

## Verificação de um muro de gravidade

Programa: Muro de Gravidade

Arquivo: Demo\_manual\_03.gtz

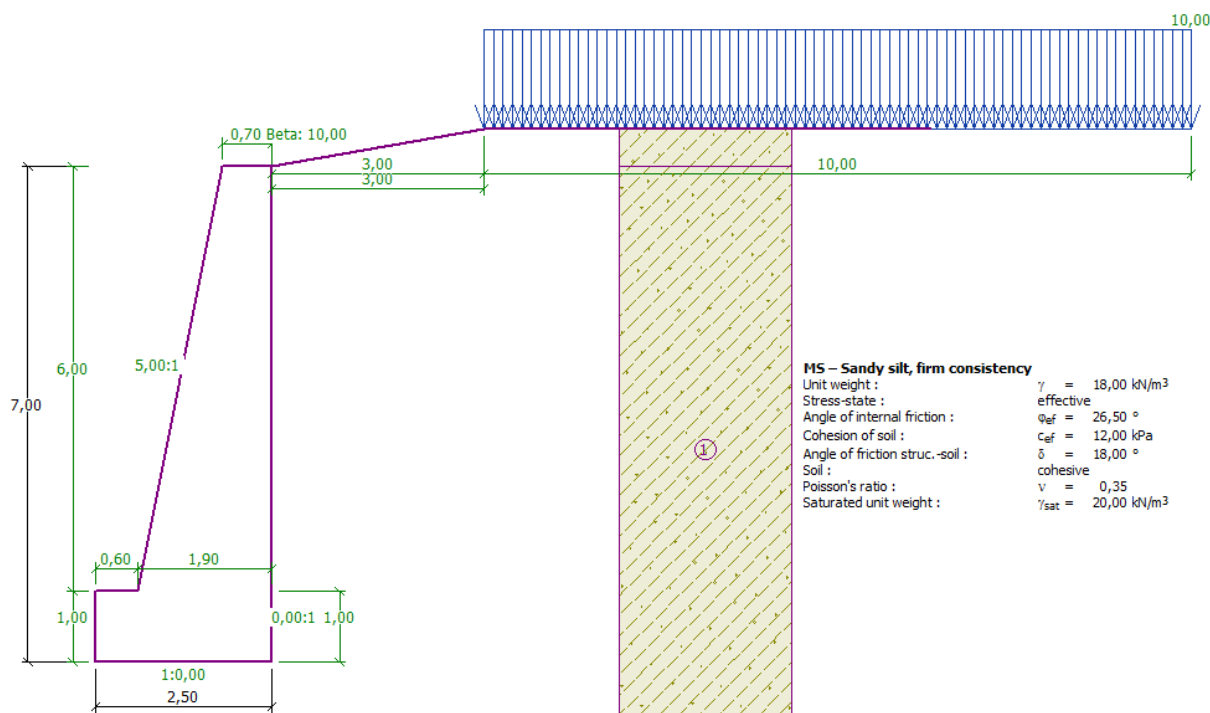
Neste capítulo, vamos realizar a análise de um muro de gravidade existente, para as situações de projeto permanente e acidental. Também vamos introduzir a utilização de etapas de construção.

### Tarefa

Analise a estabilidade, tombamento e deslizamento de um muro de gravidade existente, de acordo com a Norma EN 1997-1 (EC 7-1, DA2),

O tráfego automóvel de uma estrada tem um impacto de 10 kPa num muro. Verifique se é possível instalar uma barreira no topo do muro. É considerada uma carga acidental, devido ao despiste de um veículo, com o valor de 50 kN/m, que atua horizontalmente 1.0 m acima do muro. As dimensões e forma do muro de concreto podem ser visualizadas na imagem abaixo. A inclinação do terreno atrás da estrutura é  $\beta = 10^\circ$  e o solo de fundação consiste em areia siltosa. O ângulo de atrito entre o solo e o muro é  $\delta = 18^\circ$ .

A determinação da capacidade de suporte e o dimensionamento do muro não fazem parte deste problema. Nesta análise, vamos considerar os parâmetros efetivos do solo.



Esboço do muro de gravidade – tarefa

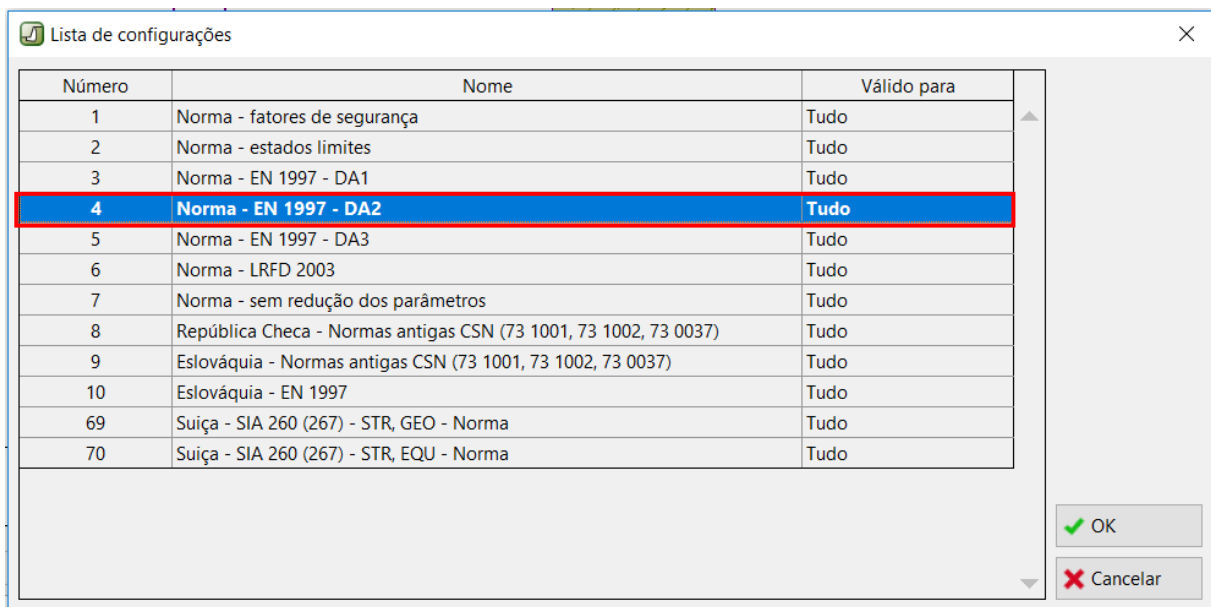
## Resolução:

Para analisar esta tarefa, utilize o programa GEO5 “Muro de Gravidade”. Neste texto, descrevemos a análise deste exemplo passo-a-passo, em duas etapas de construção.

- 1ª etapa de construção – análise do muro existente para o tráfego automóvel.
- 2ª etapa de construção – análise do impacto de um veículo na barreira colocada no topo do muro.

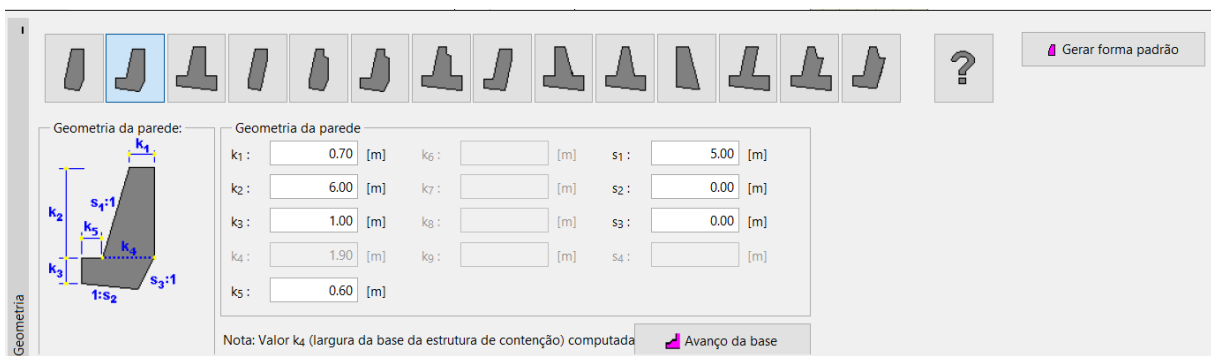
## Etapa 1

Na janela “Configurações”, clique no botão “Selecionar” e escolha a opção No. 4 – “Norma – EN 1997 – DA2”.



Caixa de diálogo “Lista de configurações”

Seguidamente, na janela “Geometria”, selecione a forma do muro de gravidade e defina os seus parâmetros, conforme mostra a imagem seguinte.



Janela “Geometria”

No passo seguinte, introduza o material do muro e o perfil geotécnico. Na janela “Material”, altere o peso volúmico do muro para  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$ . O muro é realizado em concreto de classe C 12/15 e aço B 500. Selecione a classe de concreto adequada através do botão “Catálogo”.

*Janela “Material” – seleccionar classe de concreto adequada*

De seguida, passe para a janela “Solos”. Aqui, vamos definir os parâmetros do solo de acordo com a tabela abaixo e atribuí-lo ao perfil.

*Tabela com os parâmetros do solo*

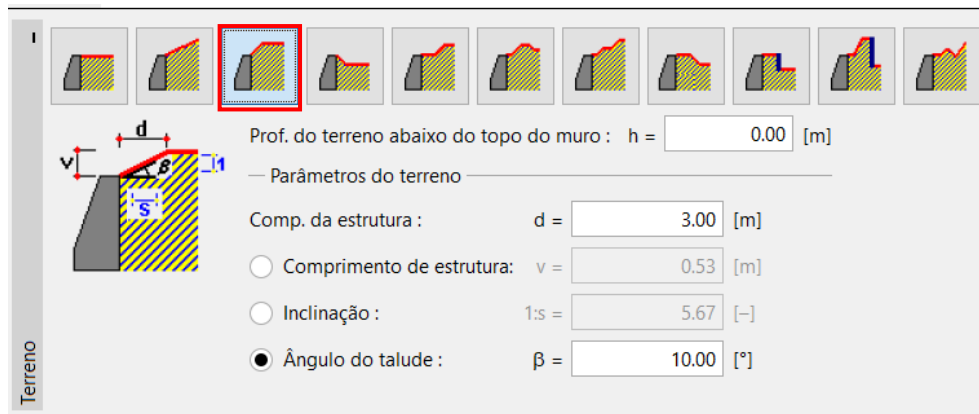
Solo (Classificação do solo)	Peso volúmico $\gamma \text{ [kN/m}^3\text{]}$	Ângulo de atrito interno $\varphi_{ef} \text{ [}^\circ\text{]}$	Coesão do solo $c_{ef} \text{ [kPa]}$	Ângulo de atrito estrutura – solo $\delta = \text{[}^\circ\text{]}$
MS – Silte arenoso, consistência firme	18.0	26.5	12.0	18.0

Na janela “Solos”, adicione o novo solo através do botão “Adicionar”. Introduza os parâmetros do solo conforme mostra a imagem seguinte.

Caixa de diálogo “Adicionar novos solos”

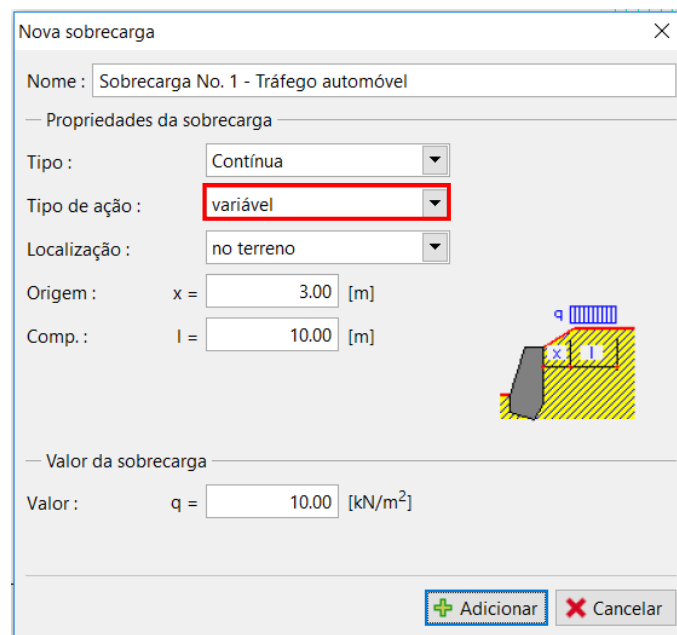
Nota: O valor do empuxo ativo também depende do atrito entre a estrutura e o solo, com um ângulo de  $\delta \approx \left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{3}\right) \cdot \varphi_{ef}$ . Neste caso consideramos a influência do atrito entre a estrutura e o solo com um valor de  $\frac{2}{3} \cdot \varphi_{ef}$  ( $\delta=18^\circ$ ), para a análise do empuxo de terra. (Mais informação na Ajuda – F1).

Na janela “Terreno”, selecione a forma do terreno atrás da estrutura. Defina os seus parâmetros, para o comprimento do aterro e inclinação do talude, conforme indicado abaixo.



*Janela “Terreno”*

Na janela seguinte, defina a “Sobrecarga”. Introduza a sobrecarga para o tráfego automóvel como contínua, com a sua localização no terreno e como uma ação “variável”.

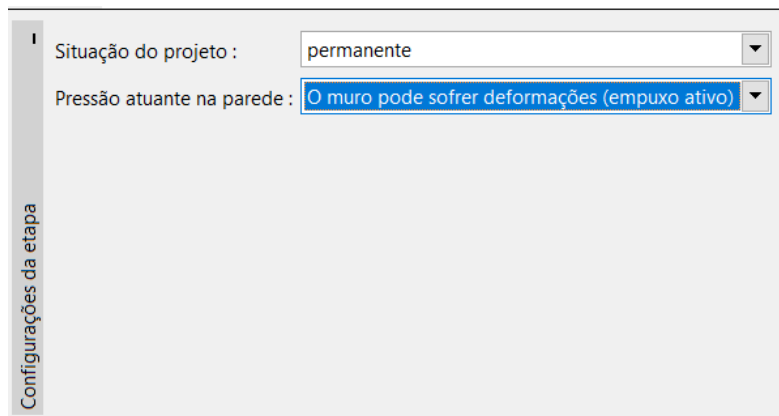


*Caixa de diálogo “Nova sobrecarga”*

Saltamos a janela “Resistência da FF”, dado que a forma do terreno à frente do muro é horizontal.

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

Na janela “Configurações da etapa”, selecione o tipo de situação de projeto. Para a primeira etapa de construção, considere uma situação de projeto “permanente”.



Janela “Configurações da etapa”

Agora, abra a janela “Verificação”, onde a análise do tombamento e deslizamento do muro de gravidade é executada.

No. de força	Força	$F_1$ [kN/m]	$F_2$ [kN/m]	Ponto de aplicação		Menor carga
				x [m]	z [m]	
1	Peso - parede	0.00	247.20	1.67	-2.80	
2	Empuxo ativo	-84.17	27.35	2.50	-1.73	
3	Sobrecarga No. 1 - Tráfego a	-16.36	6.05	2.50	-2.72	

**Verificação**  
**TOMBAMENTO: SATISFAZ (70.0%)**  
**DESLIZAMENTO: SATISFAZ (90.6%)**

Janela “Verificação – etapa 1”

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

**Verificação**

**Forças atuantes na construção**

Nome	$F_{hor}$ [kN/m]	Pt. aplic. z [m]	$F_{vert}$ [kN/m]	Pt. aplic. x [m]	Coef. aberturas.	Coef. deslizante	Coef. tensão
Peso - parede	0,00	-2,80	247,20	1,67	1,000	1,000	1,350
Empuxo ativo	84,17	-1,73	27,35	2,50	1,350	1,350	1,350
Surcharge No. 1 - Road traffic	16,36	-2,72	6,05	2,50	1,500	1,500	1,500

**Verificação completa do muro**

**Verificação da estabilidade ao tombamento**  
 Momento resistente  $M_{res} = 376,91$  kNm/m  
 Momento de tombamento  $M_{ovr} = 263,73$  kNm/m  
 Resistência do muro ao tombamento **É SATISFATÓRIA**

**Verificação de deslizamento**  
 Força horizontal resistente  $H_{res} = 152,53$  kN/m  
 Força horizontal ativa  $H_{act} = 138,17$  kN/m  
 Resistência do muro ao deslizamento **É SATISFATÓRIA**

**Verificação global - MURO É SATISFATÓRIA**

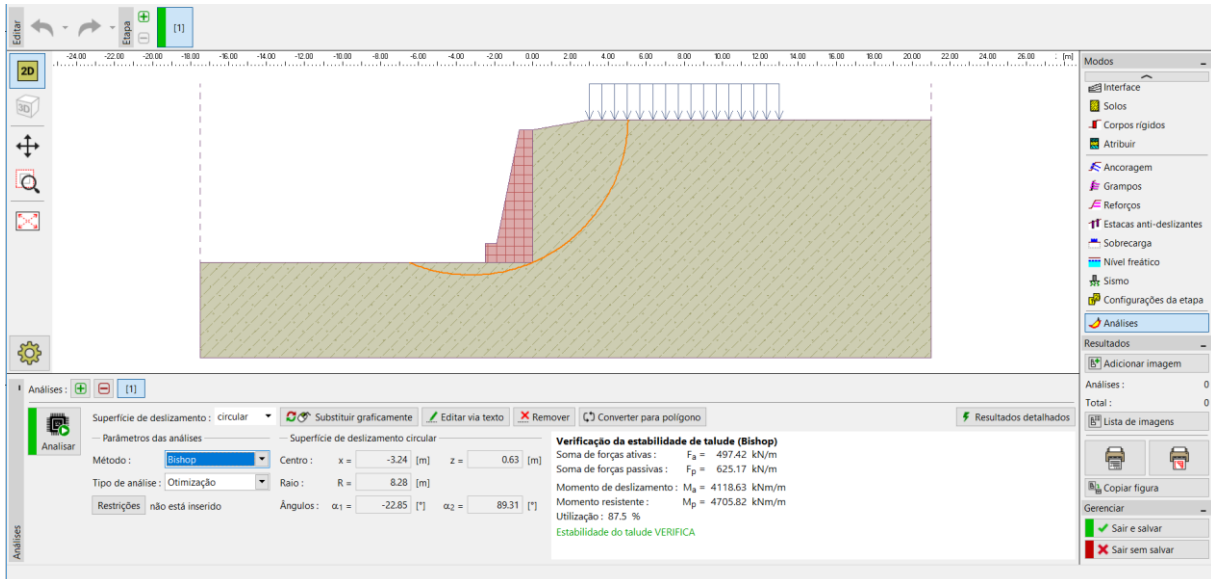
Tensão máx. na base da fundação : 176,53 kPa

**X Fechar**

Caixa de diálogo “Verificação (em detalhe)”

Nota: Para análises com base na EN-1997, o programa determina se as forças atuam favoravelmente ou desfavoravelmente. Sendo que cada força é multiplicada pelo fator parcial correspondente, que é exibido no relatório.

Seguidamente, abra a janela “Estabilidade” e analise a estabilidade global do muro. Será iniciado o programa “Estabilidade de Taludes”. Abra a janela “Análise” e selecione o método de “Bishop” para realizar a análise. Realize uma análise com a **otimização da superfície de deslizamento circular** através do botão “Analisar”. Após terminar a análise, clique no botão “Guardar e sair”, na parte direita do ecrã. Os resultados, ou figuras, serão transferidos para o relatório da análise, do programa “Muro de Gravidade”.



Programa “Estabilidade de Taludes” – etapa 1

### Resultados da análise: Etapa 1

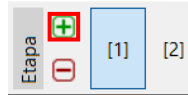
Ao analisar a capacidade de suporte, pretendemos obter os valores para o tombamento e deslizamento na base do muro. Também é necessário obter a estabilidade global. No nosso caso, a utilização do muro é:

- Tombamento:  $70.0\% \quad M_{res} = 376,91 > M_{ovr} = 263,73$  [kNm/m] **SATISFAZ**
- Deslizamento:  $90.6\% \quad H_{res} = 152,53 > H_{act} = 138,17$  [kN/m] **SATISFAZ**
- Estabilidade global:  $87.5\%$  Método – Bishop (otimização) **SATISFAZ**



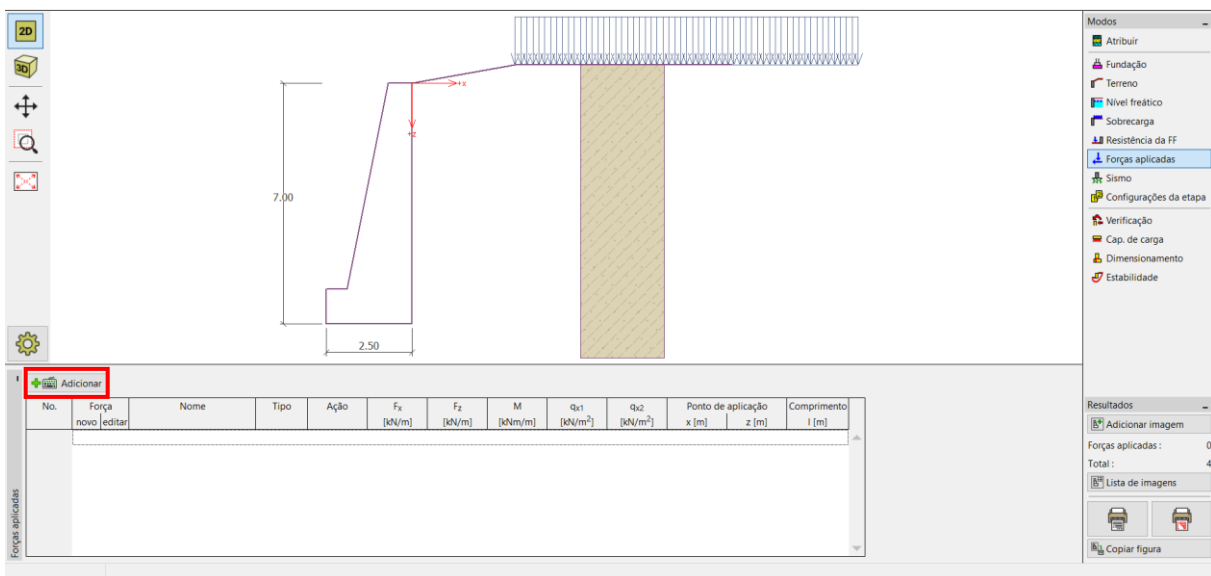
## Etapa 2

Agora, adicione a etapa de construção 2, através da barra de ferramentas no canto superior esquerdo do ecrã.



Barra de ferramentas “Etapas de construção”

Nesta etapa, defina a carga devido ao impacto do veículo na barreira, na janela “Forças aplicadas”. A carga é acidental. Vamos adicionar uma nova força através do botão “Adicionar” e especificar os parâmetros conforme indicado abaixo.



Janela “Forças aplicadas” – adicionar uma nova força

**Nova força** [X]

Nome:

Tipo:

Tipo e ação:

Ponto de aplicação: x =  [m]

Ponto de aplicação: z =  [m]

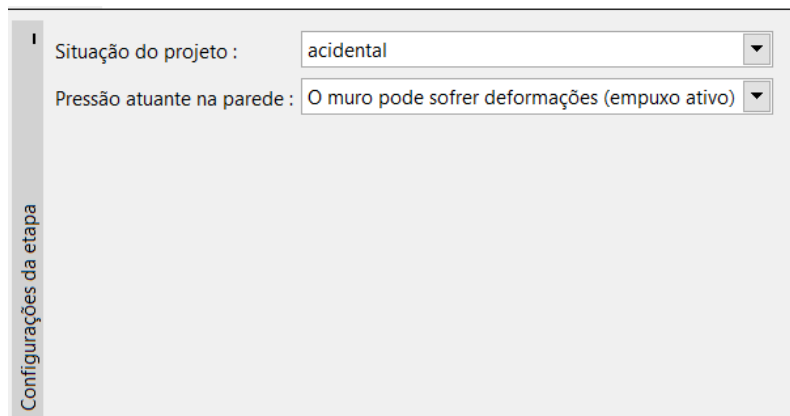
Valor da força:  $F_x$  =  [kN/m]

Valor da força:  $F_z$  =  [kN/m]

Valor de momento: M =  [kNm/m]

Caixa de diálogo “Editar força” – etapa de construção 2 (situação de projeto acidental)

Seguidamente, na janela “Configurações da etapa”, altera a situação de projeto para “acidental”. O programa irá utilizar os fatores parciais para uma situação acidental.



Janela “Configurações da etapa”

Os dados introduzidos nas restantes janelas para a etapa 1 não são alterados, não sendo necessário voltar a abrir estas janelas. Selecione a janela “Verificação” e realize novamente a análise para o tombamento e deslizamento.

No. de força	Força	F <sub>x</sub> [kN/m]	F <sub>z</sub> [kN/m]	Ponto de aplicação		Menor carga
				x [m]	z [m]	
1	Peso - parede	0.00	247.20	1.67	-2.80	
2	Empuxo ativo	-84.17	27.35	2.50	-1.73	
3	Sobrecarga No. 1 - Tráfego a	-16.36	6.05	2.50	-2.72	
4	Força No. 1 - Embate automó	-50.00	0.00	2.15	-8.00	

**Verificação**  
**TOMBAMENTO : NÃO SATISFAZ (116.3%)**  
**DESLIZAMENTO : NÃO SATISFAZ (102.9%)**

Janela “Verificação – etapa 2”

## Resultados da análise: Etapa 2

A partir dos resultados obtidos, verificamos que o muro não é satisfatório para a situação acidental do impacto de um veículo na barreira. Neste caso, a utilização do muro é:

- Tombamento: 116.3 %       $M_{res} = 488,62 < M_{ovr} = 568,13$  [kNm/m]      **NÃO SATISFAZ**
- Deslizamento: 102.9 %       $H_{res} = 138,39 < H_{act} = 142,35$  [kN/m]      **NÃO SATISFAZ**

## Conclusão

A análise do muro de gravidade existente mostra que a sua capacidade de suporte apenas é satisfatória na primeira etapa de construção, em que apenas se considera apenas a atuação do tráfego automóvel. Na segunda etapa de construção, que simula o impacte acidental do embate de um veículo na barreira colocada no topo do muro, o muro não é satisfatório.

Uma solução para este problema poderia passar por aumentar a capacidade de suporte para o tombamento e deslizamento. Também é possível introduzir ancoragens. Alternativamente, poderíamos colocar uma barreira na extremidade da estrada, de modo a que o muro não sofra o impacto da força provocada pelo embate do carro despistado.