

Dimensionamento de um muro de flexão

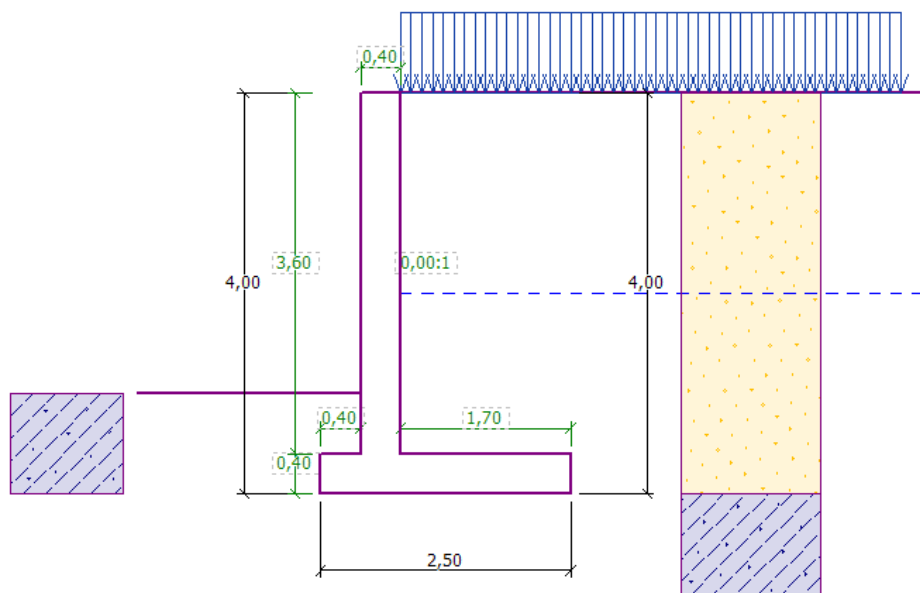
Programa: Muro de Flexão

Arquivo: Demo_manual_02.guz

Este Manual de Engenharia descreve como dimensionar e analisar um muro de flexão.

Tarefa:

Dimensionar um muro de flexão com uma altura de 4.0 m e analisá-lo de acordo com a Norma EN 1997-1 (EC 7-1, metodologia de dimensionamento 1). O terreno atrás da estrutura é horizontal. O nível freático está a 2.0 m de profundidade. Atrás da estrutura, atua uma sobrecarga contínua com 5.0 m de comprimento e um valor de 10 kN/m². O solo de fundação consiste em MS – Areia siltosa e capacidade de suporte permitida é de 175 kPa. O solo atrás do muro consiste em S-F – Areia com partículas finas. O muro de flexão será executado em concreto armado de classe C 20/25.



Esboço do muro de flexão – Tarefa

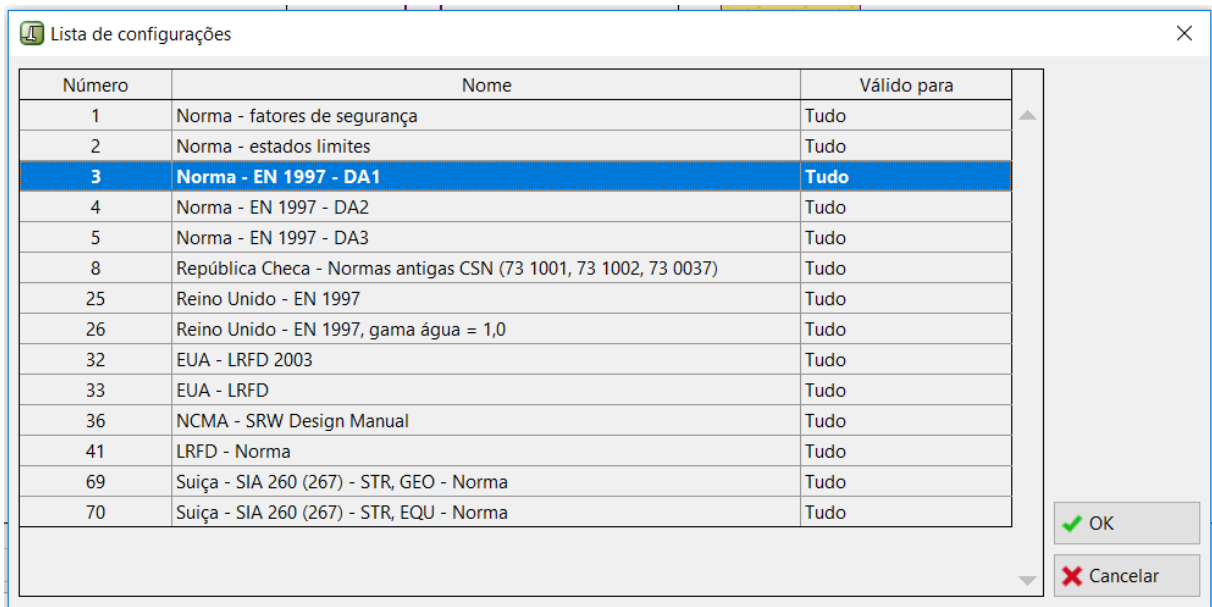
Os parâmetros do solo são os seguintes:

Solo	Perfil [m]	Peso volúmico γ [kN/m ³]	Ângulo de atrito interno φ_{ef} [°]	Coesão do solo c_{ef} [kPa]	Ângulo de atrito estrutura – solo $\delta =$ [°]	Peso volúmico saturado γ_{sat} [kN/m ³]
S-F	0.0 – 4.0	17.5	28.0	0.0	18.5	18.0
MS	> 4.0	18.0	26.5	30.0	17.5	18.5

Resolução

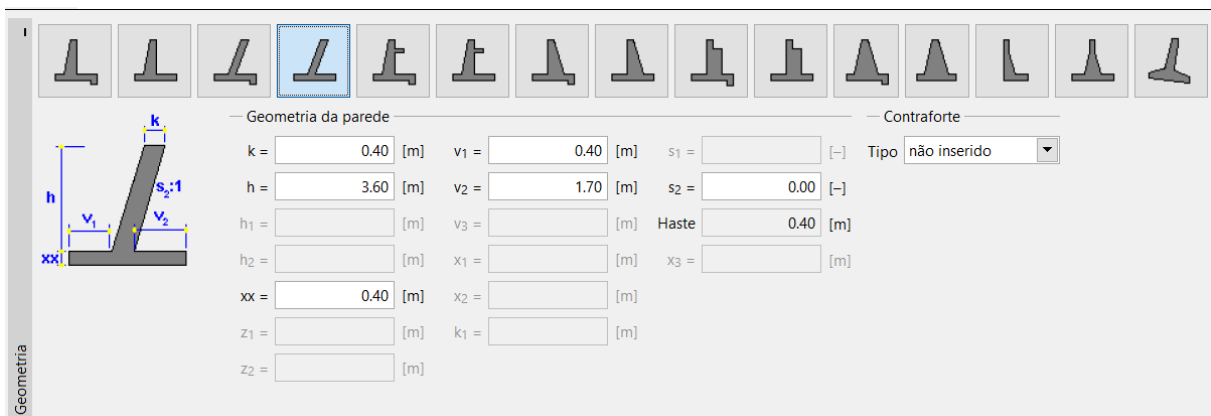
Para resolver este problema, iremos utilizar o programa GEO5 “Muro de Flexão”. Neste texto, iremos explicar como resolver este exemplo passo-a-passo.

Na janela “Configurações”, clique em “Selecionar” e escolha a configuração de análise número 3 – “Norma – EN 1997 – DA1”.



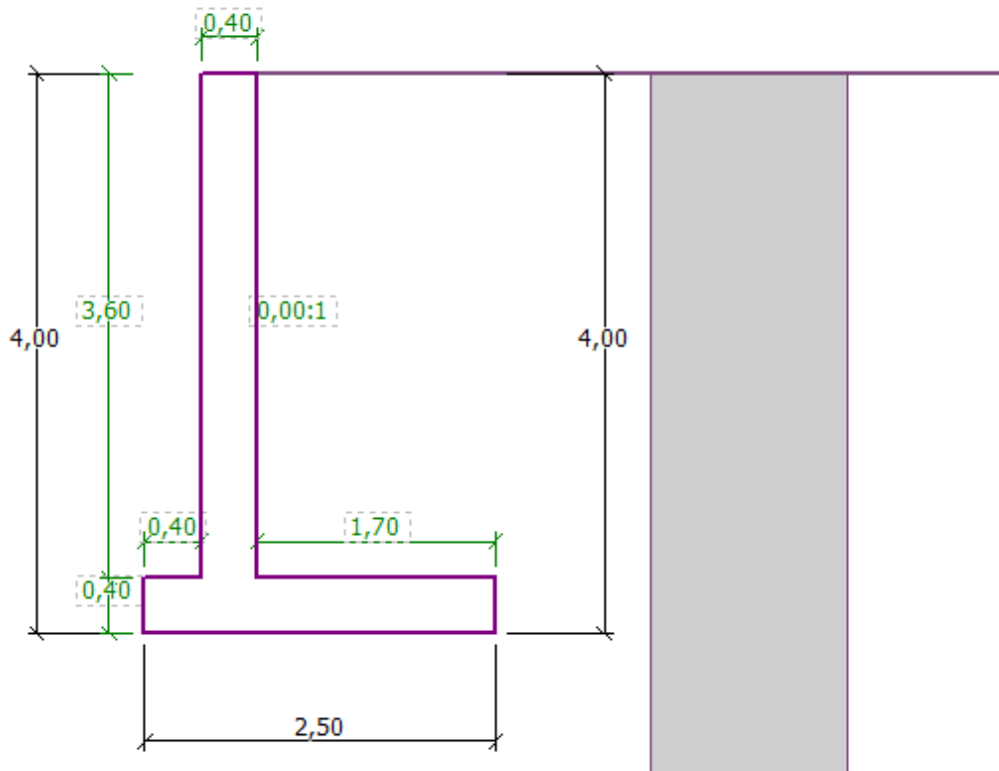
Caixa de diálogo “Lista de configurações”

Na janela “Geometria”, escolha a 4ª forma do muro e introduza as suas dimensões, conforme mostra a imagem.



Janela “Geometria”

Agora, a estrutura apresenta o aspeto seguinte:

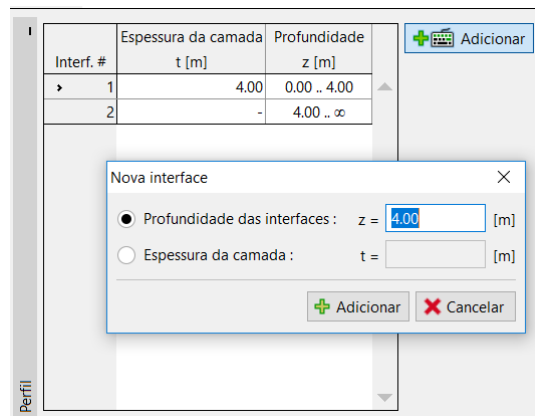


Janela "Geometria" – esboço do muro de flexão

Na janela "Material", introduza o material do muro. O muro terá um peso volúmico de $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ e será realizado em concreto armado de classe C 20/25, com aço de classe B 500.

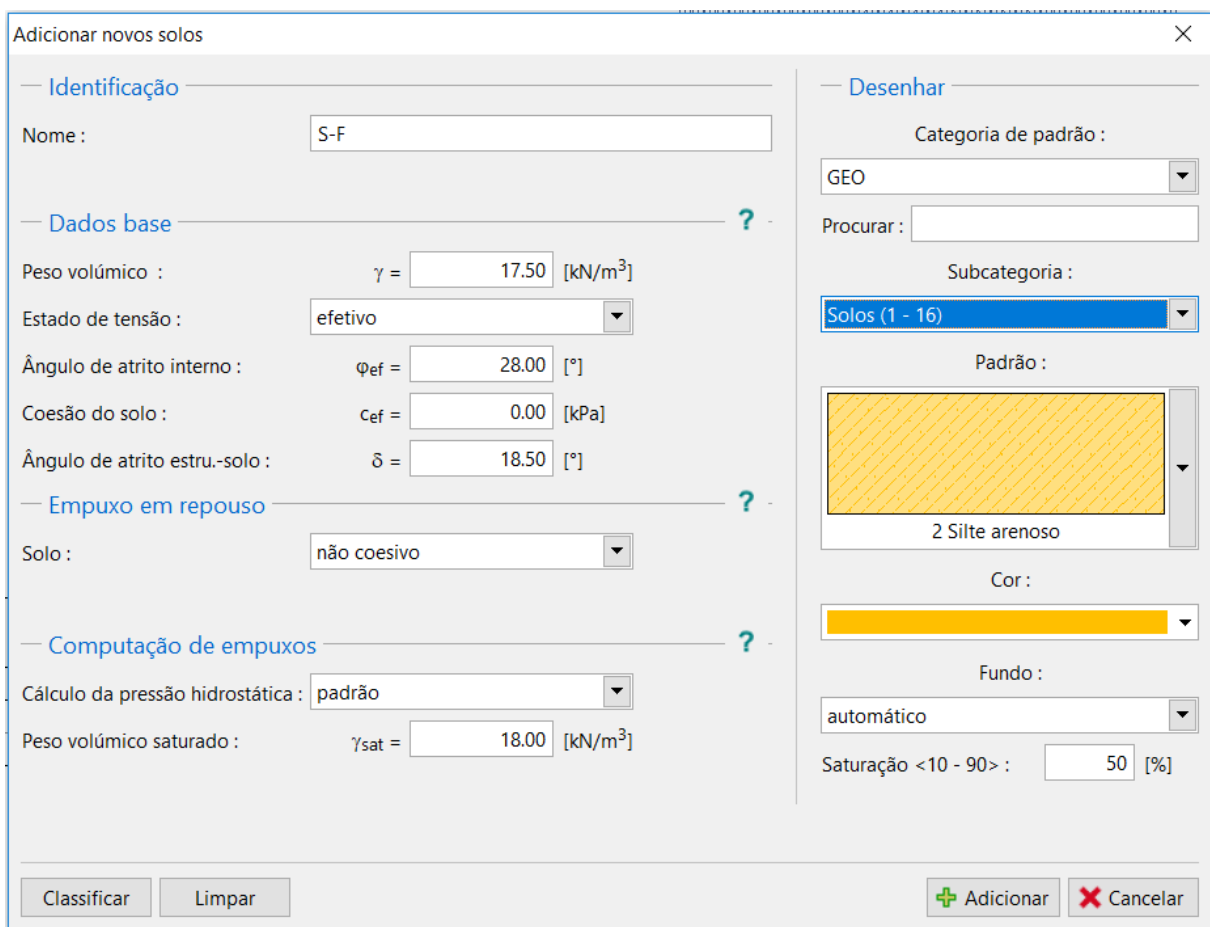
Janela "Material" – Introdução das características materiais da estrutura

Na janela “Perfil”, defina a interface de solos a uma profundidade de 4 m, através do botão “Adicionar”.



Janela “Perfil”

De seguida, passamos à janela “Solo”. Aqui, defina os parâmetros dos solos, conforme mostram as imagens seguintes, através do botão “Adicionar”. Começamos por adicionar o solo S-F, que está presente atrás do muro. Depois, adicionamos o solo MS, que forma a fundação.



Caixa de diálogo “Adicionar novos solos” – adicionar solo S-F

Adicionar novos solos
✕

Identificação

Nome :

Dados base ?

Peso volúmico : $\gamma =$ [kN/m³]

Estado de tensão :

Ângulo de atrito interno : $\varphi_{ef} =$ [°]

Coesão do solo : $c_{ef} =$ [kPa]

Ângulo de atrito estru.-solo : $\delta =$ [°]

Empuxo em repouso ?

Solo :

Computação de empuxos ?

Cálculo da pressão hidrostática :

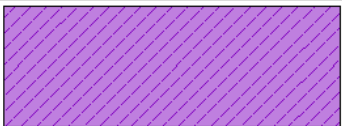
Peso volúmico saturado : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Desenhar

Categoria de padrão :

Procurar :

Subcategoria :

Padrão : 

1 Silte

Cor :

Fundo :

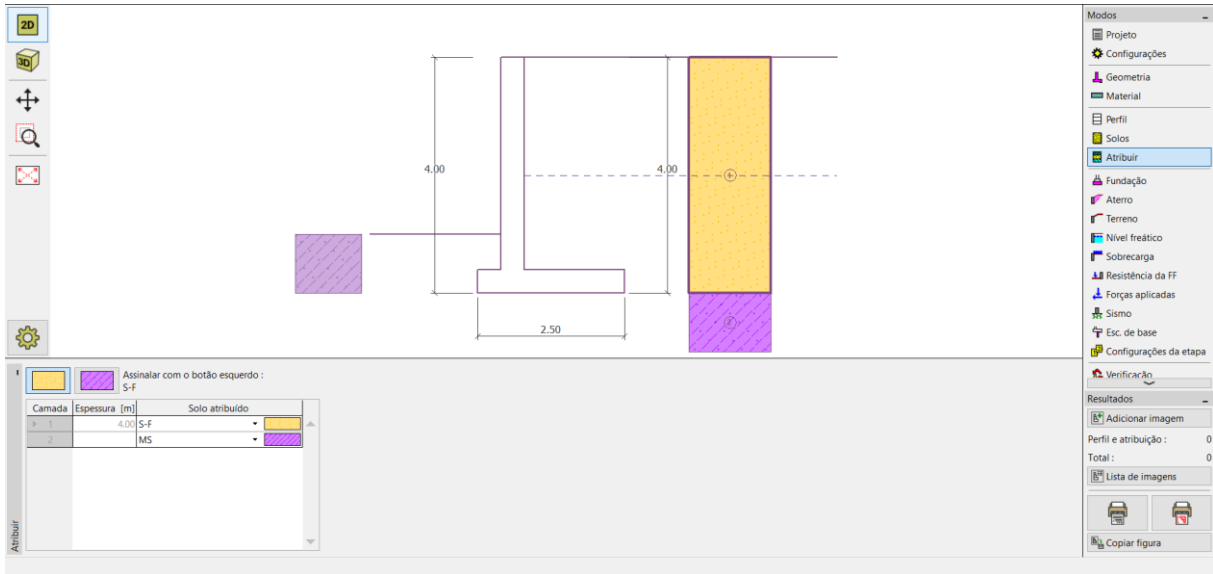
Saturação <10 - 90> : [%]

Classificar
Limpar
+ Adicionar
✕ Cancelar

Caixa de diálogo “Adicionar novos solos” – adicionar solo MS

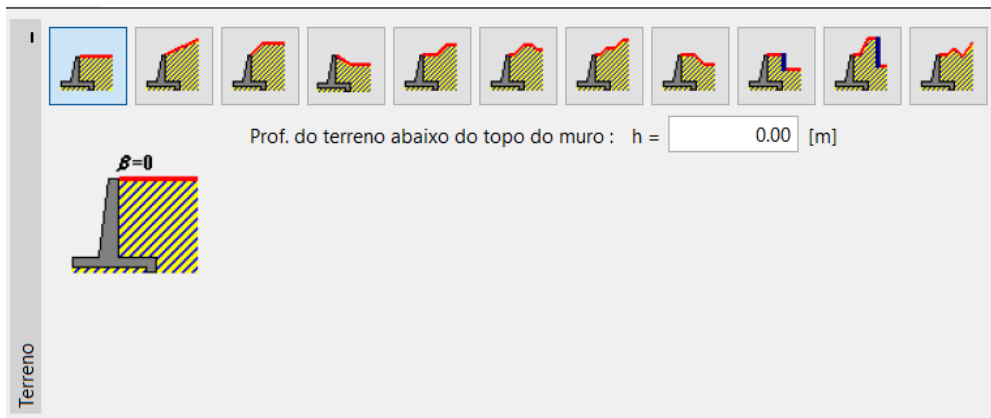
Nota: O valor do empuxo ativo também depende do atrito entre a estrutura e o solo. O ângulo de atrito depende do material da estrutura e do ângulo de atrito interno do solo – normalmente está dentro do intervalo $\delta \approx \left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{3}\right) \cdot \varphi_{ef}$.

Atribuímos os solos às camadas geológicas na janela “Atribuir”.



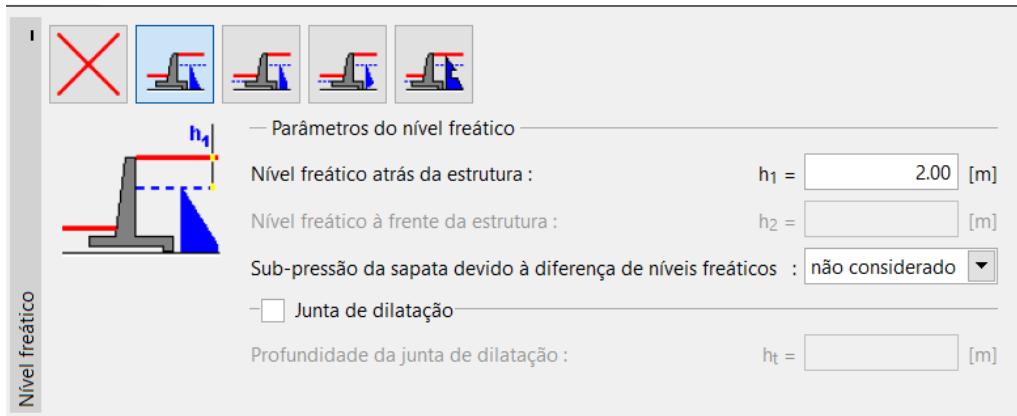
Janela “Atribuir”

Na janela “Terreno”, selecionamos a forma de terreno horizontal.



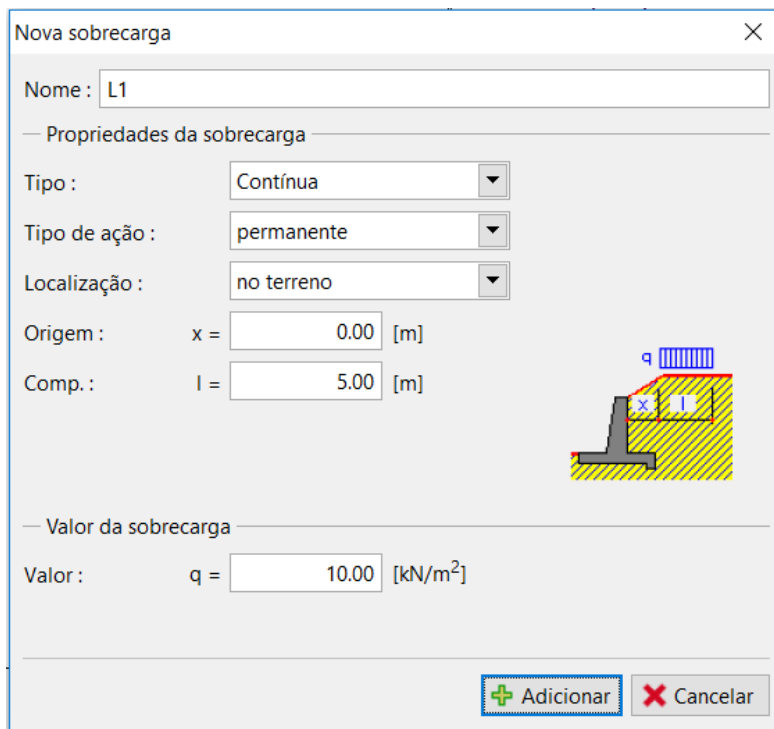
Janela “Terreno”

Passamos à janela “Nível freático” e selecionamos as condições do nível freático nas proximidades da estrutura e os seus parâmetros, conforme mostra a imagem abaixo.



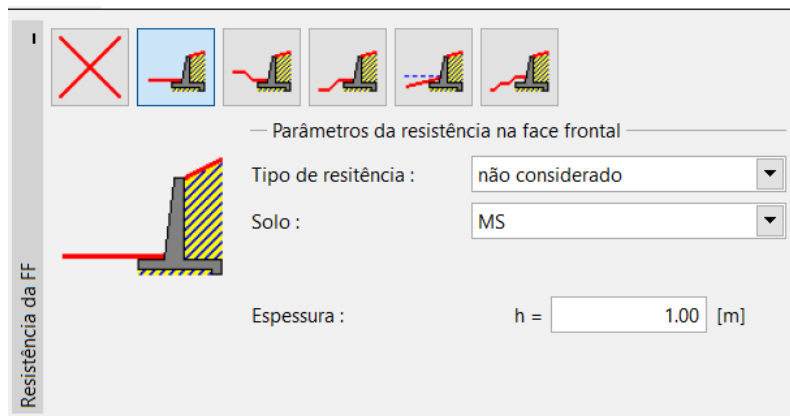
Janela “Nível freático”

De seguida, avançamos para a janela “Sobrecarga”. Clique no botão adicionar e selecione uma sobrecarga contínua permanente, com o valor de 10 kN/m³, atuante no terreno como uma carga morta, com um desenvolvimento de 5 metros, conforme mostra a imagem abaixo.



Caixa de diálogo “Nova sobrecarga”

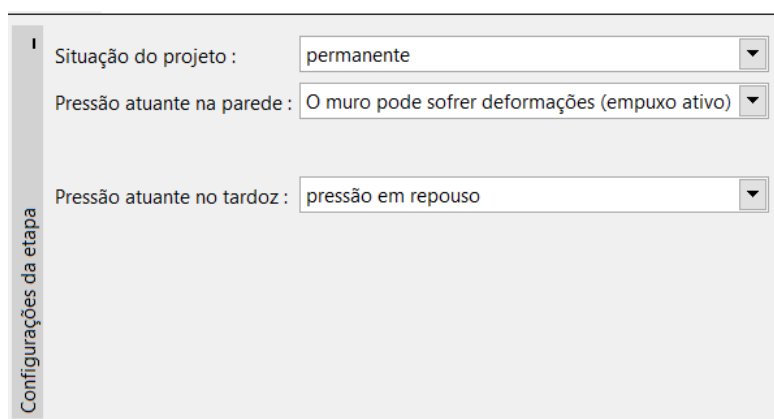
Na janela “Resistência da FF”, selecione a forma do terreno à frente do muro e defina outros parâmetros de resistência da face frontal.



Janela “Resistência da FF”

Nota: Neste caso, não consideramos a resistência da face frontal, fazendo com que os resultados sejam conservativos. A resistência da face frontal depende da qualidade do solo e do deslocamento da estrutura permitido. Podemos considerar um empuxo em repouso para o solo original, ou um solo bem compactado. Apenas é possível considerar empuxos passivos se o deslocamento da estrutura for permitido. (para mais informações, veja a Ajuda – F1).

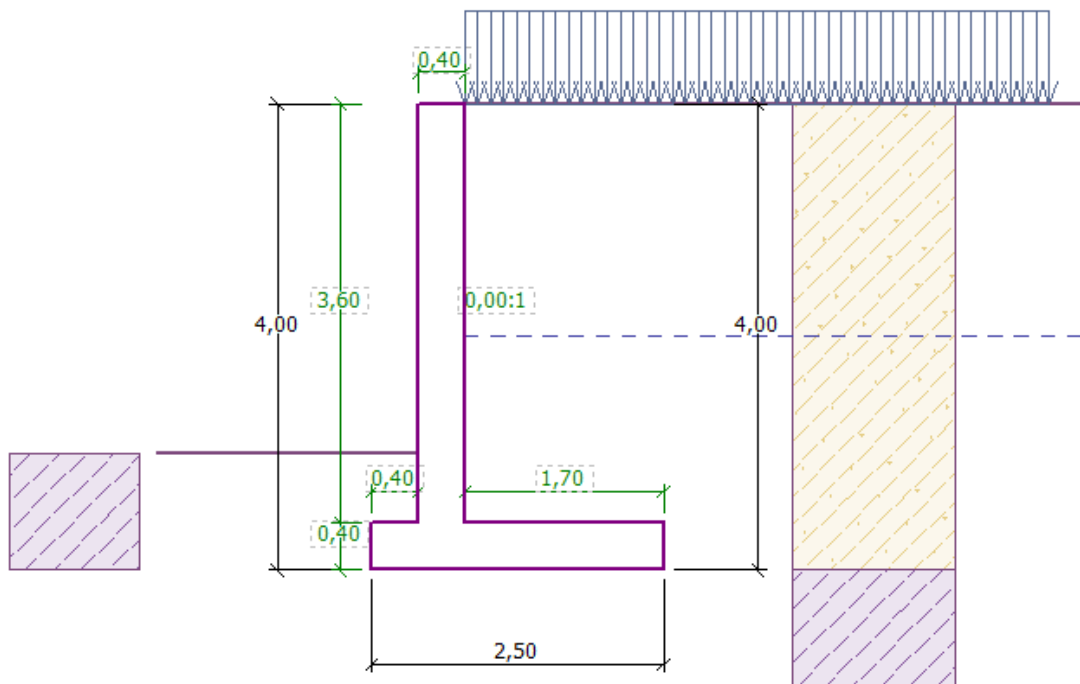
Seguidamente, na janela “Configurações da etapa”, selecione o tipo de situação do projeto como situação permanente e a pressão atuante na parede como: O muro pode sofrer deformações (empuxo ativo), uma vez que o muro poderá sofrer deformações.



Janela “Configurações da etapa”

Nota: Normalmente, o tardoz é dimensionado para empuxos em repouso, isto é, o muro não pode sofrer deformações. A possibilidade de avaliar o tardoz e o muro para empuxos ativos apenas é considerada em casos excepcionais – como é o caso dos efeitos de sismos (situação de dimensionamento sísmico com coeficiente parcial igual a 1.0).

Agora, a nossa tarefa apresenta o aspeto seguinte:



Estrutura em análise

Agora, abra a janela “Verificação”, onde pode analisar os resultados para o tombamento e deslizamento do muro de flexão.

Verificação : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> [1]						
No. de força	Força	F _x [kN/m]	F _z [kN/m]	Ponto de aplicação		Menor carga
				x [m]	z [m]	
1	Peso - parede	0.00	61.00	0.87	-1.38	
2	Peso - cunha de terra	0.00	23.55	1.31	-1.54	
3	Empuxo ativo	-42.28	60.25	1.80	-1.46	
4	Pressão da água	-20.00	0.00	0.80	-0.67	
5	Pressão de elevação	0.00	0.00	0.80	-4.00	
6	L1	-7.99	8.67	1.61	-2.08	

Verificação

TOMBAMENTO : SATISFAZ (52.7%)

DESLIZAMENTO : NÃO SATISFAZ (124.5%)

Janela “Verificação”

Nota: O botão “Em detalhe”, na parte direita da janela, abre a caixa de diálogo com a informação detalhada dos resultados da análise.

Resultados da análise:

A verificação para o deslizamento não é satisfatória. A utilização da estrutura é a seguinte:

Verificação da estabilidade ao tombamento

Momento resistente $M_{res} = 208,17 \text{ kNm/m}$

Momento de tombamento $M_{ovr} = 109,75 \text{ kNm/m}$

Resistência do muro ao tombamento **É SATISFATÓRIA**

Verificação de deslizamento

Força horizontal resistente $H_{res} = 65,74 \text{ kN/m}$

Força horizontal ativa $H_{act} = 81,83 \text{ kN/m}$

Resistência do muro ao deslizamento **NÃO É SATISFATÓRIA**

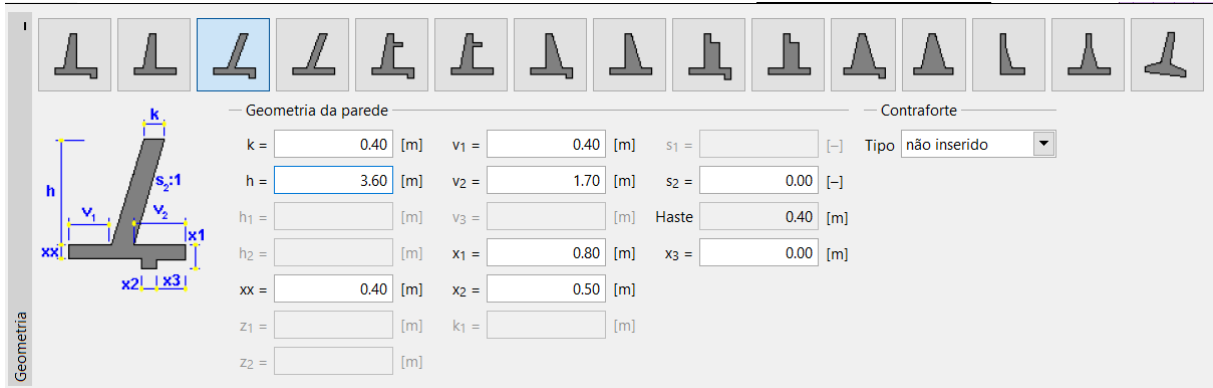
A verificação para o deslizamento não é satisfatória e, assim, teremos que alterar o dimensionamento. Existem várias alternativas para melhorar o dimensionamento. Por exemplo, é possível:

- Utilizar um solo com melhores características atrás do muro
- Ancorar a base
- Aumentar o atrito ao encurvar a base da fundação
- Ancorar o tardoz

Estas alterações seriam complexas a nível económico e tecnológico, sendo que vamos optar por uma alternativa mais conveniente, que consiste na alteração da geometria do muro e introduzir um dente na base do muro.

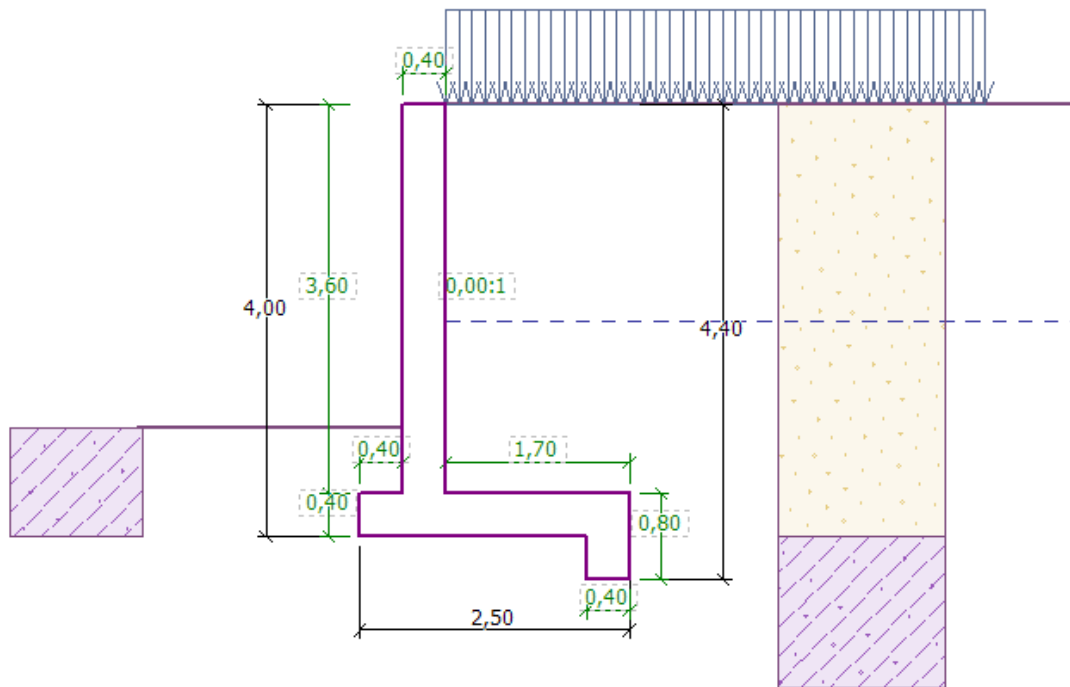
Alterar o dimensionamento: alterar a forma e a geometria do muro

Volte à janela “Geometria” e altere a forma do muro de flexão. Para aumentar a resistência contra o deslizamento, introduzimos um dente na base do muro. Altere a forma do muro e os valores de x_1 e x_2 conforme mostra a imagem.



Janela “Geometria” (Alteração das dimensões do muro de flexão)

Nota: O dente da base do muro é, normalmente, analisado como uma base de fundação inclinada. Se a influência do dente da base for avaliada como resistência da face frontal, o programa analisa-o como uma fundação plana, mas a resistência da face frontal da estrutura é analisada para a profundidade da parte inferior do dente da base do muro. (Mais informação em Ajuda – F1)



Nova forma da estrutura

Volte a analisar a nova estrutura para o tombamento e deslizamento.

Verificação : [1]

No. de força	Força	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Ponto de aplicação		Menor carga
				x [m]	z [m]	
1	Peso - parede	0.00	66.00	0.97	-1.26	
2	Peso - cunha de terra	0.00	23.55	1.31	-1.54	
3	Empuxo ativo	-42.28	60.25	1.80	-1.46	
4	Pressão da água	-28.80	0.00	0.80	-0.40	
5	Pressão de elevação	0.00	0.00	0.80	-4.00	
6	L1	-7.99	9.06	1.65	-2.08	

Verificação

— Verificação

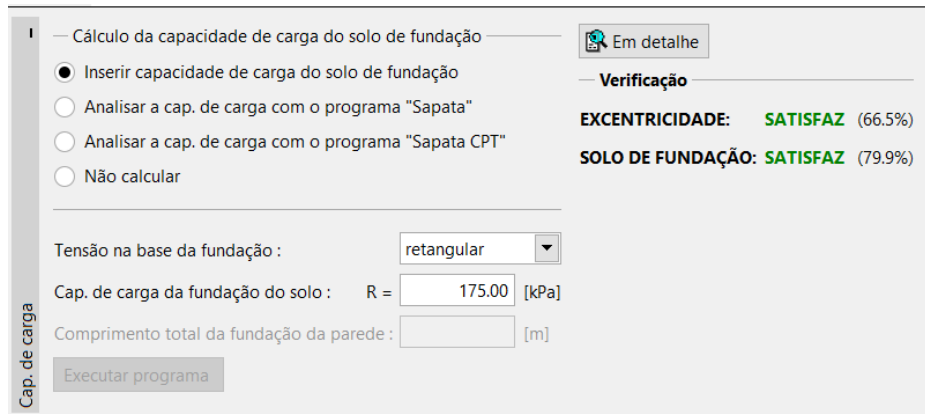
TOMBAMENTO : SATISFAZ (49.0%)

DESlizAMENTO : SATISFAZ (64.2%)

Janela "Verificação"

Agora, tanto o tombamento como o deslizamento do muro estão satisfatórios (Utilização: 49.0 % e 64.2%).

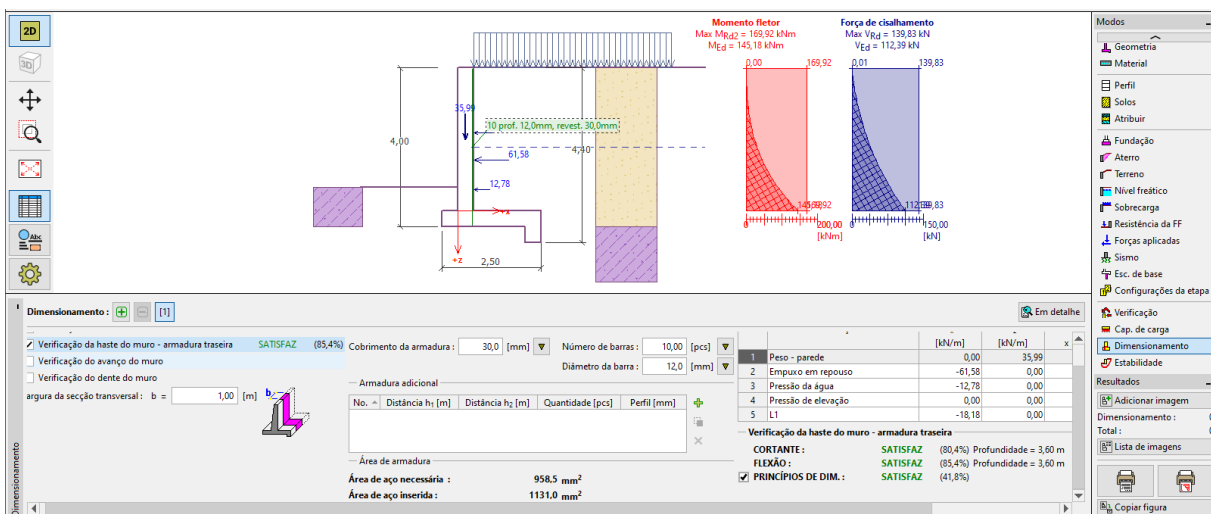
Seguidamente, na janela “Capacidade de carga”, execute a análise para o dimensionamento da capacidade de suporte do solo de fundação - 175 kPa.



Janela “Capacidade de carga”

Nota: Neste caso, analisamos a capacidade de suporte do solo de fundação como um valor introduzido, que pode ser obtido a partir de prospeção geológico-geotécnica ou a partir de algumas Normas. Estes valores são, de forma geral, altamente conservativos, sendo melhor analisar a capacidade de suporte do solo de fundação no programa “Sapata”, que considera a influência de outros parâmetros como a inclinação do carregamento, a profundidade da fundação, etc.

Na janela “Dimensionamento”, selecione a verificação do tardoz do muro. Dimensione a armadura principal para o tardoz – 10 varões Ø 12 mm, de modo a satisfazer todos os princípios de dimensionamento.

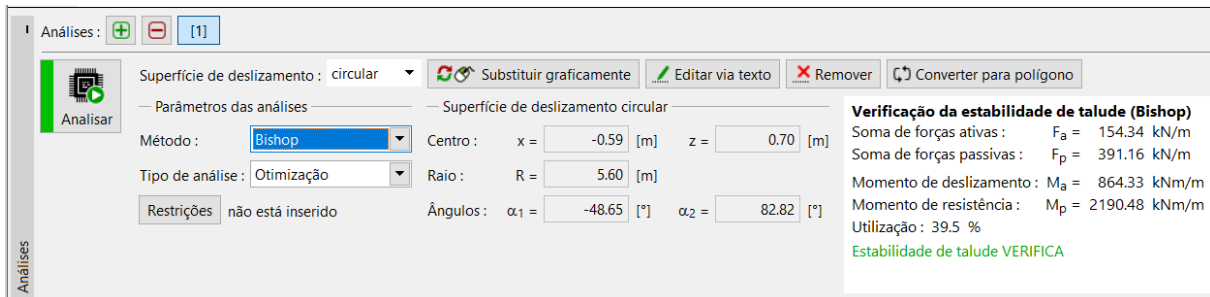


Janela “Dimensionamento”

Verificação da haste do muro - armadura traseira		
CORTANTE :	SATISFAZ	(80,4%)
FLEXÃO :	SATISFAZ	(85,4%)
PRINCÍPIOS DE DIM. :	SATISFAZ	(41,8%)

“Resultados Detalhados”

Agora, abra a janela “Estabilidade” e analise a estabilidade global do muro. Será iniciado o programa “Estabilidade de Taludes”, onde iremos abrir a janela “Análises”. No nosso caso, vamos utilizar o método de “Bishop”, que fornece resultados conservativos. Execute a análise com otimização da superfície de deslizamento circular através do botão “Analisar”, para executar os cálculos necessários, e, após finalizar, saia do programa através do botão “Guardar e sair”. Os resultados serão transferidos para o relatório da análise do programa “Muro de Flexão”.



Programa “Estabilidade de Taludes” – janela “Análise”

Conclusão:

- Tombamento: 49.0 % $M_{res} = 218,35 > M_{ovr} = 107,94$ [kNm/m] SATISFAZ
- Deslizamento: 64.2 % $H_{res} = 99,26 > H_{act} = 64,38$ [kN/m] SATISFAZ
- Cap. de suporte: 80.4 % $R_d = 175 > \sigma = 140,31$ [kPa] SATISFAZ
- Verif. da haste: 85.4 % $M_{Rd} = 169,92 > M_{Ed} = 145,18$ [kN·m] SATISFAZ
- Estabilidade global: 39.5 % Método – Bishop (otimização) SATISFAZ

O dimensionamento do muro de flexão é **SATISFATÓRIO**.