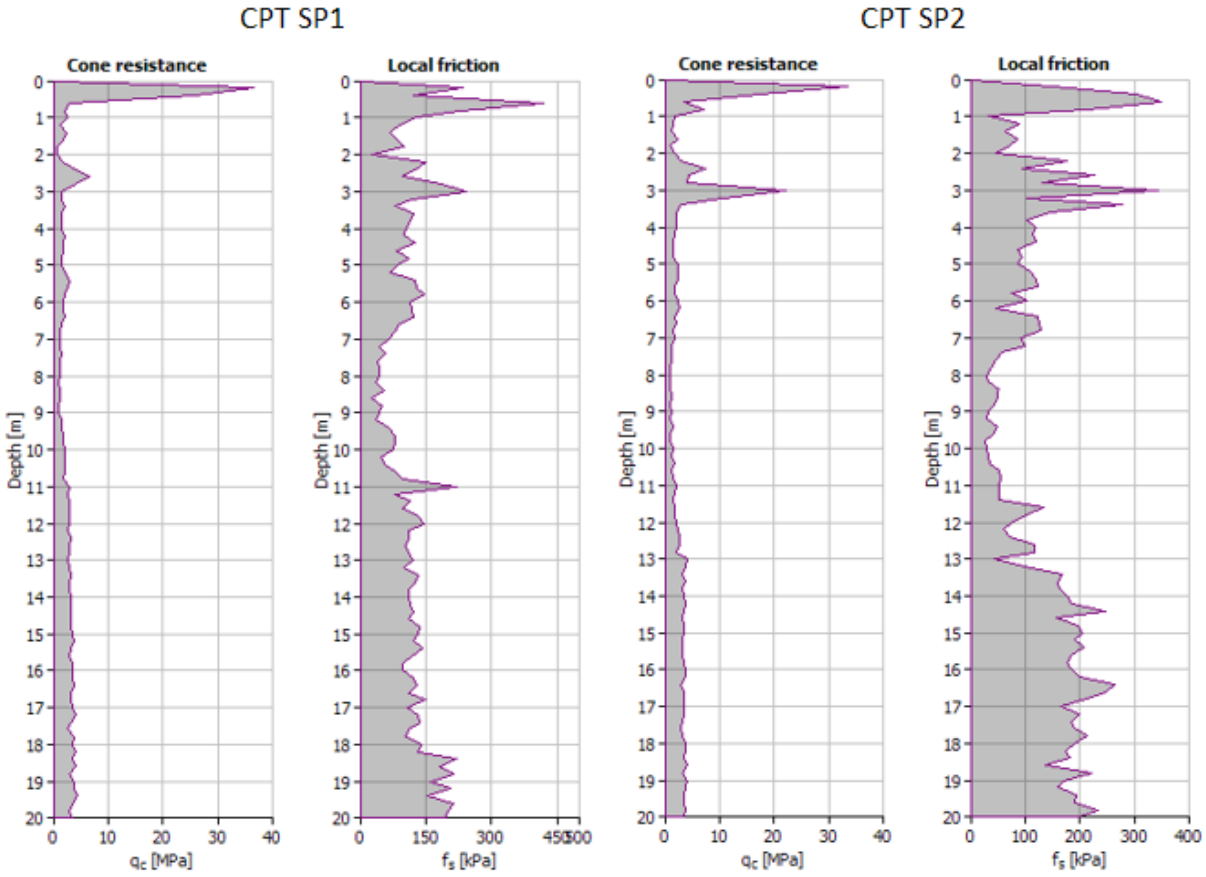
Sondagem JV1			
Espessura	Profundidade	Solo	
[m]	[m]	Classificação	Descrição
0.7	0 – 0.7	Y	Solo que constitui o terreno
7.8	0.7 – 8.5	F8	Argila com plasticidade elevada
8.5	8.5 – 17.0	F6	Argila com plasticidade reduzida

Sondagem JV2			
Espessura	Profundidade	Solo	
[m]	[m]	Classificação	Descrição
0.7	0 – 0.7	Y	Solo que constitui o terreno
2.5	0.7 – 3.2	F8	Argila com plasticidade elevada
0.3	3.2 – 3.5	S3	Areia siltosa
7.2	3.5 – 10.7	F8	Argila com plasticidade elevada
1.8	10.7 – 12.5	F6	Argila com plasticidade reduzida
0.2	12.5 – 12.7	G3	Cascalho siltoso
5.9	12.7 – 18.6	F6	Argila com plasticidade reduzida

O nível freático encontrado nas sondagens pode ser descrito da seguinte forma:

- *Sondagem JV1* – profundidade abaixo da superfície do terreno do NF: 8 m
- *Sondagem JV2* – profundidade abaixo da superfície do terreno do NF: 8.5 m

Os CPTs serão importados diretamente para o programa, a partir de tabelas de dados, conforme fornecidas pelo geólogo. Para clarificar, os valores da resistência de penetração e do atrito interno são exibidos nos gráficos seguintes.



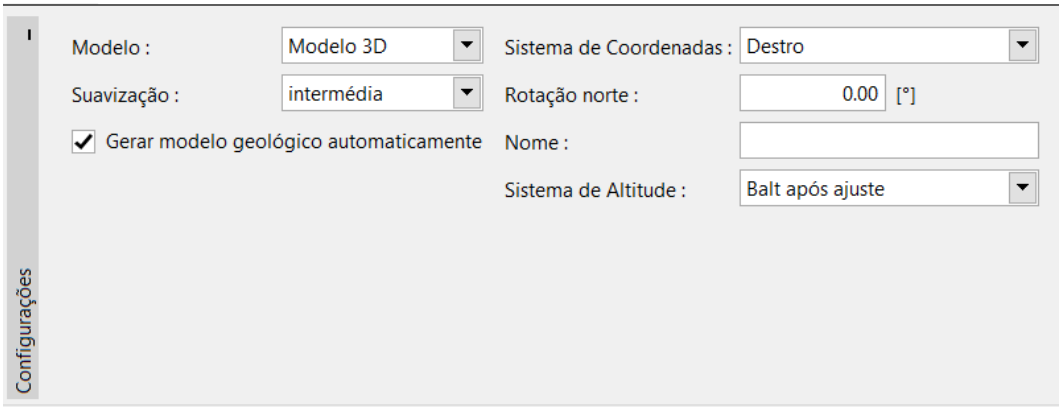
Os CPTs foram realizados sem medições da pressão nos poros (u_2) – os ensaios não são do tipo CPTu.

Nota: Os arquivos para importação (SP1.txt, SP2.txt) estão na pasta de instalação do GEO5 e estão localizados na pasta FINE em documentos públicos.

Nota: O procedimento de importação de tabelas de dados é explicado na Ajuda do programa (F1 ou online: https://www.finesoftware.eu/help/geo5/pt/importacao-de-dados-de-tabela-01/) e no Manual de Engenharia No. 27 (https://www.https://www.finesoftware.com.br/download/manuais-de-engenharia/329/pt/manual_27_pt_import-txt/).

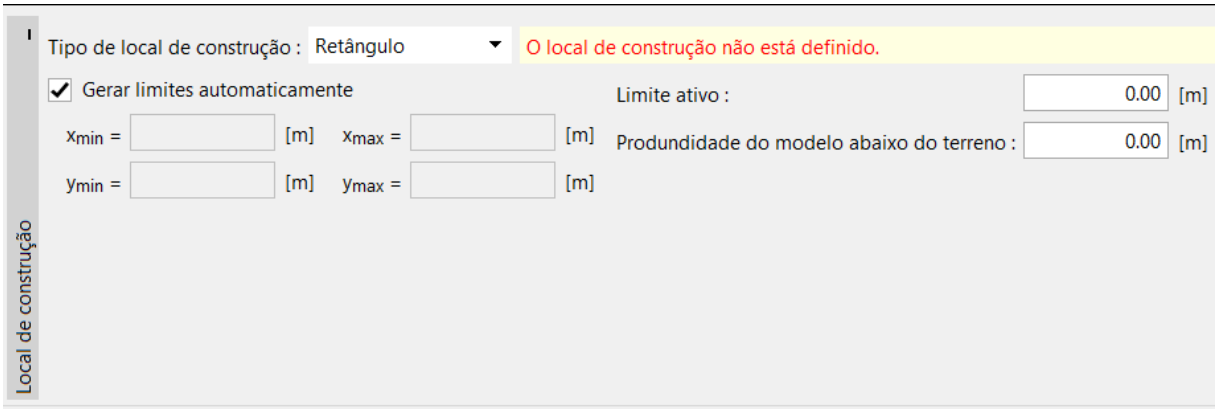
Processo de modelação

Ao iniciar o programa “Estratigrafia”, começamos por verificar as configurações gerais na janela “Configurações”. Mantemos as configurações do modelo como “modelo 3D” com suavização “intermédia” e criação automática do modelo geológico. Recomendamos que ative esta opção no caso de modelos geológicos simples e pequenos. Para modelos de maiores dimensões e mais complexos, é melhor desativá-la e utilizar a criação manual. O sistema de coordenadas será destro.



Janela “Configurações”

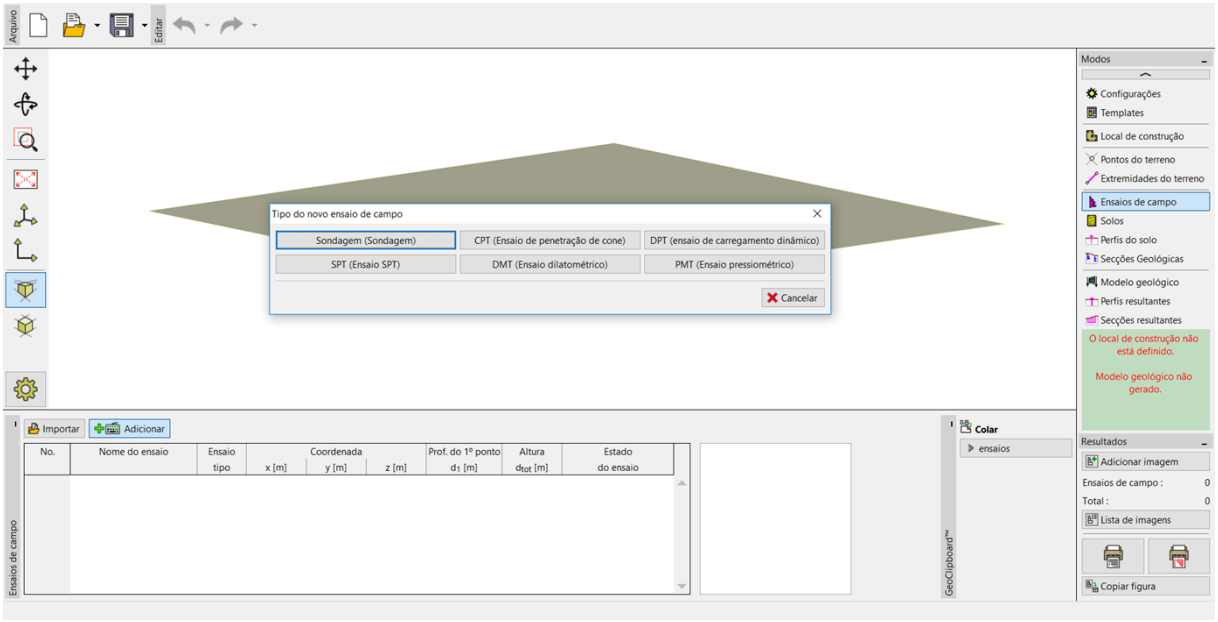
Também mantemos as configurações de origem na janela “Local de Construção”.



Janela “Local de Construção”

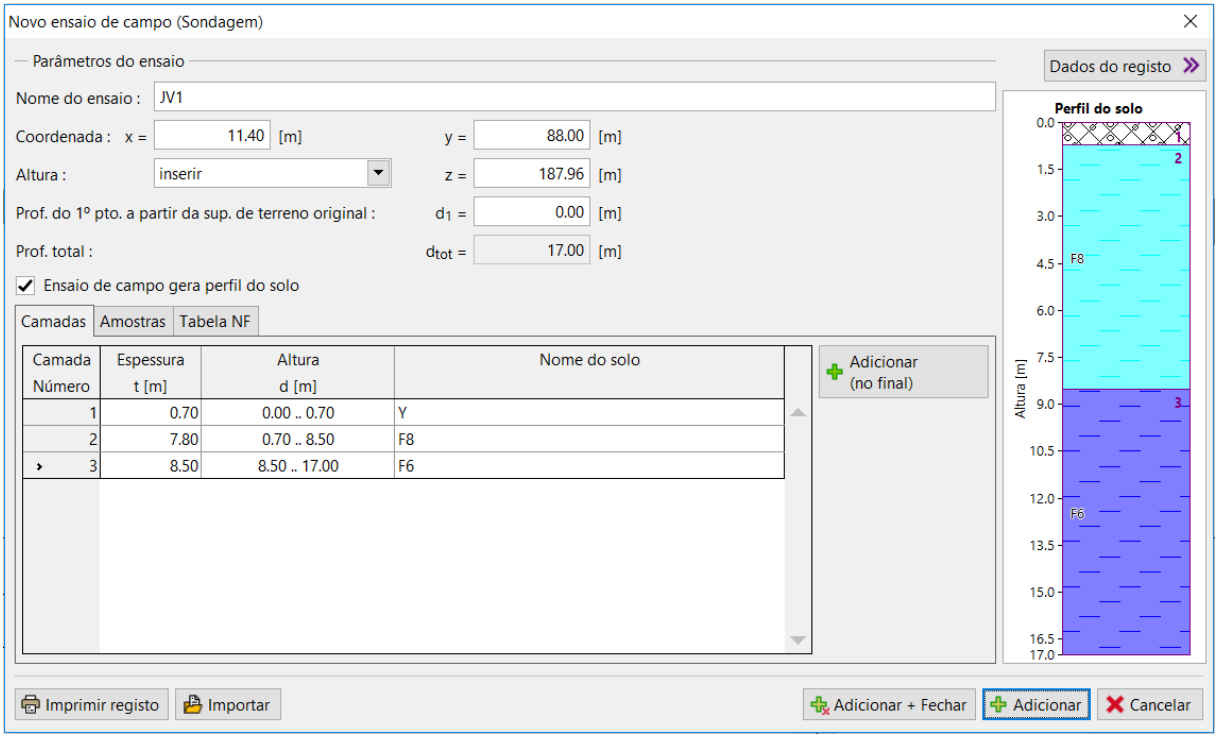
Vamos saltar a janela “Pontos do Terreno” – as dimensões do nosso modelo serão determinadas de acordo com as coordenadas das sondagens e CPTs.

Na janela “Ensaios de Campo”, vamos introduzir as sondagens *JV1* e *JV2*. Estas sondagens são introduzidas através do botão “Adicionar” e escolhendo o tipo de ensaio de campo (sondagem).

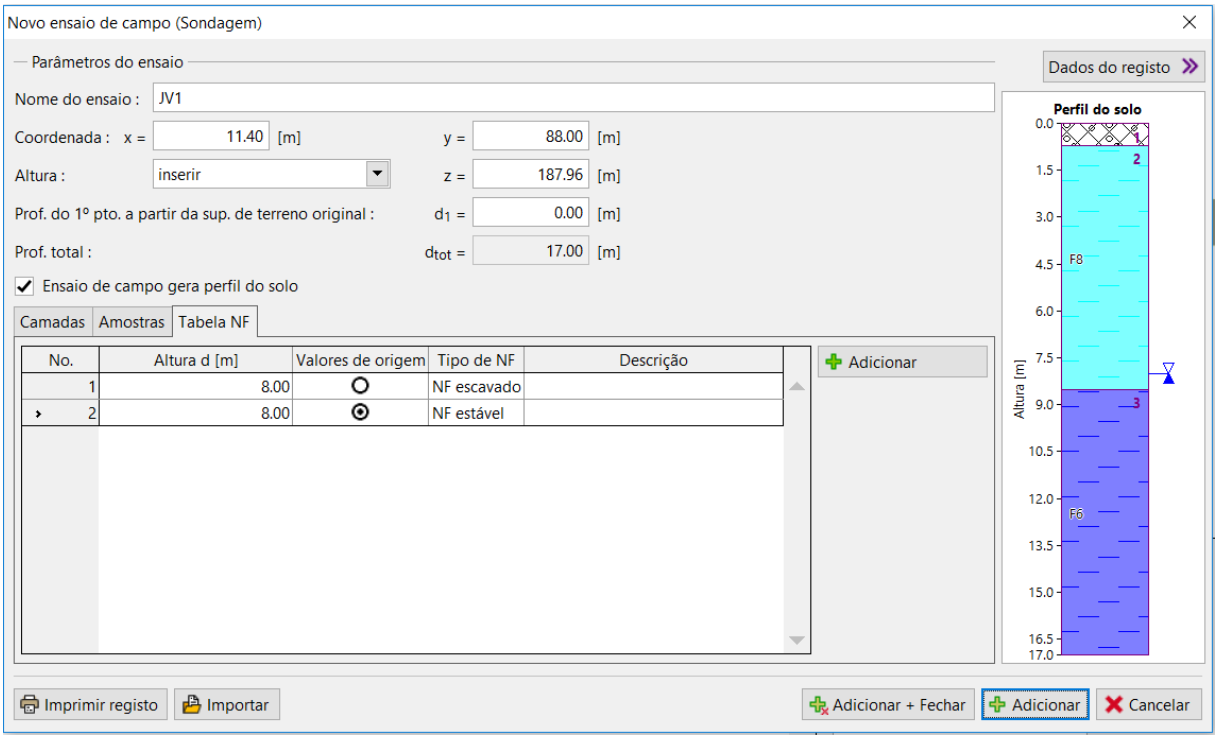


Janela “Ensaios de Campo” – introdução de sondagens

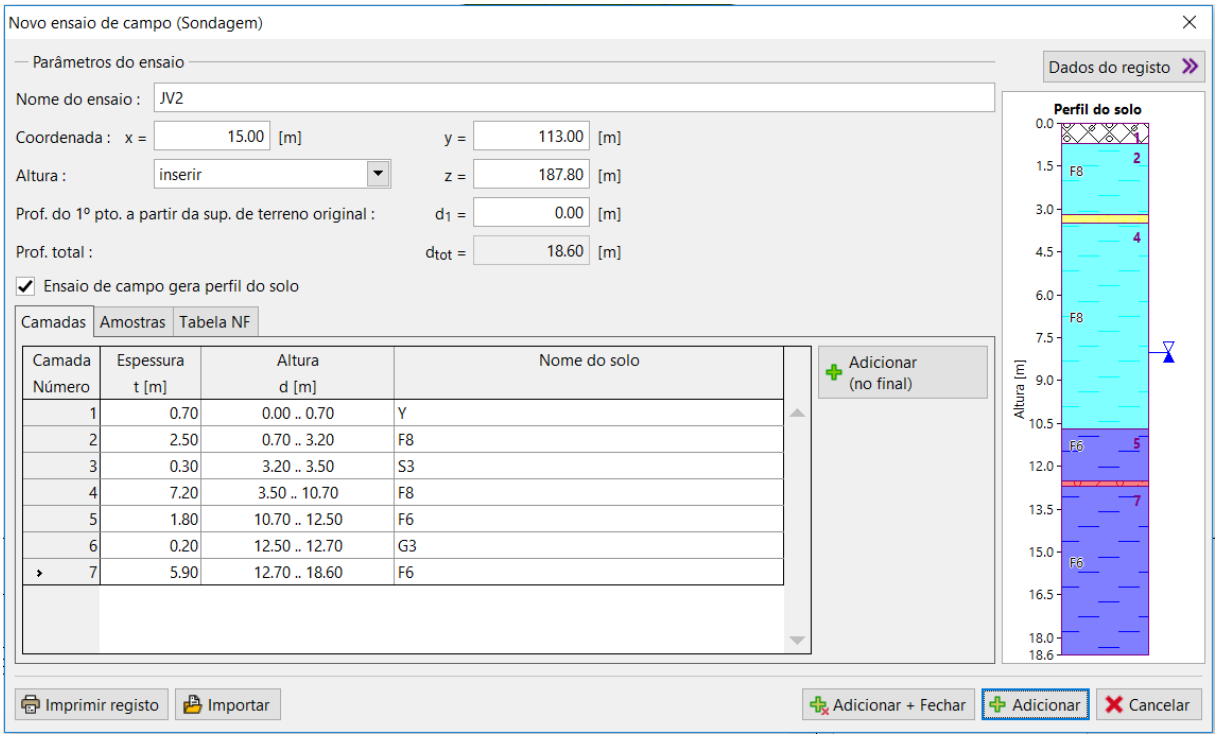
As coordenadas das sondagens, as camadas do solo (espessura, nome, padrão e cor) e o nível freático são introduzidas de acordo com a informação acima, da seguinte forma:



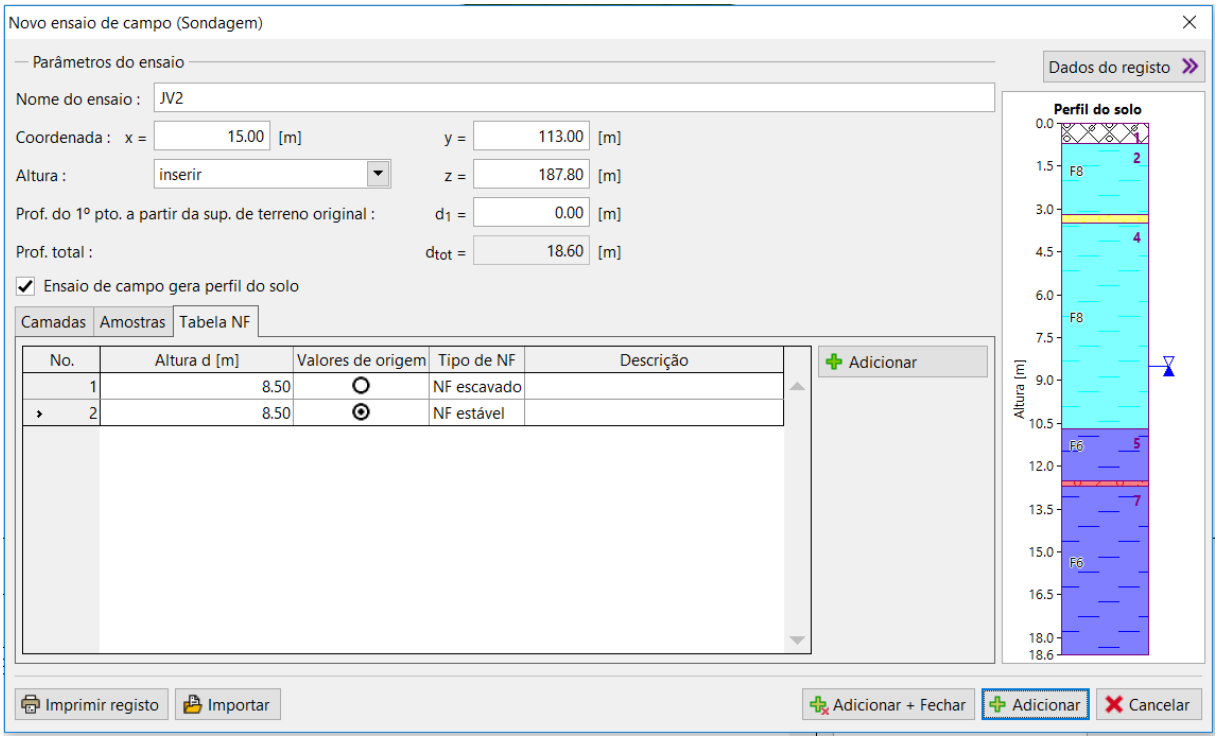
Introduzir sondagem JV1 – camadas



Introduzir sondagem JV1 – Nível freático

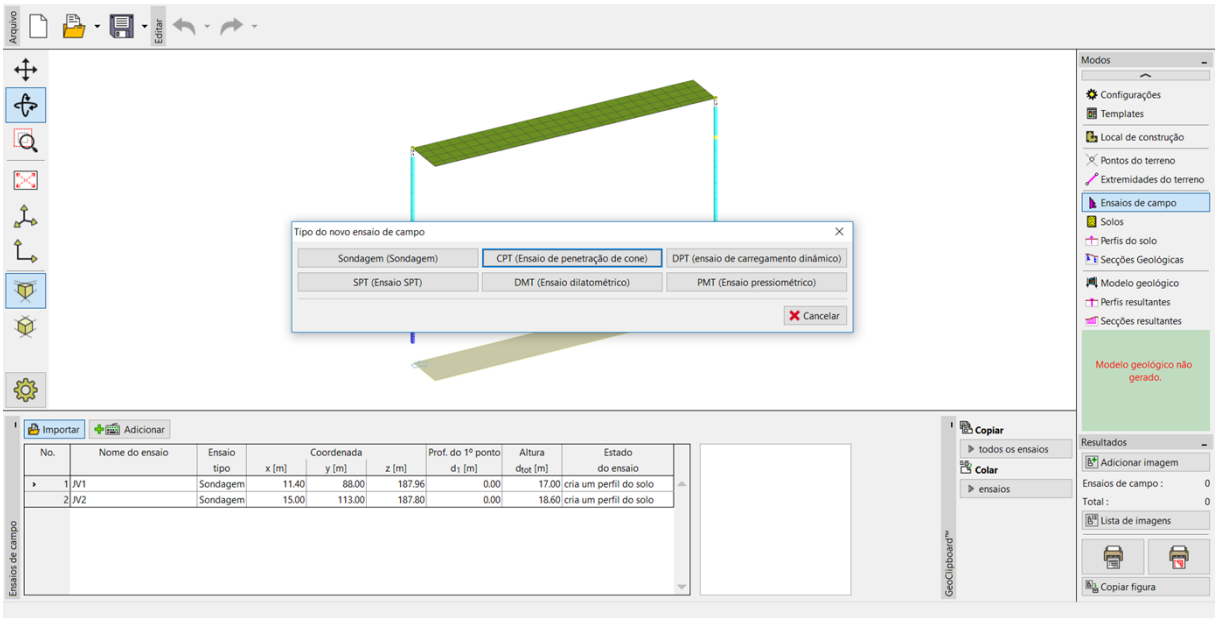


Introduzir sondagem JV2 – camadas



Introduzir sondagem JV2 – Nível freático

De seguida, é necessário introduzir os ensaios CPT – os valores medidos não são introduzidos manualmente, sendo que vamos importá-los em forma de tabela. A importação é realizada através do botão "Importar", selecionando o tipo de ensaio de campo (CPT).



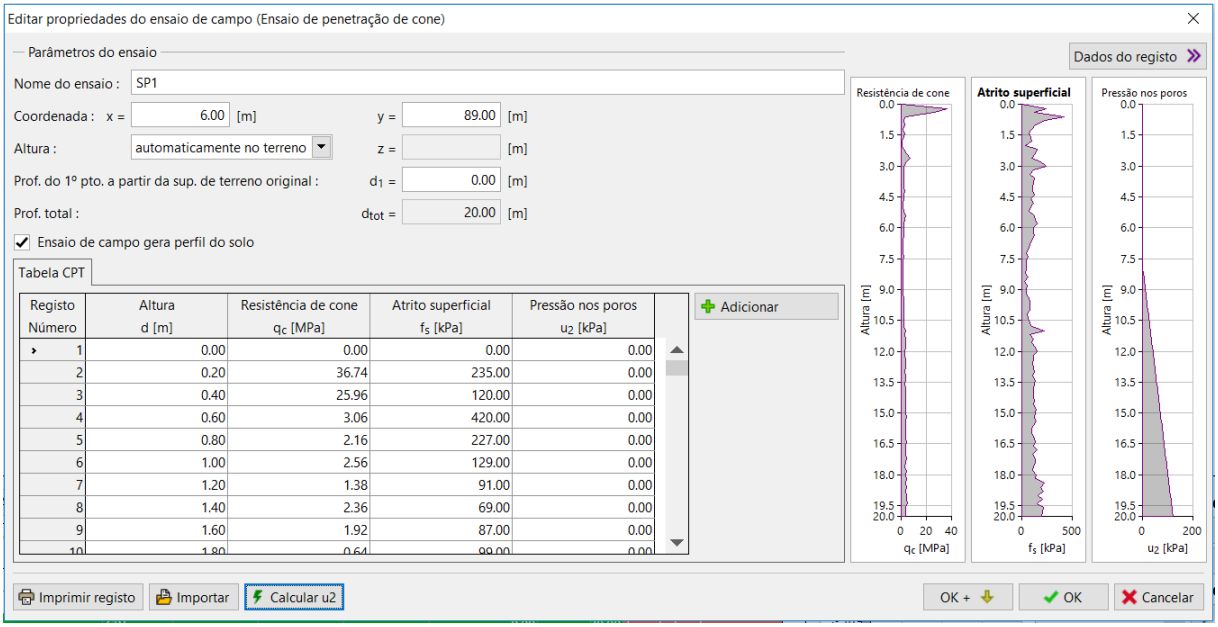
Janela "Ensaios de Campo" – importação de CPTs

Não possuímos qualquer informação acerca das coordenadas z dos ensaios CPT. Deste modo, vamos localizá-la automaticamente na superfície do terreno gerada de acordo com as coordenadas z das sondagens *JV1* e *JV2*.

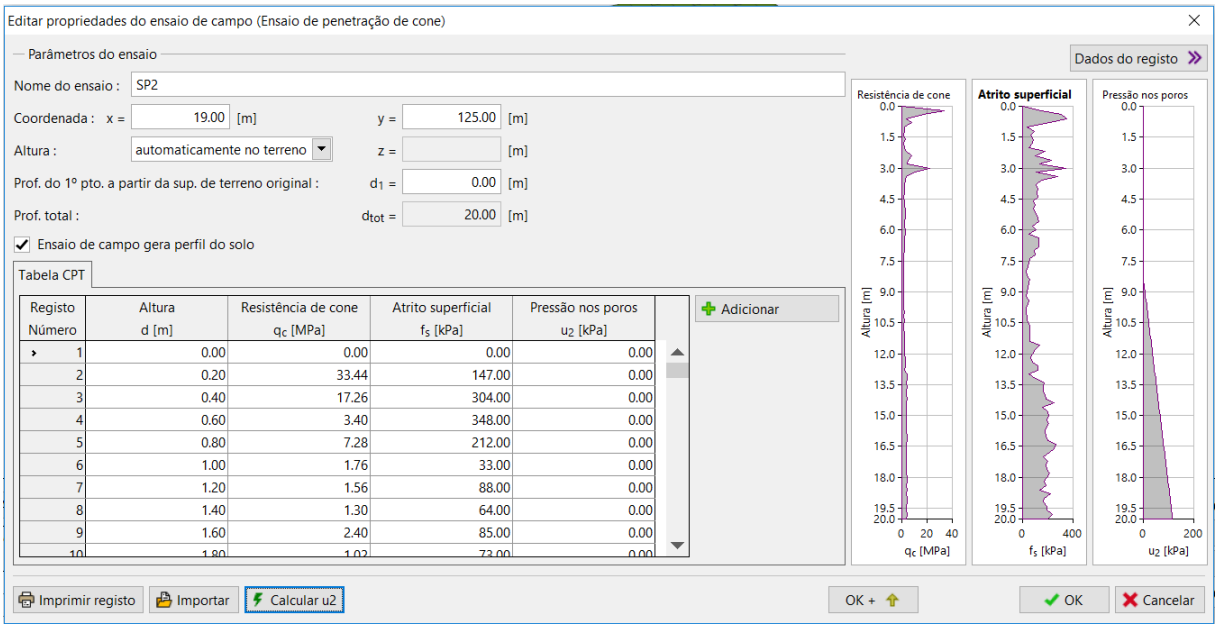
A pressão nos poros (u_2) não foi medida durante os ensaios CPT. Vamos deixar que o programa calcule a pressão nos poros automaticamente, com recurso ao nível freático encontrado nas sondagens *JV1* e *JV2*.

O CPT *SP1* está próximo da sondagem *JV1*, assim o nível freático está 8 m abaixo da superfície do terreno. O CPT *SP2* está próximo da sondagem *JV2*, assim o nível freático está 8.5 m abaixo da superfície do terreno

Os CPTs apresentam o seguinte aspeto:

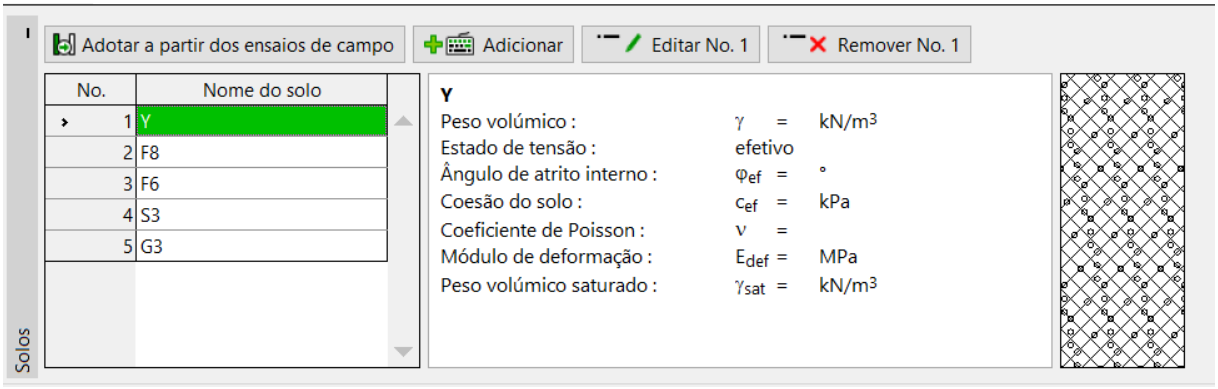


Importação do CPT SP1



Importação do CPT SP2

Introduzimos todos os solos presentes nas sondagens *JV1* e *JV2* (*Y, F6, F8, S3, G3*) através do botão "Adotar a partir dos ensaios de campo". Também é possível atribuir os parâmetros geológicos para cada solo. Estes parâmetros não têm qualquer influência no modelo – são utilizados para gerar documentação geológica ou para exportar dados para outros programas GEO5. Neste exemplo simplificado, não vamos atribuir parâmetros aos solos.

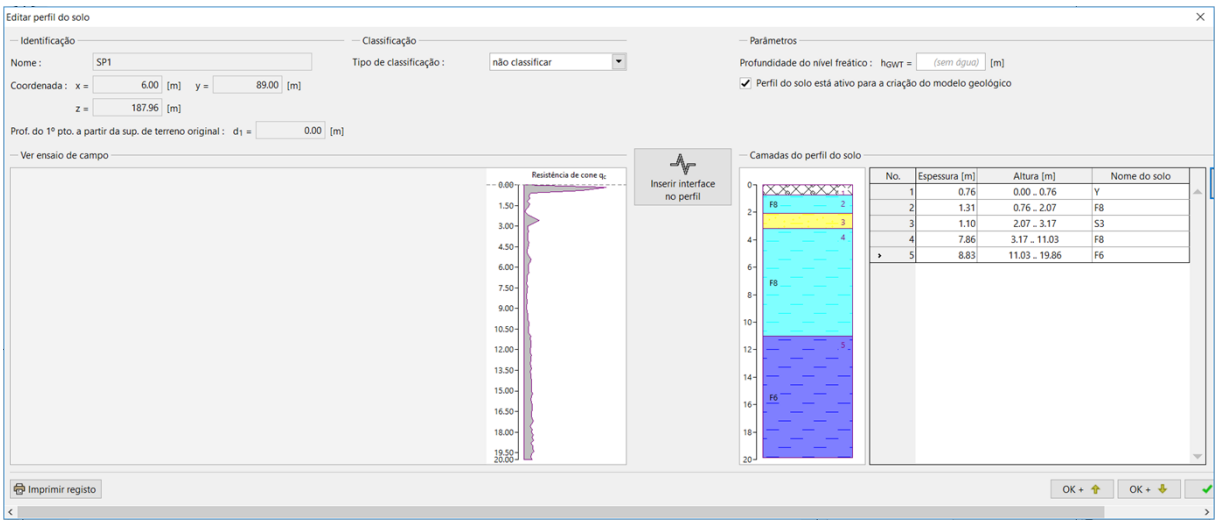


Adicionar solos de acordo com os ensaios

Agora, vamos passar à janela "Perfis do solo". Nesta janela, é possível verificar que os perfis dos ensaios foram criados automaticamente a partir das sondagens *JV1* e *JV2*. Sempre que são criados perfis de ensaios automaticamente a partir de CPTs, é necessário interpretar os valores medidos, tendo em consideração o perfil geológico. Isto pode ser feito manual ou automaticamente, de acordo com a classificação de solos de Robertson (1986 ou 2010). Para clarificar, mostramos ambas as opções neste manual.

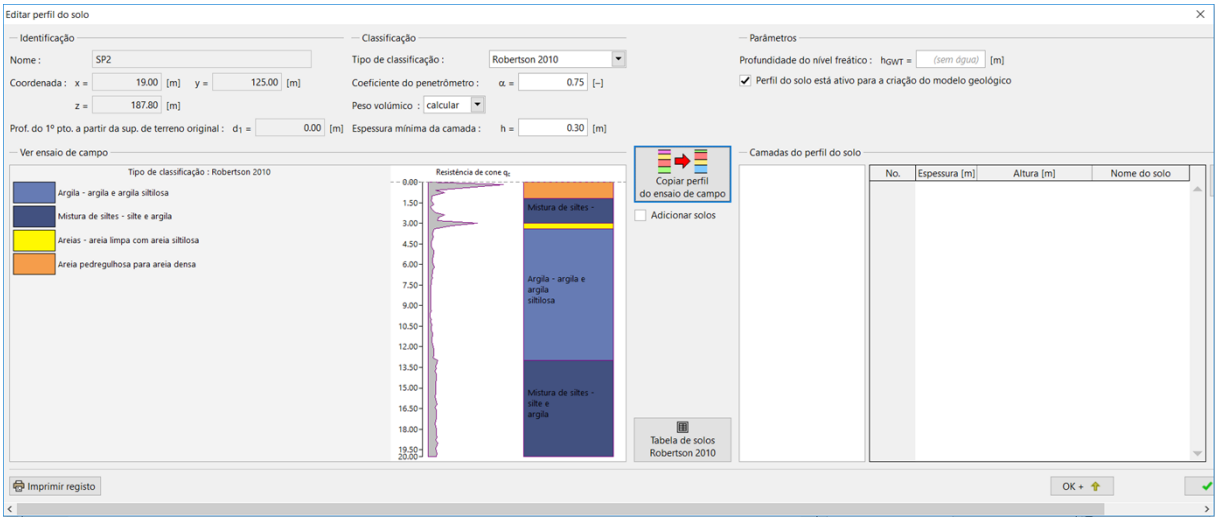
Primeiro, vamos criar o perfil geológico manualmente a partir do CPT *SP1*. Selecionamos a opção "não classificar" na parte central da caixa de diálogo.

Na parte esquerda da caixa de diálogo, podemos visualizar o gráfico da resistência de penetração q_c. Clicando com o botão esquerdo do mouse neste gráfico, são exibidas as interferências geológicas assumidas na parte direita da caixa de diálogo. Vamos atribuir os solos às camadas de acordo com os solos da sondagem *JV2*. O nível freático não foi medido, sendo que não o vamos introduzir. Este será gerado automaticamente de acordo com o nível freático introduzido para as sondagens *JV1* e *JV2*.



Criação manual do perfil geológico de acordo com o CPT

Agora, vamos passar ao ensaio *SP2*. Vamos utilizar a criação automática do perfil geológico de acordo com a classificação de solos (Robertson, 2010). Após o CPT ser interpretado, é normal obter um número elevado de camadas com espessura reduzida. Não é fácil trabalhar com um número tão elevado de camadas, sendo que vamos filtrá-las por espessura mínima da camada (0.3 m).



Resultado da classificação de solos de acordo com o CPT

Utilizando o botão “Tabela de solos – Robertson 2010”, atribuímos os solos introduzidos (a partir das sondagens *JV1* e *JV2*) aos solos da classificação dos CPT.

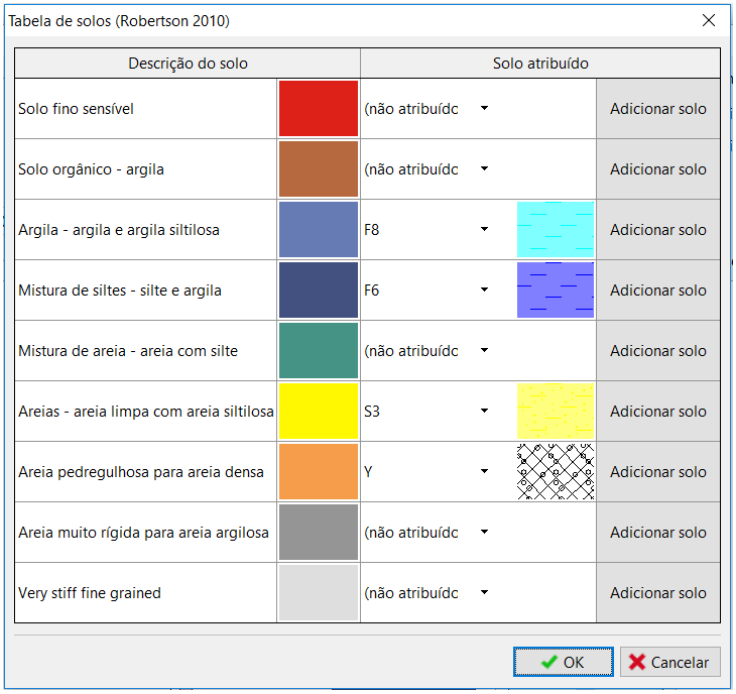
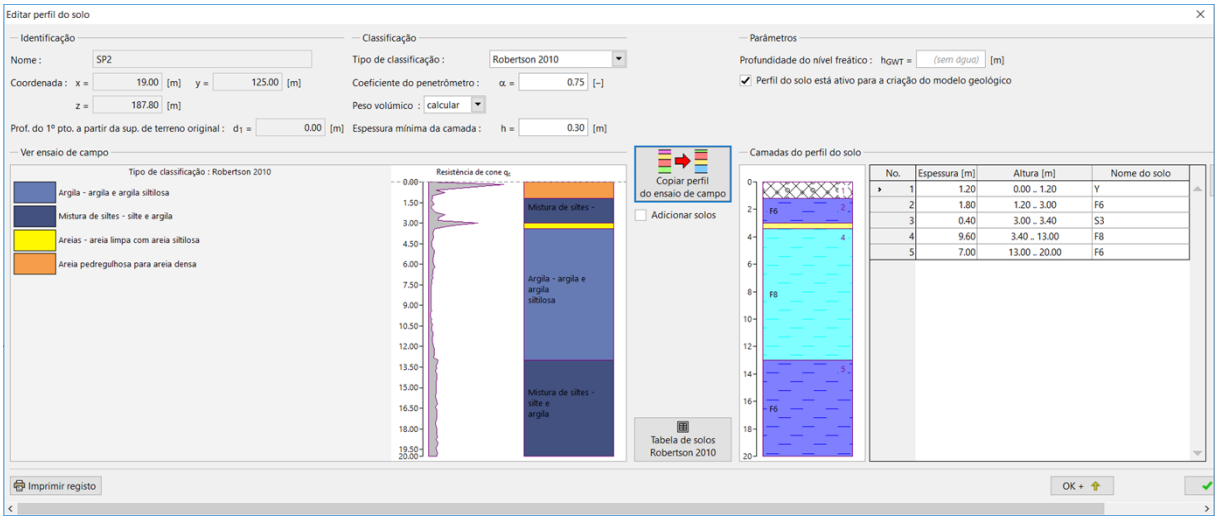


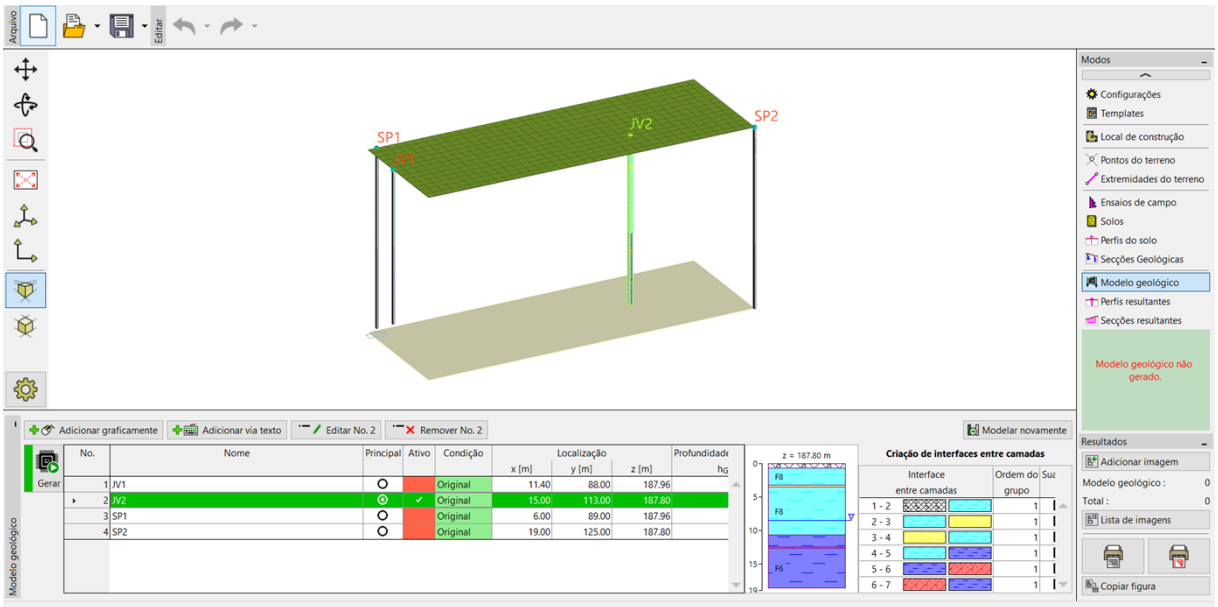
Tabela de atribuição de solos

Utilizando o botão “Copiar perfil a partir de ensaio de campo”, o perfil geológico é gerado a partir dos solos introduzidos nas camadas correspondentes ao resultado da classificação dos CPTs.



Criação automática do perfil geológico de acordo com a classificação de solos dos CPT

Agora, vamos passar à janela “Modelo Geológico”. Aqui, podemos visualizar as “sondagens” (perfis geológicos) criadas de acordo com as sondagens (*JV1*, *JV2*) e CPTs (*SP1*, *SP2*). Vamos definir a sondagem *JV2* como sondagem principal – esta sondagem é a mais profunda e contem todos os tipos de solos – por esta razão, esta fornece uma melhor visualização das condições geológicas do local de construção.

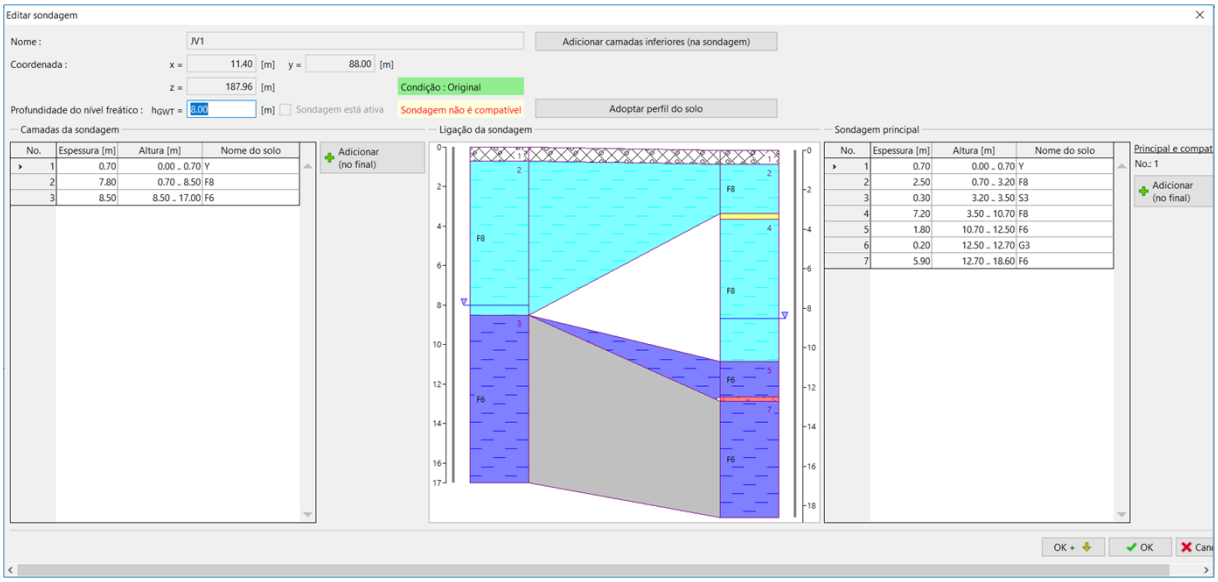


Janela “Modelo Geológico” – definição da sondagem principal

As restantes sondagens são exibidas a vermelho – isto significa que não são compatíveis com a sondagem principal. O modelo geológico é gerado a partir da sondagem principal e das sondagens compatíveis. Assim, é apropriado modificar todas as sondagens de forma a torna-las compatíveis. Após este passo, o modelo geológico será criado de acordo com todos os dados recolhidos a partir da investigação geotécnica. Assim sendo, vamos modificar todas as sondagens de forma a torná-las compatíveis com a sondagem principal.

Modificação da sondagem JV1

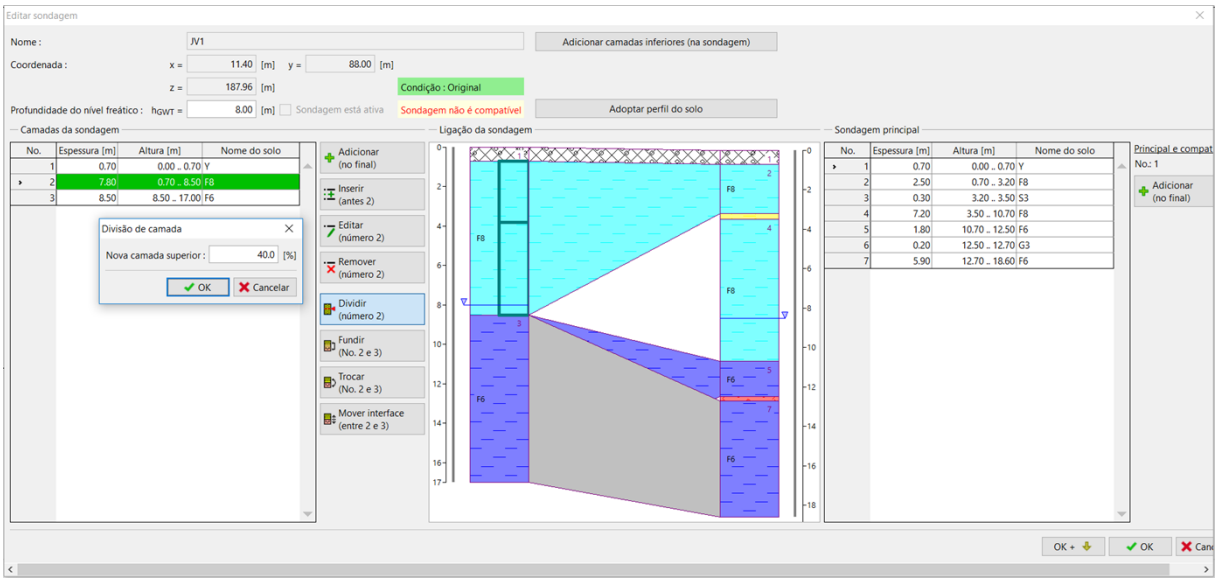
Vamos começar com a modificação da sondagem JV1. Após selecionar esta sondagem (JV1), podemos visualizar o seu estado atual na parte esquerda da caixa de diálogo. A sondagem principal (JV2) é exibida na parte direita. Na imagem abaixo, podemos verificar que as sondagens não são compatíveis.



Estado original da sondagem JV1

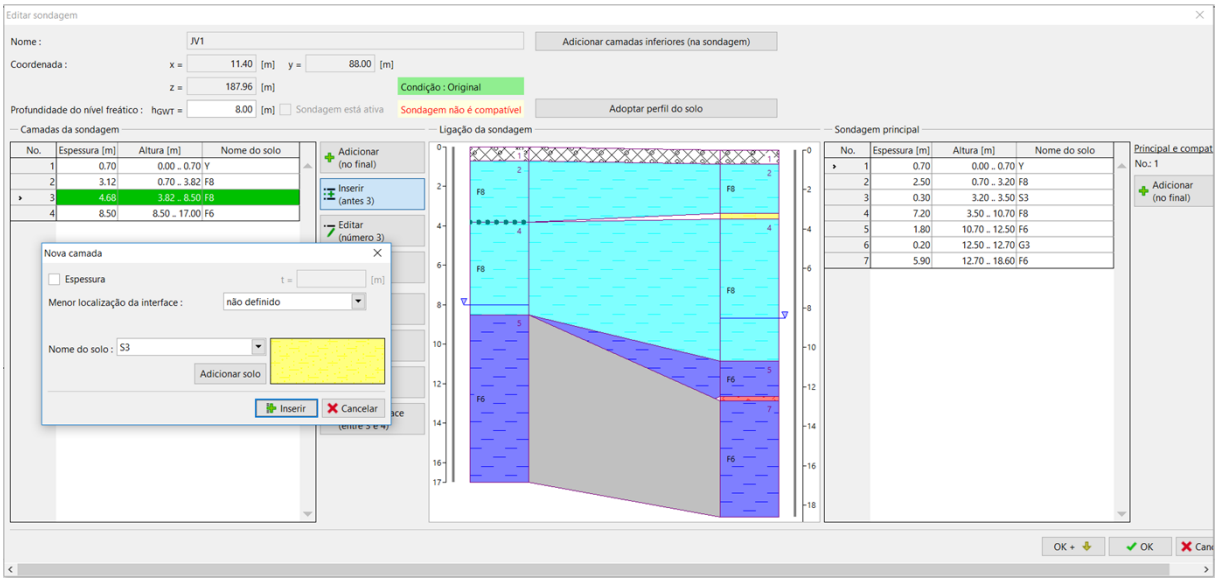
Não existem camadas de areia e cascalho (S3, G3) na sondagem *JV1*. Assumimos camadas geológicas horizontais aproximadas (com base no conhecimento geológico geral deste local). Por esta razão, vamos dividir as camadas F6 e F8 e inserir as camadas S3 e G3 **sem localização definida da interface** entre as novas camadas criadas. O perfil geológico da sondagem JV1 não foi alterado, mas agora é compatível com a sondagem principal.

Primeiro, vamos dividir a camada 2 com o rácio 4:6 (a camada superior fica com uma espessura de 40 % da camada original).



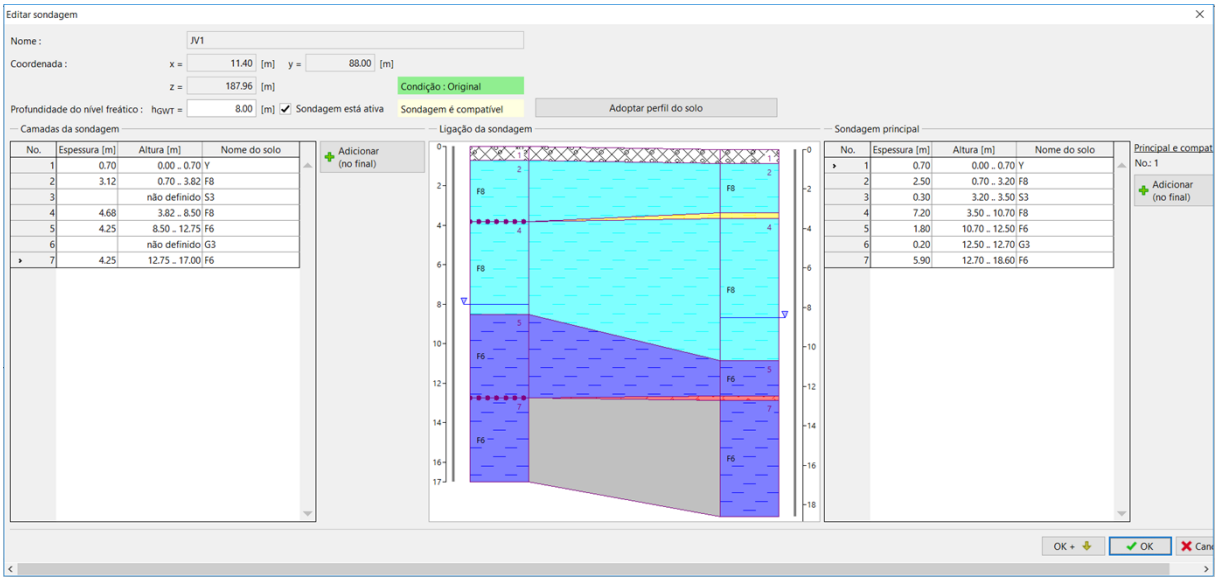
Divisão da camada 2 (F8)

Agora, vamos introduzir uma nova camada de solo S3 com zero de espessura, entre as novas camadas divididas, através do botão “Inserir (antes de 3)”.



Inserir uma nova camada S3

Vamos modificar a parte inferior da sondagem da mesma forma. Primeiro, dividimos a camada 5 (F6) utilizando o botão “Dividir (número 5)” com o rácio 1:1 (camada superior – 50 %). De seguida, introduzimos uma nova camada de solo G3 (espessura nula) utilizando o botão “Inserir (antes de 6)”. Agora, as sondagens *JV1* e *JV2* são compatíveis.

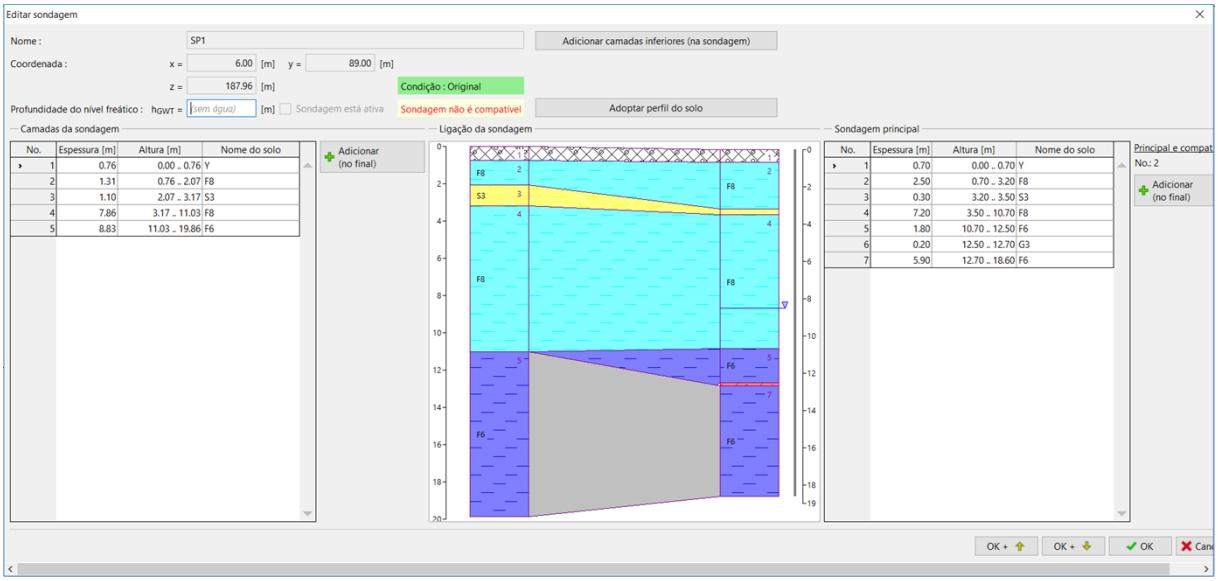


Novo estado da sondagem JV1

Modificação da sondagem SP1

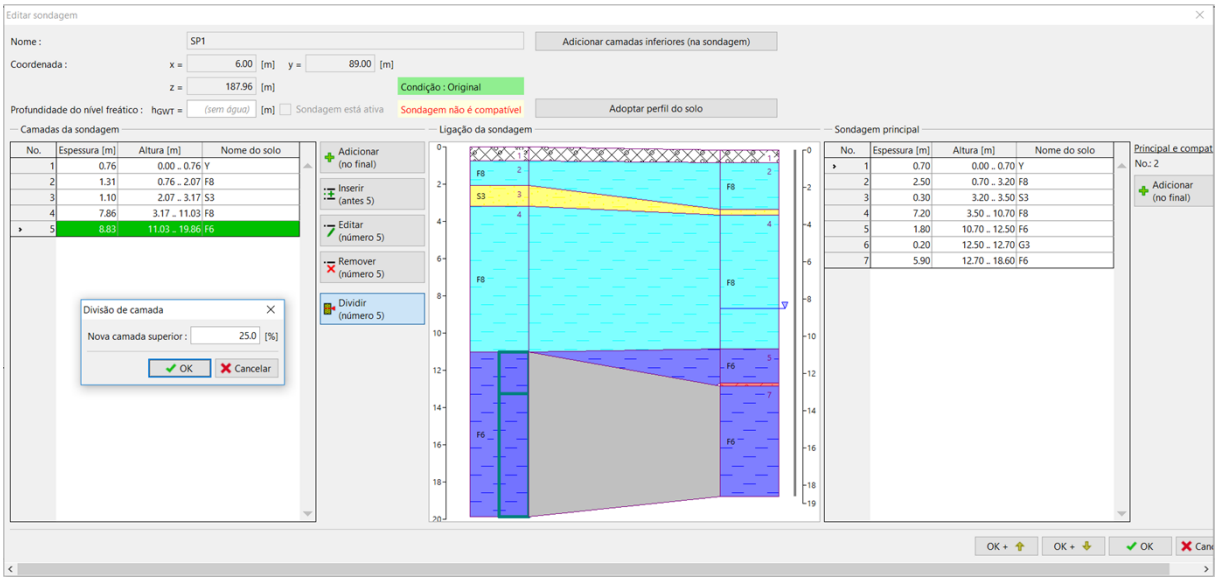
Agora, podemos começar a modificar a sondagem SP1 – o perfil geológico desta sondagem foi criado manualmente de acordo com a resistência de penetração qc medida no CPT SP1.

Na caixa de diálogo, podemos ver que a sondagem SP1 não é compatível com a sondagem principal. Neste caso, apenas a parte inferior das sondagens não é compatível. A parte superior da sondagem está correta – ambas as sondagens contêm uma camada de areia S3.



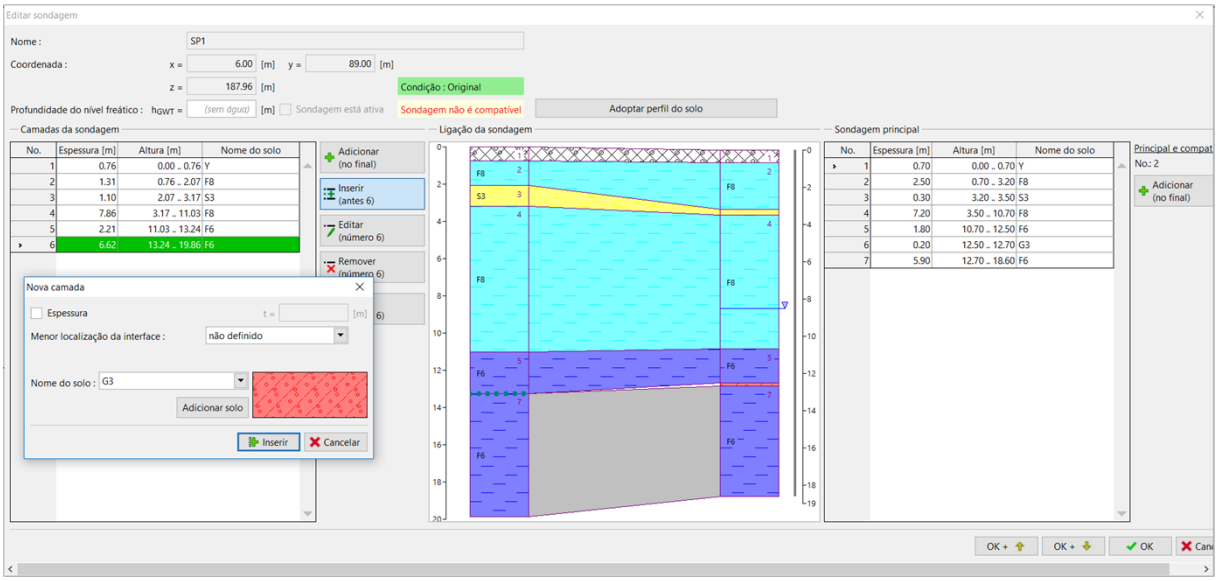
Estado original da sondagem SP1

Não existe nenhuma camada de cascalho (G3) na sondagem *SP1*. Vamos realizar uma modificação semelhante à realizada para a sondagem *JV1*. Primeiro, dividimos a camada 5 (F6) – a nova parte superior da camada vai consistir em apenas 25 % da camada original.



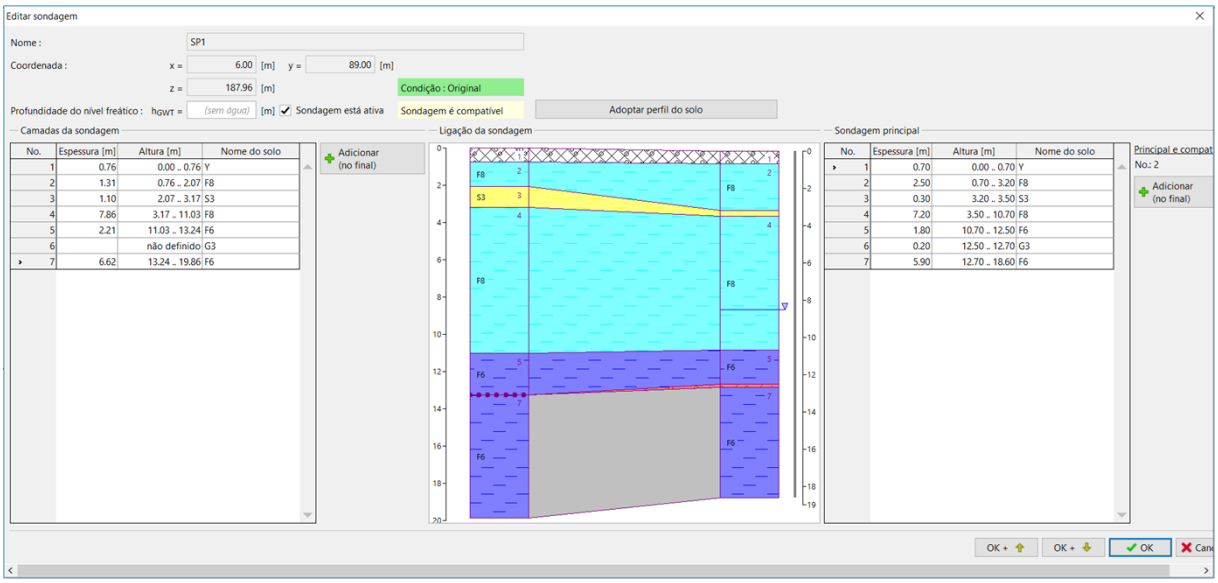
Divisão da camada 5 (F6)

Introduzimos uma nova camada de solo G3 entre as camadas divididas.



Inserir uma nova camada G3

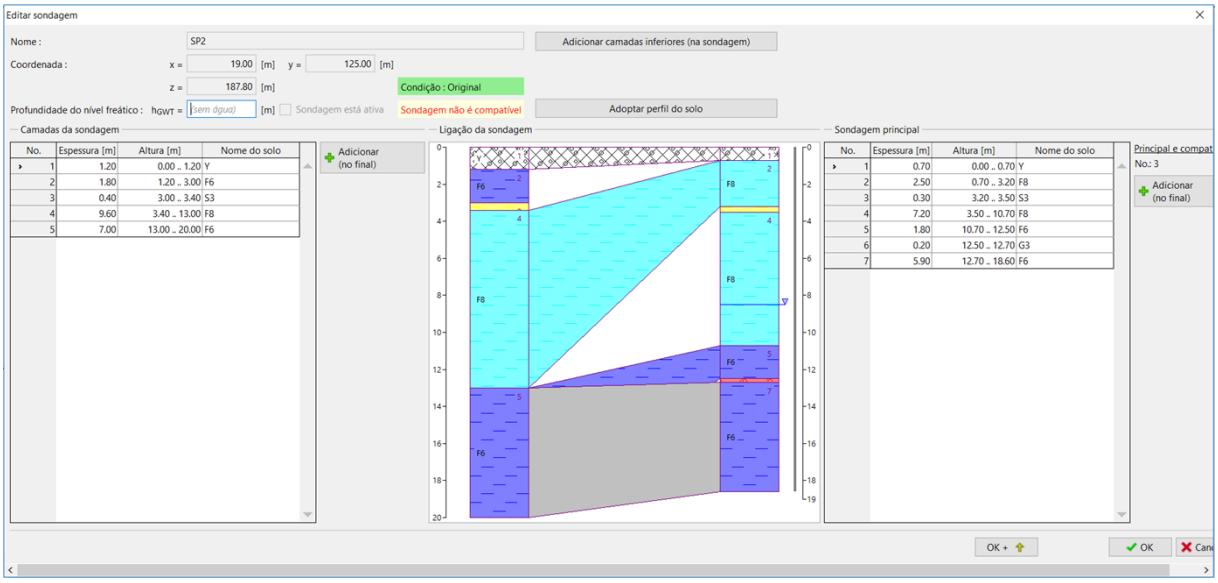
Agora, a sondagem *SP1* está compatível com a sondagem principal *JV2*.



Novo estado da sondagem SP1 – a sondagem é compatível com a sondagem principal

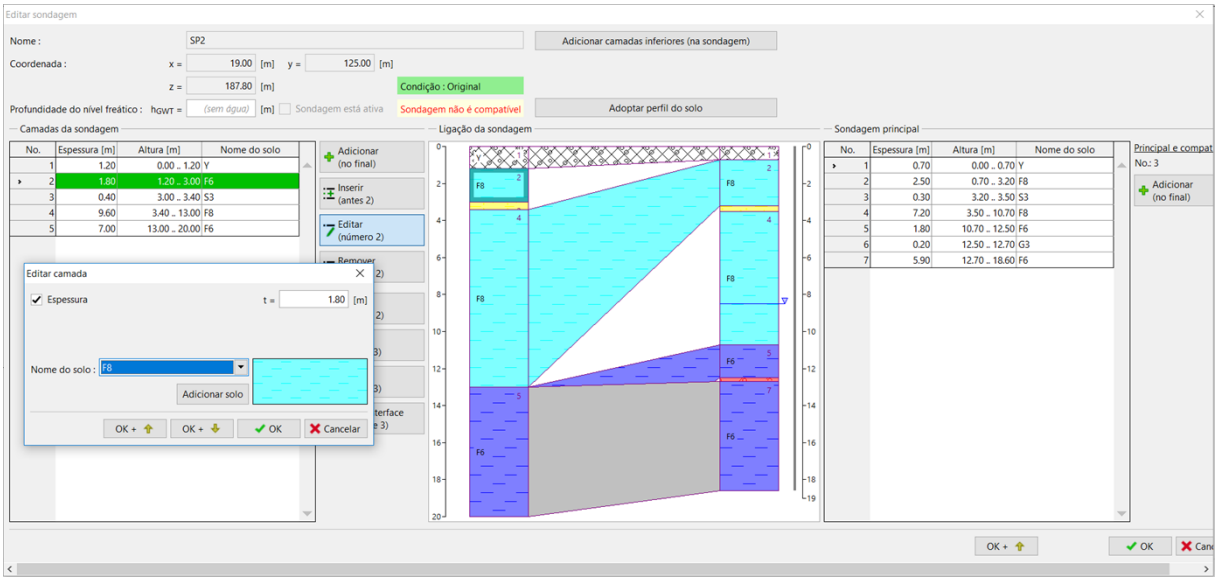
Modificação da sondagem SP2

Agora, é altura de modificar a última sondagem SP2 – o perfil geológico desta sondagem foi gerado automaticamente de acordo com a classificação de solos (Robertson, 2010). O estado original desta sondagem é exibido na imagem abaixo. As sondagens não são compatíveis, sendo necessário modificá-la.



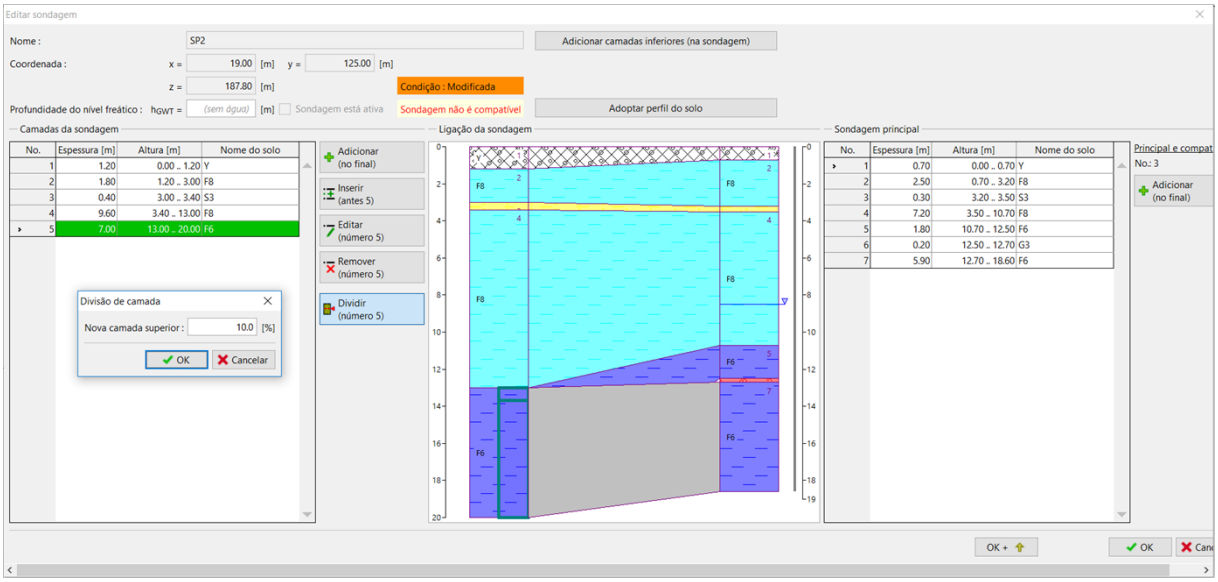
Estado original da sondagem SP2

A situação é mais complicada para a parte superior da sondagem. Na sondagem *SP2*, a camada de solo F6 está acima da camada de areia, mas na sondagem principal existe solo F8 nesta camada. Se desejarmos tornar as camadas compatíveis, podemos realizar as mesmas modificações realizadas anteriormente para as outras sondagens (dividir as camadas e inserir novas camadas). Uma vez que não existe tal ordem de camadas nas outras sondagens e que o perfil geológico desta sondagem foi criado automaticamente de acordo com a classificação de solos, o que por vezes pode não ser exato (especialmente para tipos de solo semelhantes – F6, F8), vamos assumir que a camada F8 está, também, acima da camada de areia nesta sondagem. Assim, selecionamos a camada 2 e alteramos o solo de F6 para F8.

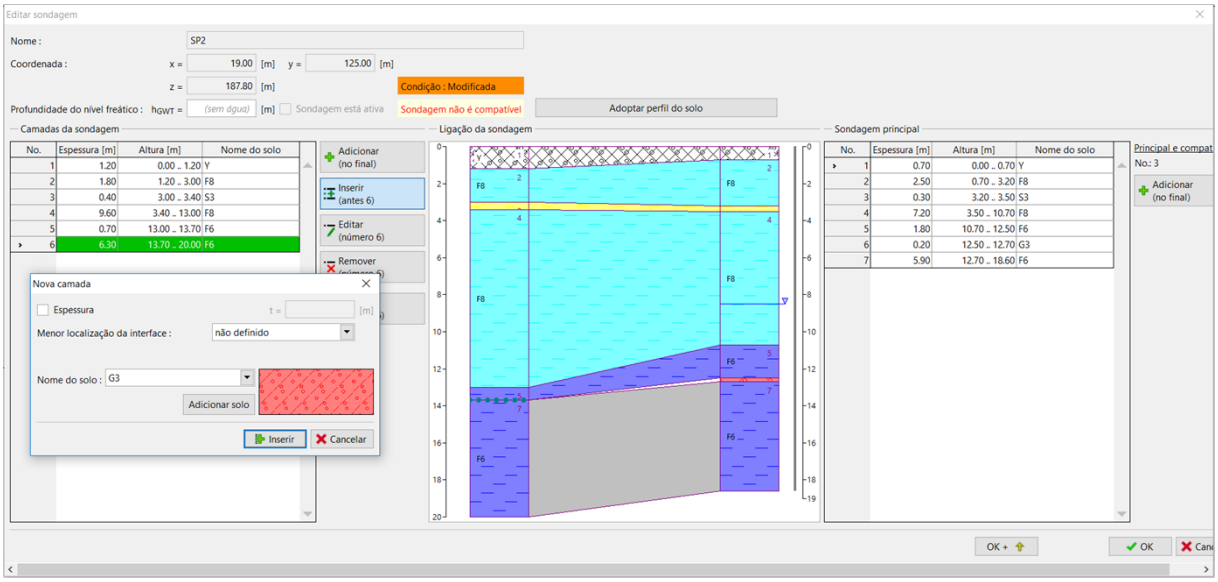


Alterar o solo na camada 2 (F6 -> F8)

Desta forma, tornámos as sondagens compatíveis na parte superior. Na parte inferior, vamos realizar as mesmas modificações que realizámos anteriormente para as sondagens *JV1* e *SP1*. Dividimos a camada 5 (camada superior – 10 %) e inserir uma camada de cascalho G3.

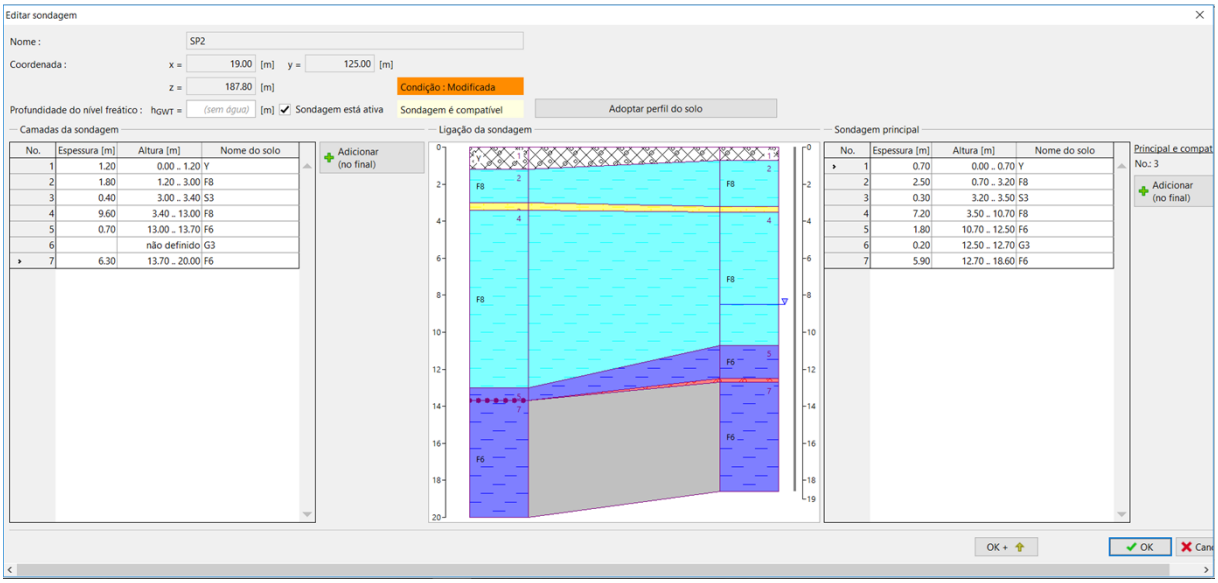


Divisão da camada 5 (F6)



Inserir uma nova camada (G3)

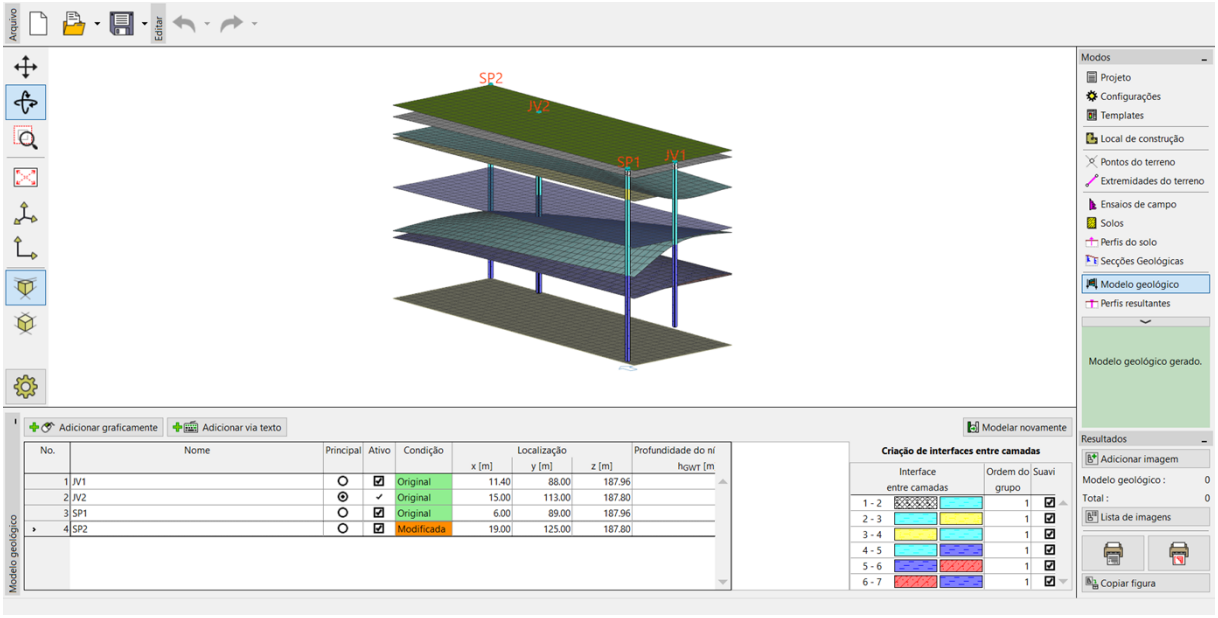
Agora, a sondagem *SP2* é compatível com a sondagem principal *JV2*.



Novo estado da sondagem SP2 – a sondagem é compatível com a sondagem principal

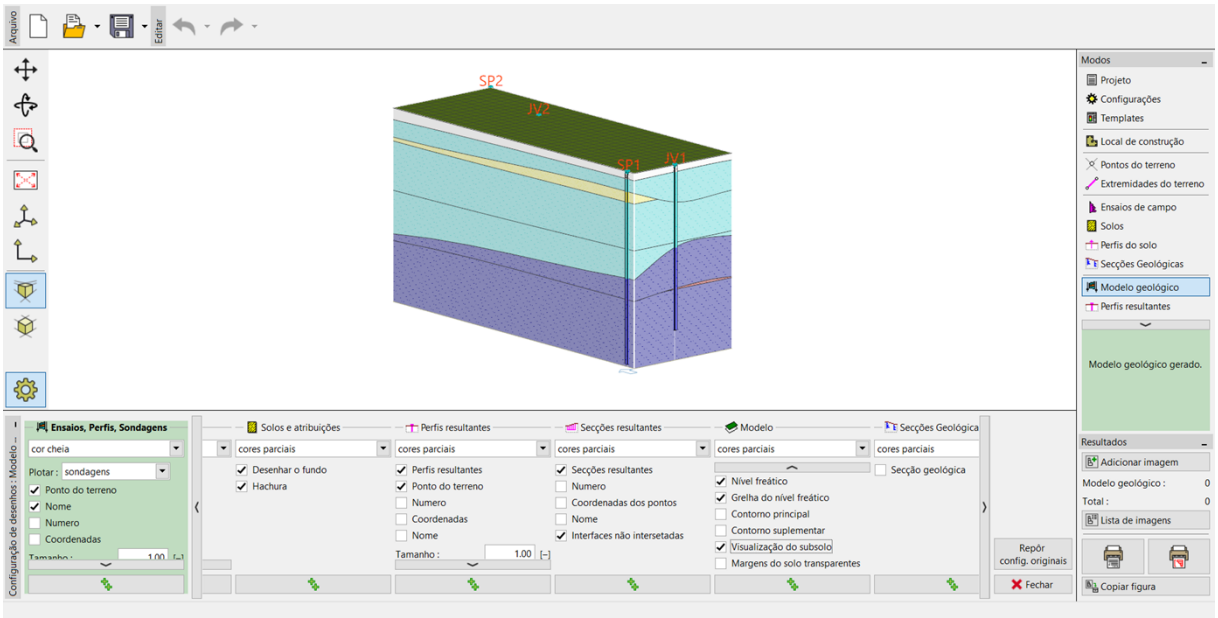
Modificações finais

Agora, na janela “Modelo Geológico”, podemos ver que todas as sondagens estão compatíveis. O modelo geológico é gerado de acordo com todos os ensaios (sondagens e CPTs).



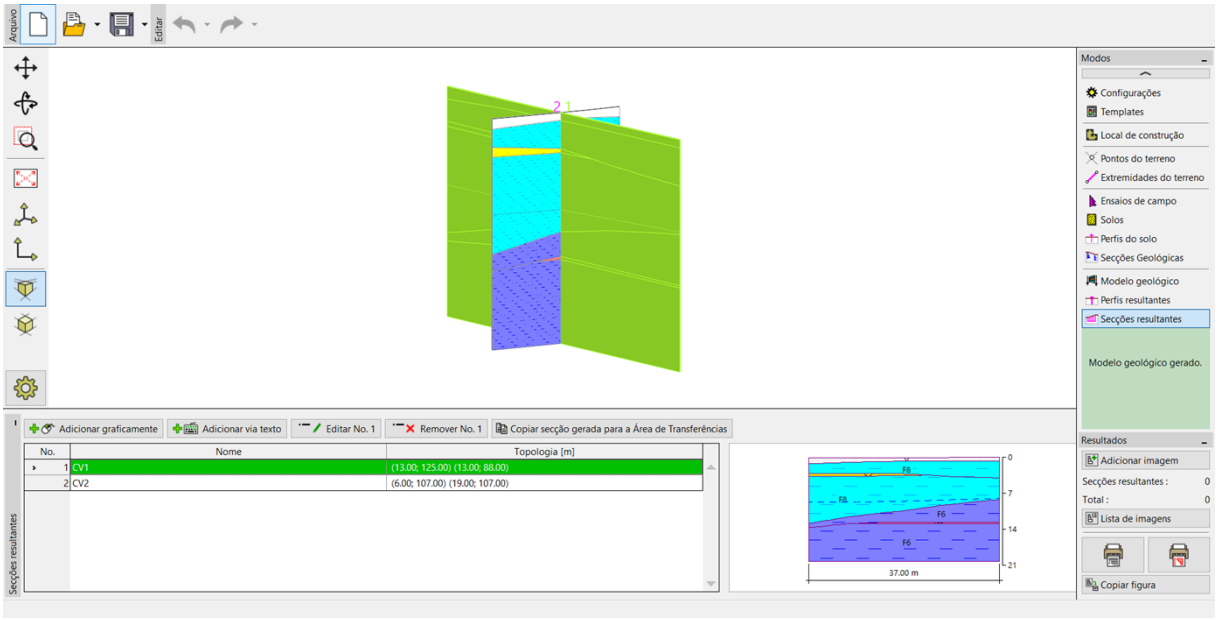
Janela “Modelo Geológico” – visualização do subsolo

Para melhor compreensão, abrimos as configurações de desenho (botão com a roda dentada na parte esquerda do ecrã) e selecionamos a opção “Subsolo”.



Janela “Modelo Geológico” – selecionar subsolo

No último passo, vamos à janela “Secções Resultantes” e adicionamos dois perfis perpendiculares. Os perfis são definidos da seguinte forma: CV1 [13,0; 125,0]; [13,0; 88,0] e CV2 [6,0; 107,0]; [19,0; 107,0].



Janela “Secções Resultantes”

Conclusão

Neste manual, focámo-nos em algumas funcionalidades básicas do programa “Estratigrafia”, mais especificamente na criação de perfis geológicos de acordo com sondagens e ensaios de penetração de cone (CPT) realizados.

Também realizámos modificações às sondagens para torná-las compatíveis. É importante salientar que este modelo apenas foi criado com o propósito de mostrar as diferentes funcionalidades e possibilidades de modelação do programa. Na prática da engenharia, este modelo seria, provavelmente, criado de forma diferente – ex.: camadas de areia e cascalho com espessura reduzida seriam provavelmente ignoradas. O programa “Estratigrafia” também permite que o usuário crie modelos geológicos complexos de forma simples. O manual de engenharia seguinte (No. 39) foca-se nessa possibilidade. O manual seguinte contem algumas modificações simples das camadas geológicas, mas também aspetos mais complexos como a criação de lentes ou falhas geológicas.