

## Análise da capacidade de carga e do assentamento de estacas com base em ensaios CPT

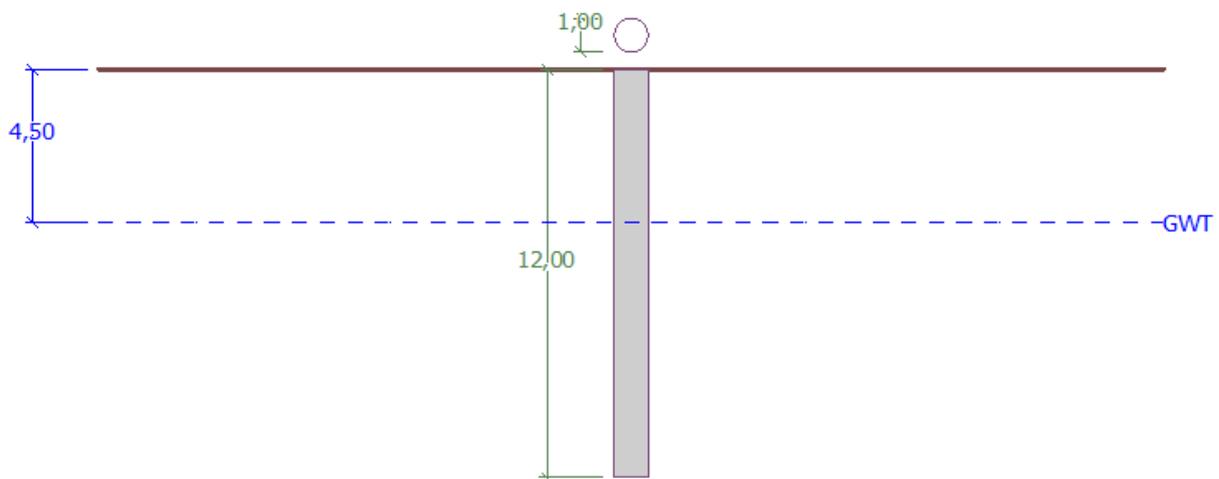
Programa: Estaca via CPT

Arquivo: Demo\_manual\_15.gpn

O objetivo deste manual de engenharia é explicar como utilizar o programa GEO5 Estaca via CPT.

### Definição do problema

A definição geral do problema foi descrita em um dos capítulos apresentados anteriormente (12. *Fundações por estacas – Introdução*). Analise a capacidade de carga e o assentamento de uma estaca isolada ou de um grupo de estacas, de acordo com EN 1997-2.

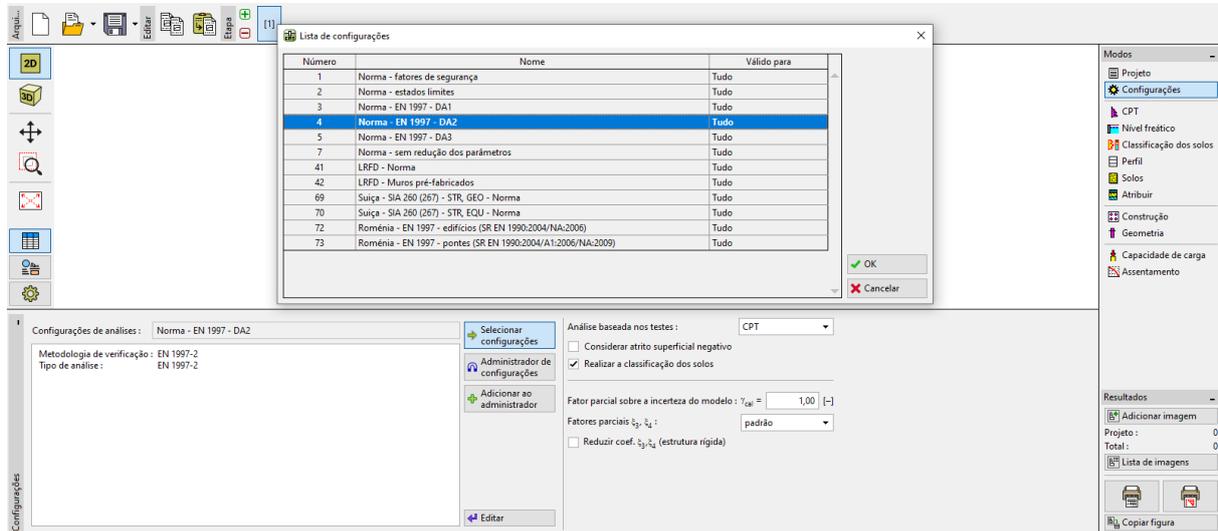


*Esboço do problema – estaca isolada analisada com base em ensaios CPT*

### Resolução

Para analisar este problema vamos utilizar o programa GEO5 Estaca via CPT. No texto abaixo, vamos descrever a resolução deste problema passo-a-passo.

Na janela “Configurações”, utilize o botão “Selecionar configurações” (na parte central do ecrã). Na caixa de diálogo “Lista de configurações” escolha a opção “Norma – EN 1997”. A metodologia de dimensionamento não é importante, sendo que a análise será realizada de acordo com a Norma *EN 1997-2: Geotechnical Design – Part 2: Ground investigation and testing*.



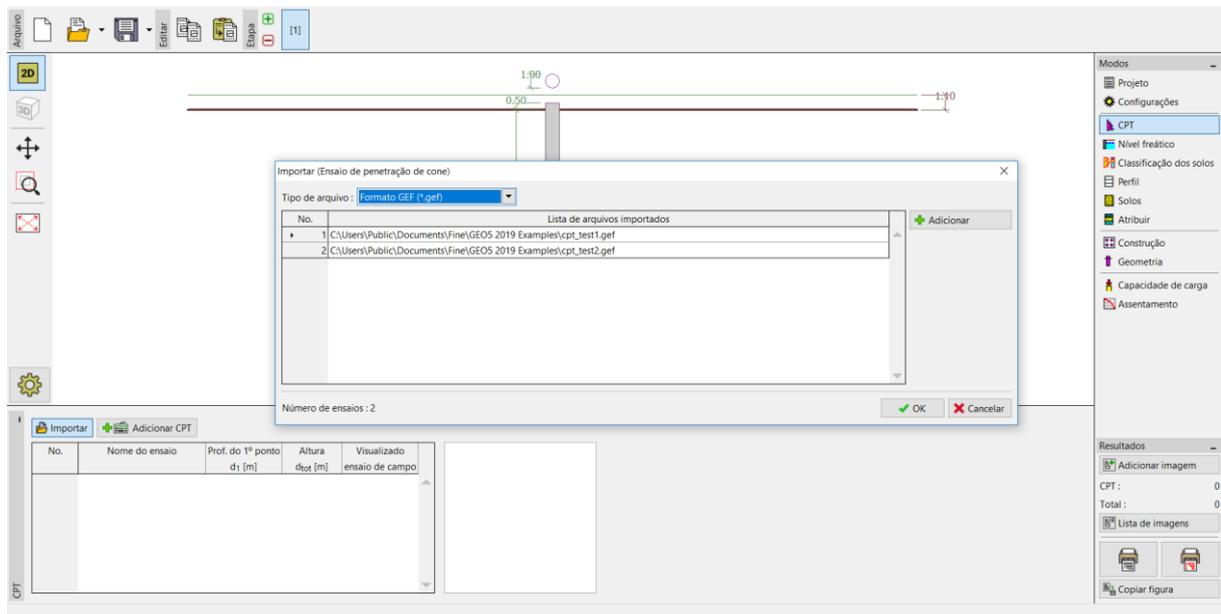
Janela “Configurações”

Na primeira análise, vamos avaliar uma estaca isolada, não sendo necessário definir os coeficientes de redução de correlação  $\xi_3, \xi_4$ . Não vamos considerar a influência do atrito superficial negativo. Nesta janela, também é possível definir o *fator parcial de incerteza do modelo*, que é utilizado para reduzir a capacidade de suporte total da estaca calculada – vamos manter o valor de origem igual a 1.0.

Nesta janela, vamos selecionar a opção “Realizar a classificação dos solos”. Esta opção assegura que os parâmetros dos solos serão atribuídos automaticamente, para toda a tarefa, a partir dos ensaios CPT realizados.

*Nota: Os coeficientes de correlação  $\xi_3, \xi_4$  e a capacidade de suporte total da estaca dependem do número de ensaios CPT realizados. Quando existirem mais ensaios CPT, o valor dos coeficientes de correlação é menor. Para dois ensaios de penetração estáticos, os valores dos coeficientes são  $\xi_3 = 1.35, \xi_4 = 1.27$ , de acordo com a **Tabela A.10 - Coeficientes de Correlação para Avaliar a Capacidade de Suporte de Estacas a partir de CPTs**, presente na Norma EN 1997-1 (Parte A.3.3.3).*

Agora, vamos passar à janela “CPT”. Aqui, vamos importar os ensaios existentes para o programa, através dos botões “Importar” e “Adicionar”.



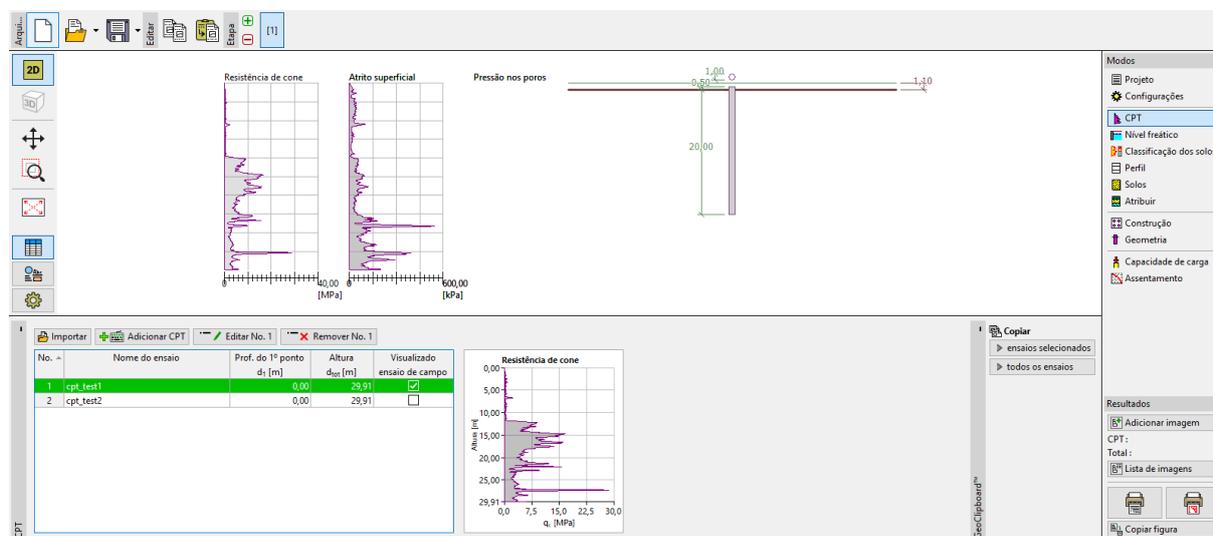
Janela “CPT”

*Nota: Os ficheiros para importação (cpt\_test1.gef, cpt\_test2.gef) estão incluídos na pasta de instalação GEO5 e estão localizados na pasta FINE, em documentos públicos.*

*Nota: Os ensaios CPT podem ser importados em vários formatos. No nosso exemplo, vamos utilizar o formato Holandês GEF. Para mais informações, consulte a Ajuda do programa – clique em F1 ou via [online](#).*

*Nota: Também é possível adicionar ensaios CPT manualmente, através do botão “Adicionar CPT”. Uma vez que é normal existir um número elevado de pontos de medição, é mais frequente utilizar a importação de dados.*

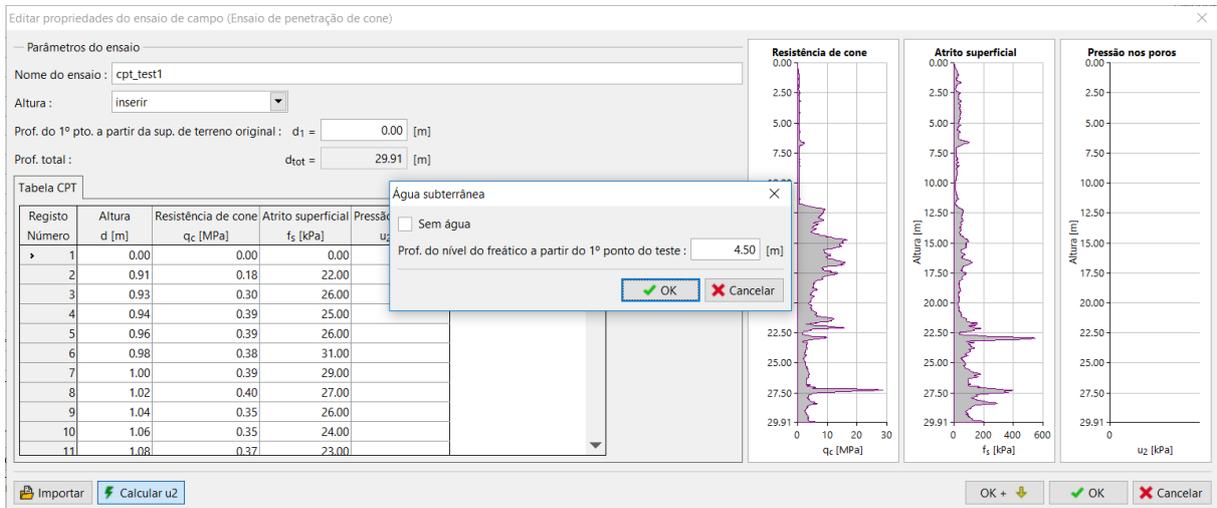
Após clicar no botão “OK”, os ensaios são carregados no programa e são exibidos os gráficos com os valores medidos para a resistência de cone e para o atrito local.



Janela “CPT” – ensaios importados

*Nota: Os ensaios CPT podem ser divididos em dois tipos. Os ensaios CPT normais, medem a resistência de cone ( $q_c$ ) e o atrito superficial ( $f_s$ ). O segundo tipo é um ensaio mais detalhado conhecido como  $CPT_u$ , que também mede a pressão nos poros. Os ensaios  $CPT_u$  são mais dispendiosos e mais complexos a nível técnico. No entanto, o conhecimento da pressão nos poros ( $u$ ) é necessário para classificar os solos corretamente, com base nos resultados dos ensaios CPT. Se a posição do nível freático for conhecida, o programa pode calcular a pressão nos poros automaticamente. Isto está explicado no texto seguinte.*

Selecione o ficheiro “cpt\_test1” e clique no botão “Editar No. 1”. Após clicar no botão “Editar”, abre-se a caixa de diálogo com os resultados detalhados do ensaio selecionado.

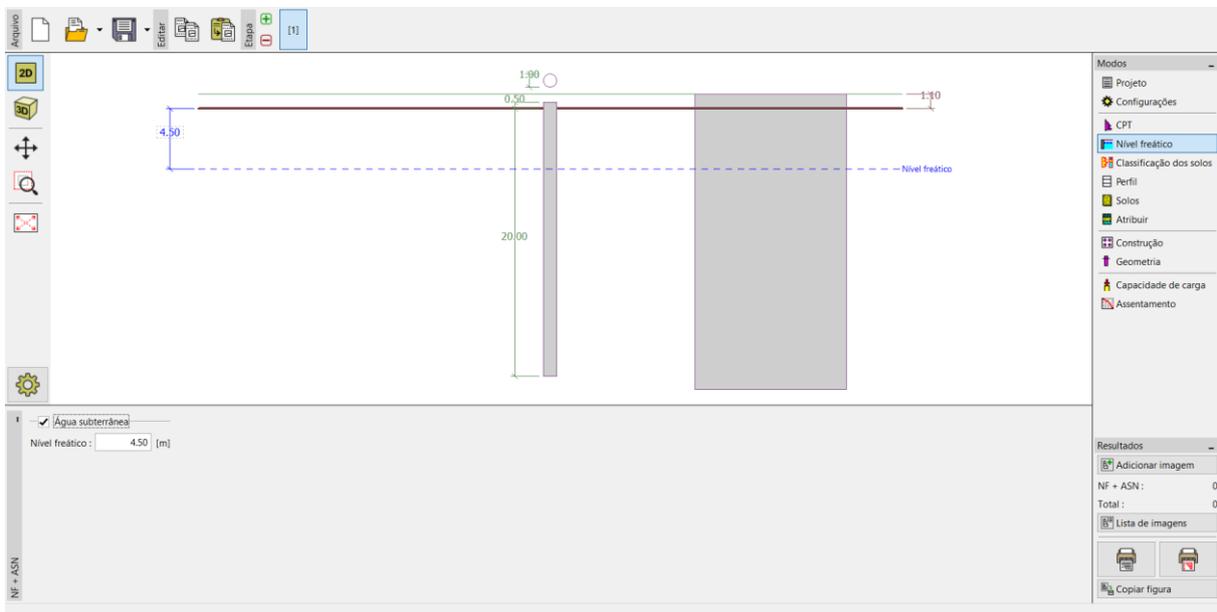


Janela “CPT” – cálculo da pressão nos poros

Nesta caixa de diálogo, clique no botão “Calcular  $u_2$ ”, na parte esquerda do ecrã, e defina o nível freático pretendido à profundidade de 4.50 m.

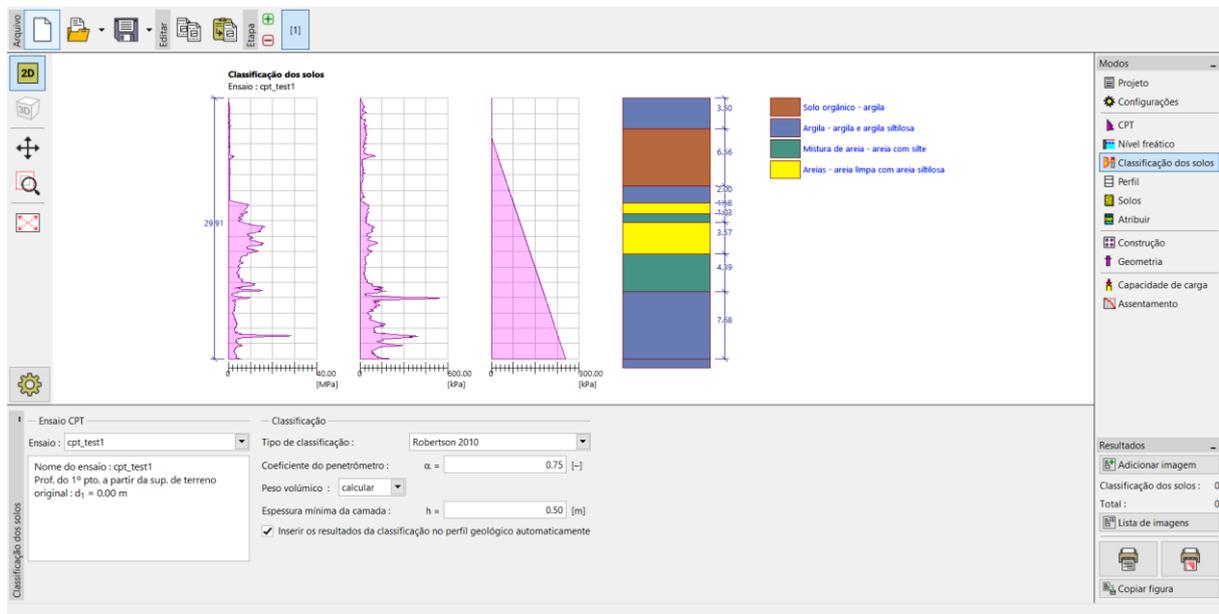
Calculamos a pressão nos poros de ambos os ensaios desta forma.

Também é necessário introduzir o nível freático na janela “Nível freático”.



Janela “Nível freático”

Agora, passamos à janela “Classificação dos solos”. Selecione a classificação de acordo com Robertson (2010). O rácio de área líquida do penetrómetro tem um valor standard de 0.75. Selecione a opção “calcular” para calcular o peso volúmico através dos ensaios CPT. Por último, defina a espessura mínima da camada como 0.50 m, de forma a obter uma visualização clara do perfil geológico. Para mais informações, consulte a Ajuda do programa – clique em F1 ou via [online](#).

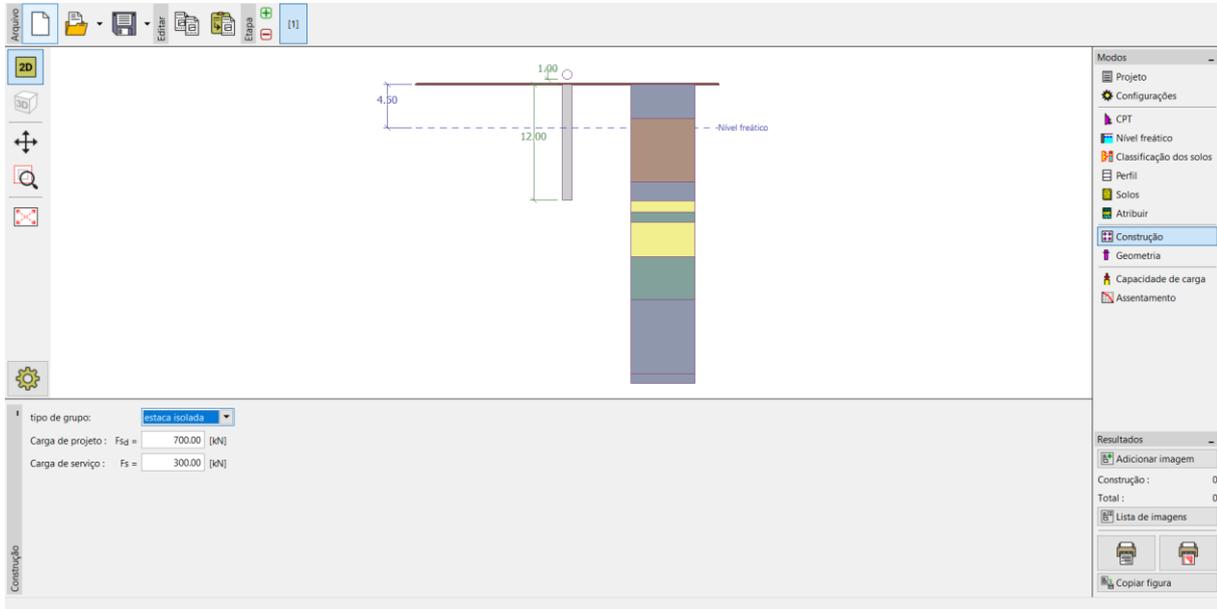


Janela “Classificação dos solos”

*Nota: A classificação dos solos é sempre realizada apenas para um ensaio CPT – é necessário especificá-lo no campo correspondente.*

Podemos saltar as janelas “Perfil”, “Solos” e “Atribuir” – todos os dados são preenchidos automaticamente com base nos valores obtidos através dos ensaios CPT.

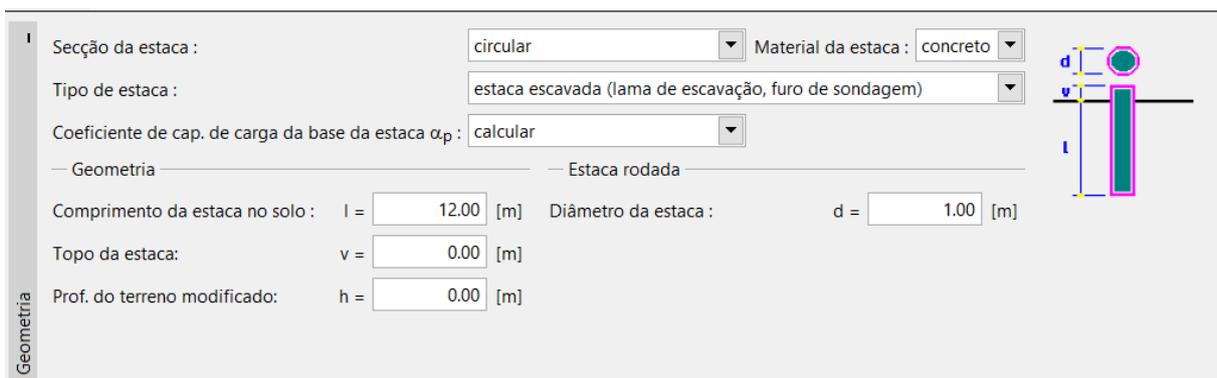
Na janela “Construção”, selecione a opção “estaca isolada”. De seguida, defina o valor da carga vertical máxima atuante na estaca, conforme mostra a imagem abaixo. A carga de projeto é utilizada para a análise da capacidade de suporte da estaca e a carga de serviço é utilizada para a análise de assentamento.



Janela “Construção”

Na janela “Geometria”, vamos introduzir o material da estaca e a secção transversal, definir as dimensões base, isto é, o diâmetro da estaca e o seu comprimento cravado no solo. Seguidamente, vamos definir a técnica de execução da estaca. Neste caso, vamos considerar estacas escavadas sem revestimento do furo ou estabilizado com lamas de escavação.

O coeficiente da capacidade de suporte da base da estaca  $\alpha_p$  é calculado automaticamente.



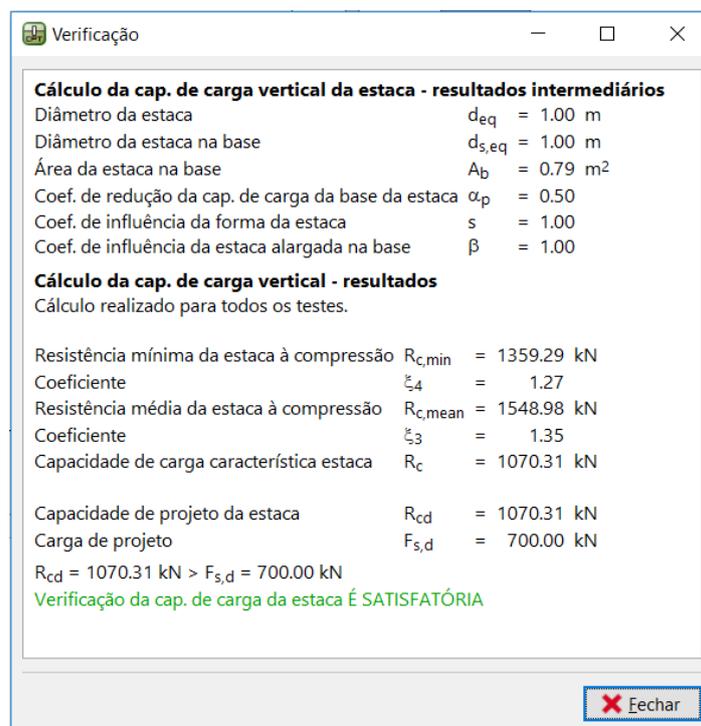
Janela “Geometria”

Agora, passamos à janela “Capacidade de carga” para realizar a análise de verificação da estaca isolada. Esta janela permite-nos visualizar os resultados obtidos.



Janela “Capacidade de carga”

O botão “Em detalhe” permite visualizar os resultados intermédios da análise da capacidade de suporte vertical da estaca.



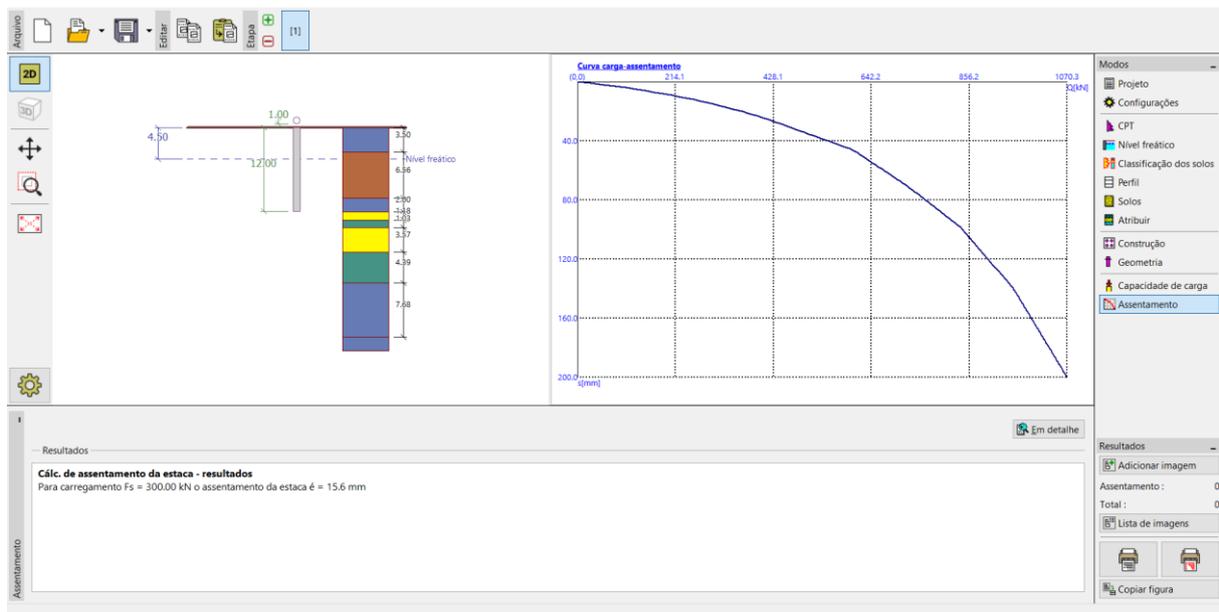
Caixa de diálogo “Verificação (em detalhe)” – capacidade de carga vertical

Nota: A análise da capacidade de suporte pode ser realizada para um ensaio em específico ou para todos os ensaios.

A capacidade de suporte vertical de uma estaca  $R_{c,d}$  corresponde à soma do atrito superficial com a resistência da base da estaca (mais detalhes na Ajuda – F1). Para verificar a condição de confiança, este valor deve ser superior ao valor da carga de projeto atuante  $F_{s,d}$ .

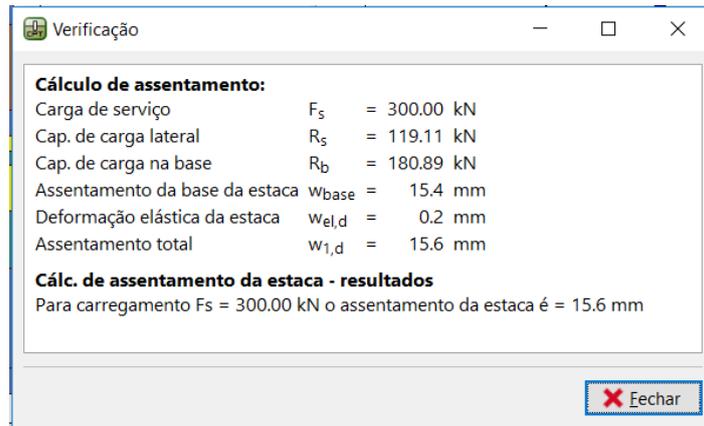
– **EN 1997-2:**  $R_{c,d} = 1070,31 \text{ kN} > F_{s,d} = 700,0 \text{ kN}$  **SATISFAZ**

De seguida, passamos à janela “Assentamento”, é possível visualizar a curva de carregamento último da estaca e o assentamento resultante. O assentamento total da estaca é  $w_{1,d} = 15,6 \text{ mm}$ , para uma carga de serviço de  $F_s = 300 \text{ kN}$ .



Janela “Assentamento” – Curva de carga última (diagrama de trabalho) de uma estaca

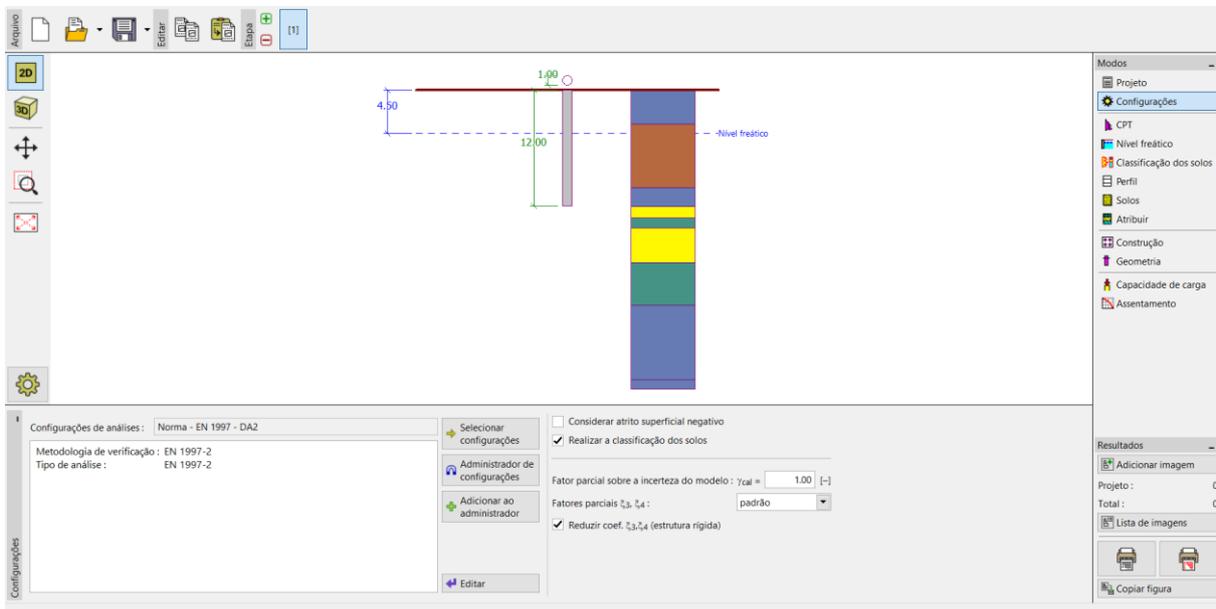
É possível visualizar os resultados detalhados através do botão “Em detalhe”.



Caixa de diálogo “Verificação (em detalhe)” – Assentamento

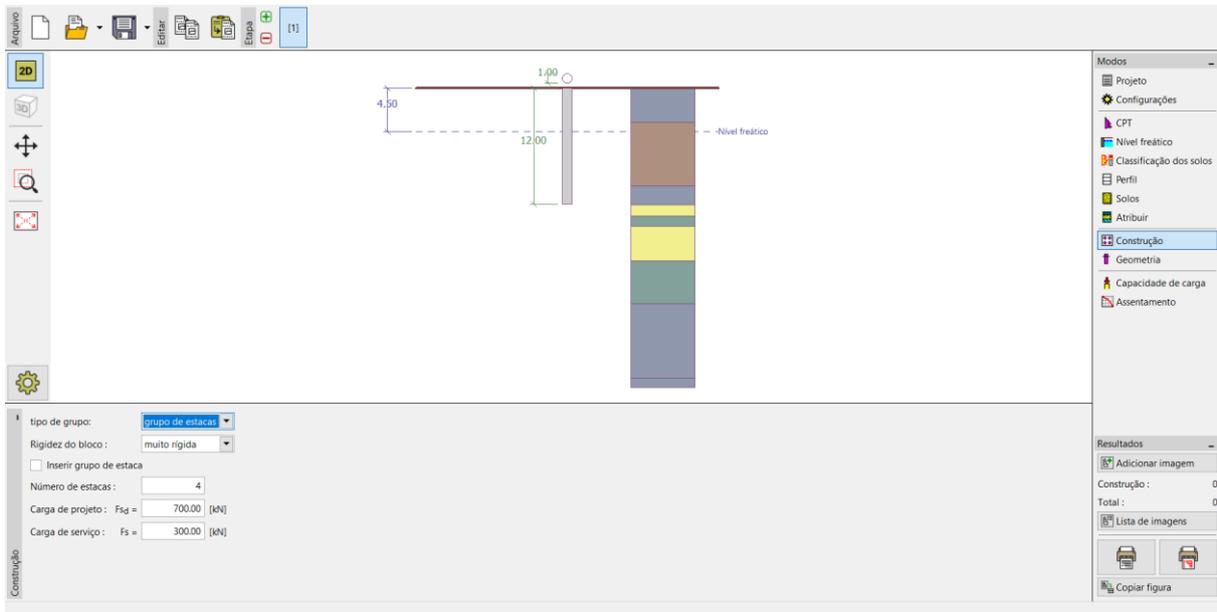
## Grupo de estacas

Agora, vamos realizar a análise de um grupo de estacas com uma grelha rígida. Na janela “Configurações”, selecione a opção “Reduzir coeficientes  $\xi_3, \xi_4$  (estrutura rígida)”.



Janela “Configurações”

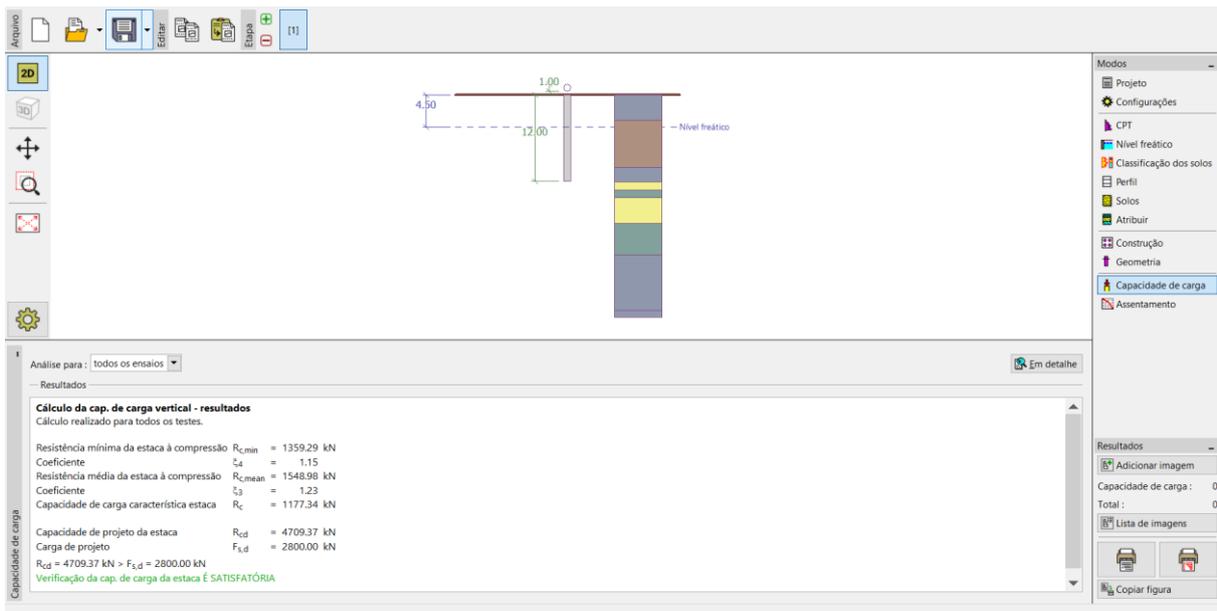
De seguida, passe para a janela “Construção”, onde vamos definir os parâmetros necessários para a análise de um grupo de estacas. Vamos considerar a fundação por estacas (placa de capeamento e estacas) como uma **estrutura rígida**, para a qual se assume que **todas as estacas sofrem igual assentamento**. Definimos o número de estacas como 4.



Janela “Construção”

As restantes janelas não sofrem alterações.

Agora, volte à janela “Capacidade de carga”, para visualizar os resultados da análise.



Caixa de diálogo “Verificação (em detalhe)” – Capacidade de carga vertical

– EN 1997-2:  $R_{c,d} = 4709.37 \text{ kN} > F_{s,d} = 2800.0 \text{ kN}$

SATISFAZ

### Conclusão

A análise da capacidade de suporte vertical de uma estaca isolada e de um grupo de estacas é satisfatória. A principal vantagem da análise realizada com base nos resultados de ensaios CPT é a rapidez e clareza. Esta metodologia está definida de acordo com a Norma *EN 1997-2: Geotechnical Design – Parte 2: Ground investigation and testing*, sendo que a definição de parâmetros de resistência, que por vezes se podem revelar ambíguos, não é necessária.