

Modelação 3D de muros no programa Redi-Rock

Programa: Muro Redi-Rock

Arquivo: Demo_manual_39.grr

Objetivo:

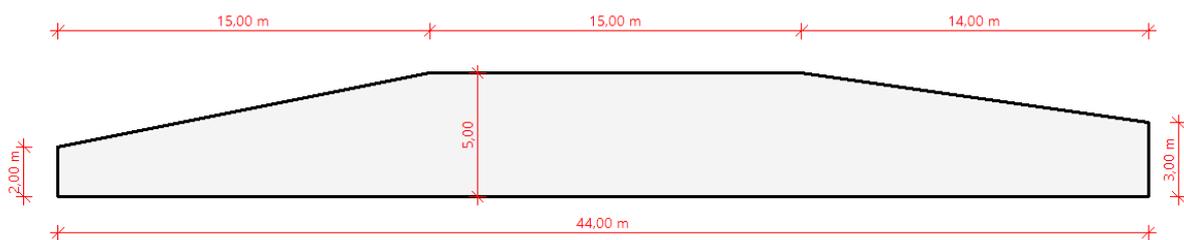
Dimensionar um muro de contenção constituído por blocos Redi-Rock. De seguida, verificar a estabilidade do muro no seu ponto mais elevado.

A base do muro é horizontal e a uma altura de 320 metros.

As coordenadas do nível do solo proposto, atrás do muro, são as da tabela seguinte:

Ponto do Terreno	Coordenadas [m]	
	X	Z
1	0.00	322.00
2	15.00	325.00
3	30.00	325.00
4	44.00	323.00

Devido à forma do terreno, o muro terá aproximadamente as seguintes dimensões:



Assuma um contraventamento padrão de 41 mm.

Crie duas soluções alternativas:

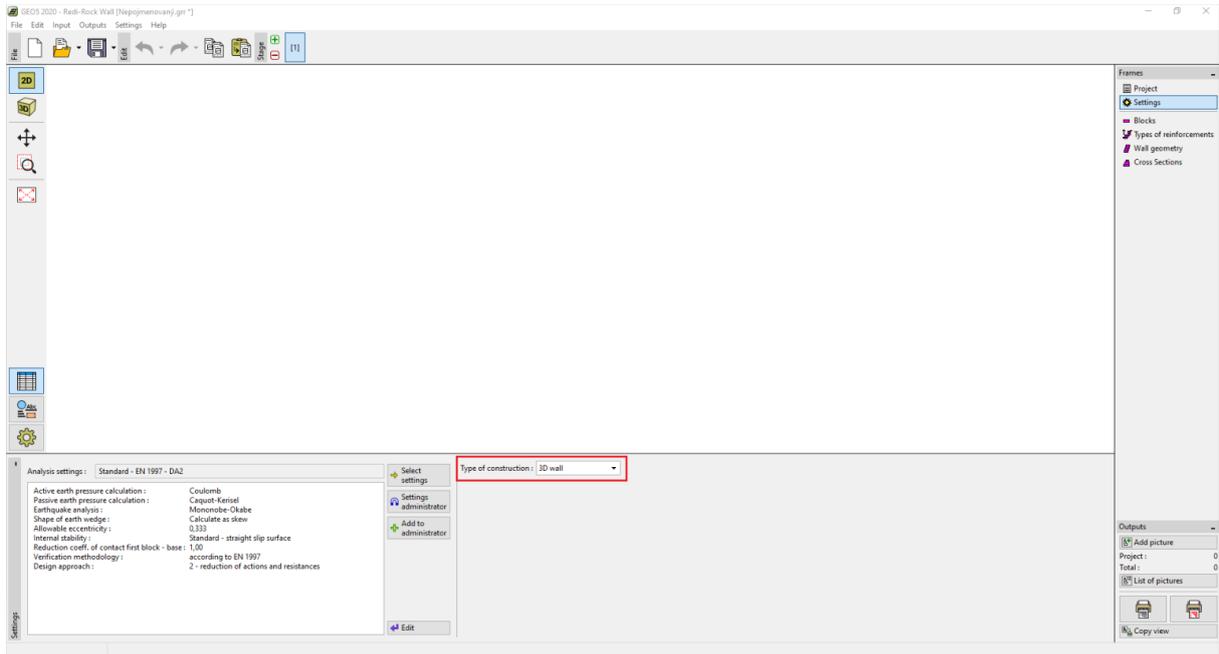
- Muro de gravidade
- Muro de solo reforçado

Compare o processo de construção de ambos os muros.

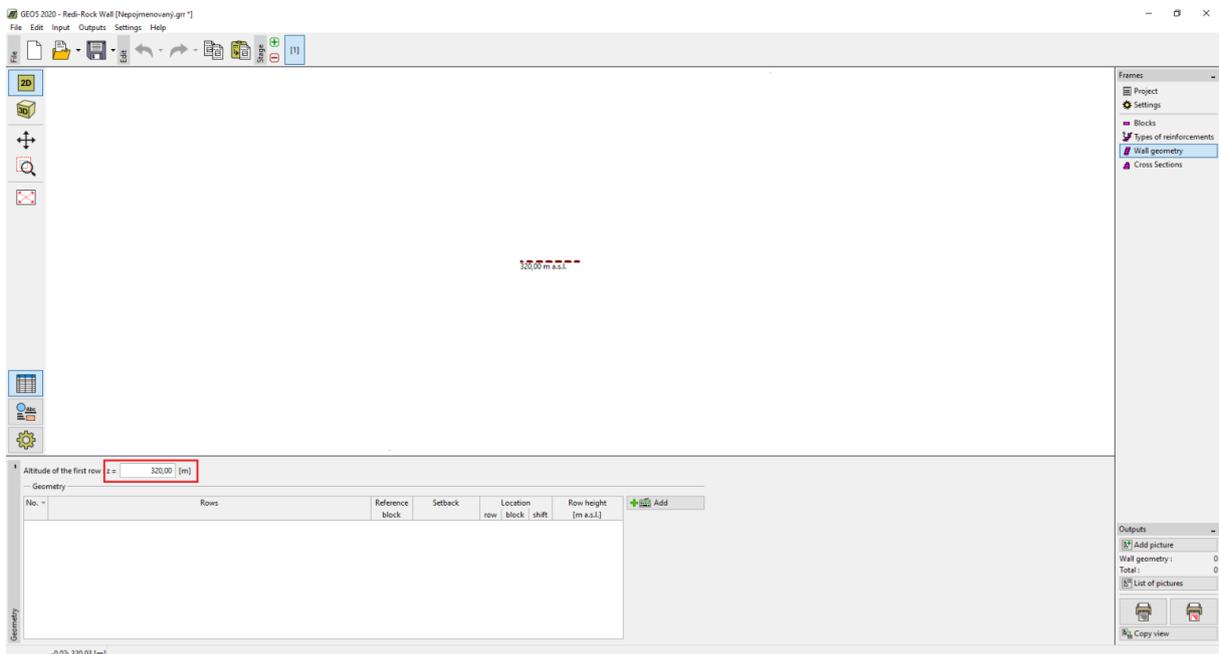
Tarefa bónus: Dimensione o mesmo muro, mas com curvatura.

Solução:

Na janela “Configurações”, selecione o tipo de construção “muro 3D”.

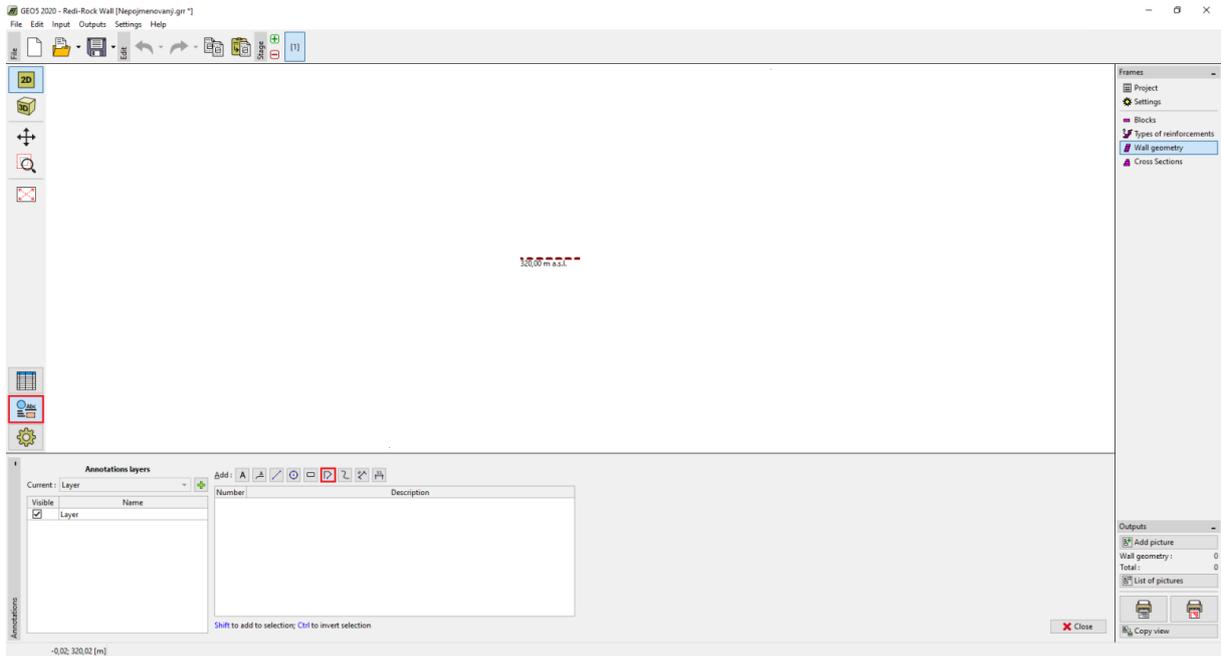


Na janela “Geometria do muro”, insira a altitude da primeira linha (320 m) e, de seguida, utilize o botão na barra de ferramentas do lado esquerdo para alternar para o modo “Anotações”.

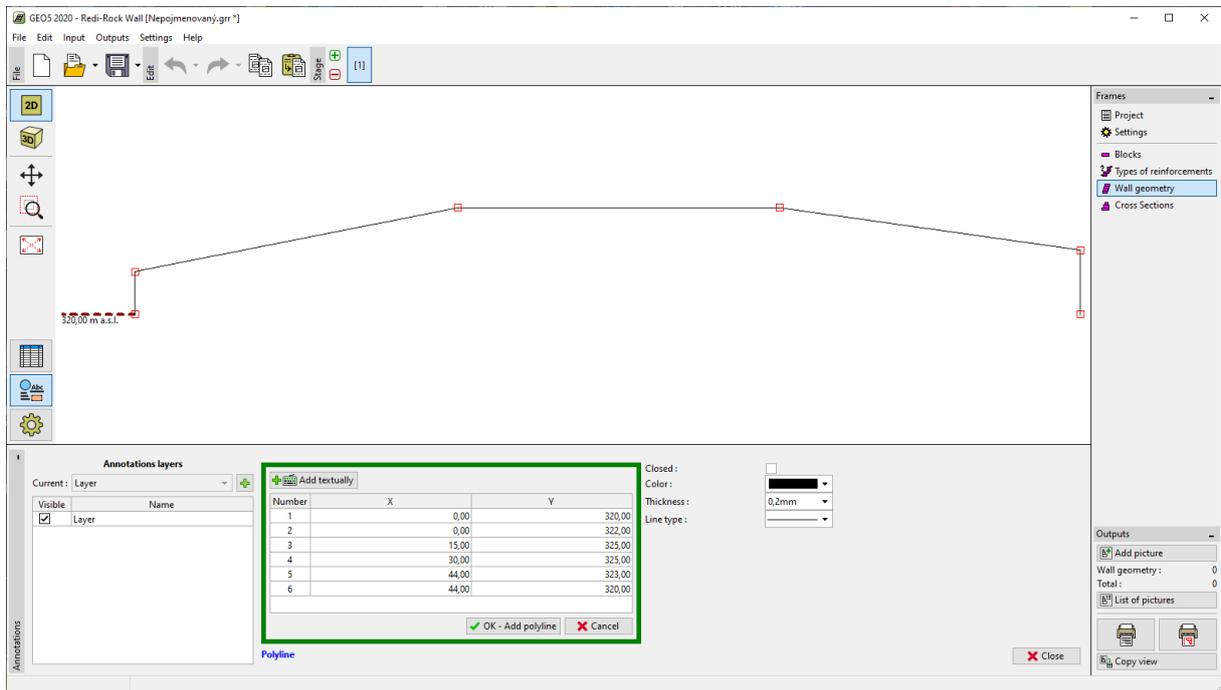


Nota: O modo “Anotações” serve para adicionar legendas e objetos personalizados ao modelo. A forma de introdução de dados é semelhante à dos programas CAD e está explicada na Manual de Engenharia No. 38 - Anotações.

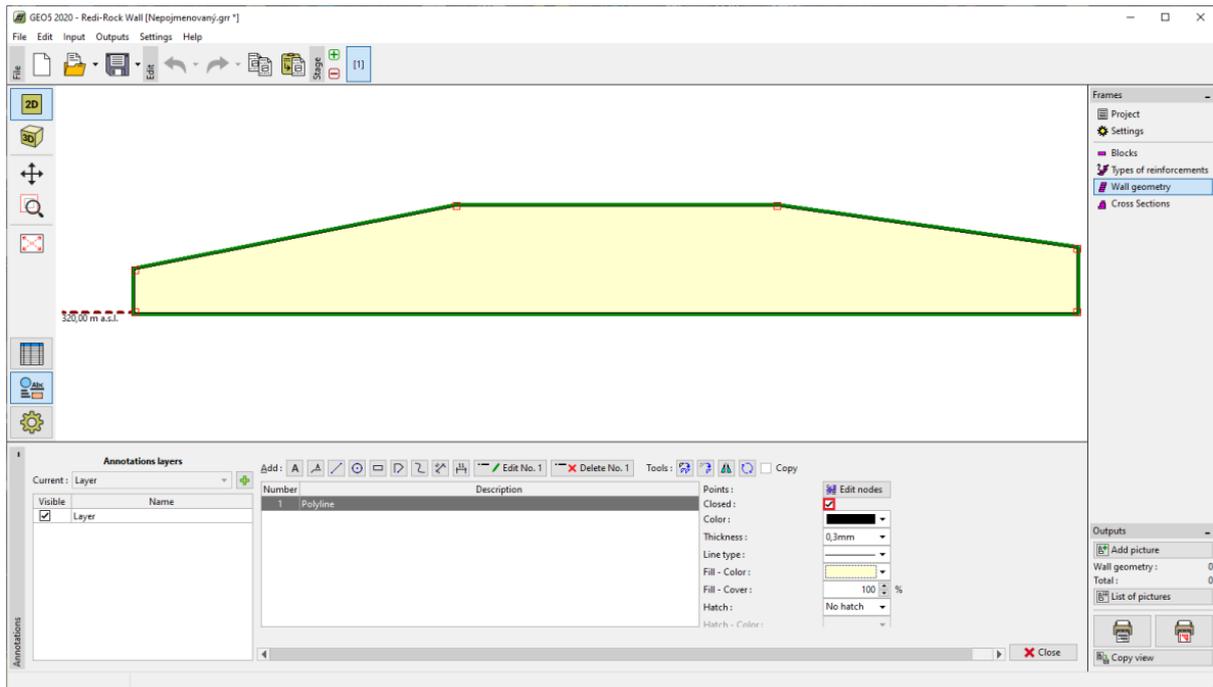
Vamos utilizar o modo “Anotações” para introduzir o contorno do muro que, posteriormente, vamos “cobrir” com blocos. Para criar o contorno do muro utilizamos a função “poli-linha”.



De seguida, inserimos as coordenadas da superfície do solo proposta e da base do muro. As coordenadas são: [0, 320], [0, 322], [15, 325], [30, 325], [44, 323], [44, 320].

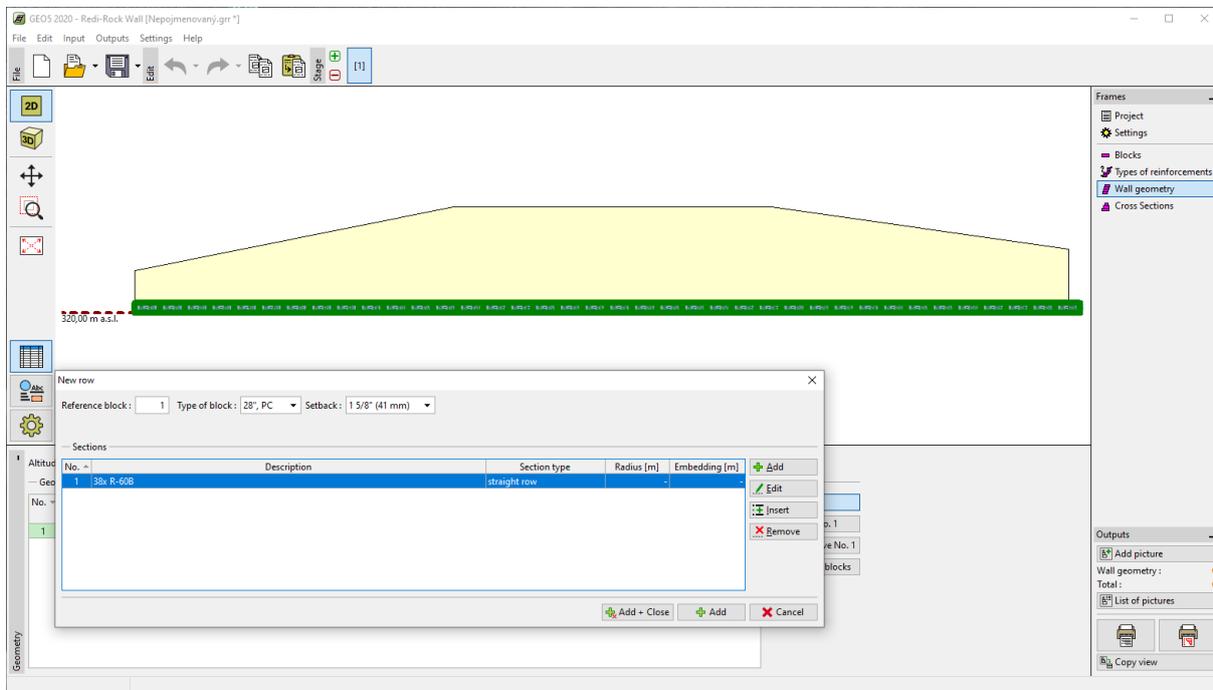


Vamos desativar a poli-linha e a cor para uma melhor visualização.

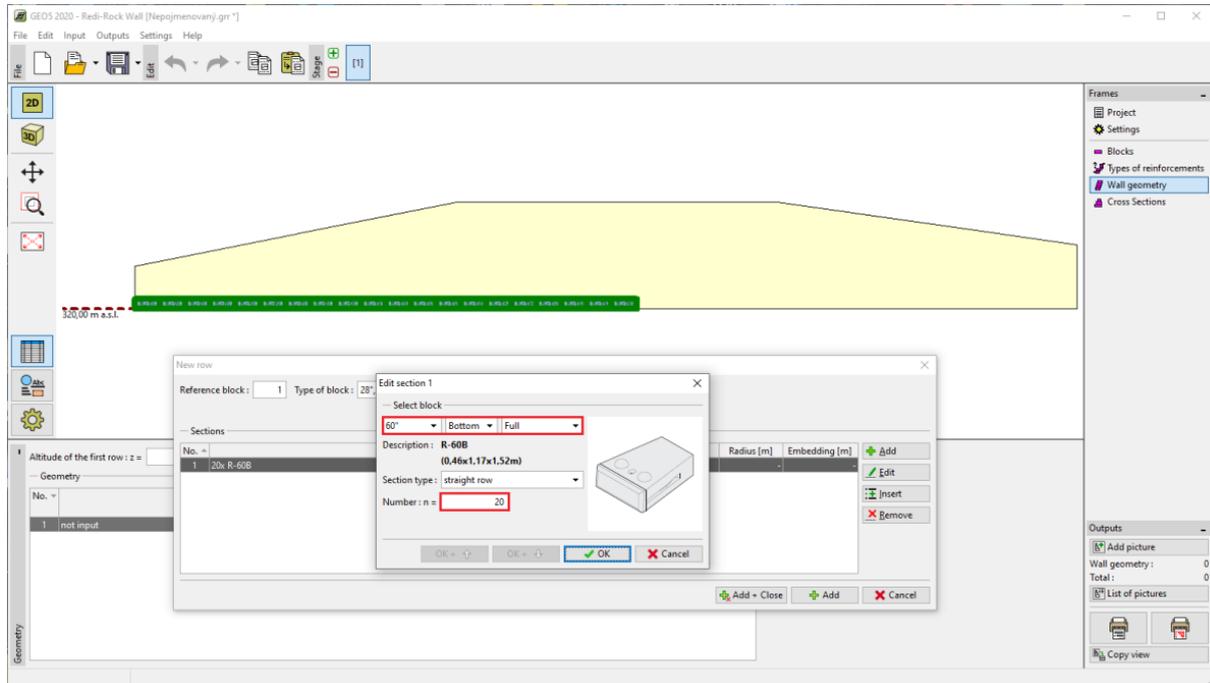


Vamos voltar ao modo de edição de dados e começar a inserir a primeira camada do muro. Para a primeira camada, vamos selecionar o tipo de bloco de 60 polegadas de base (R-60B).

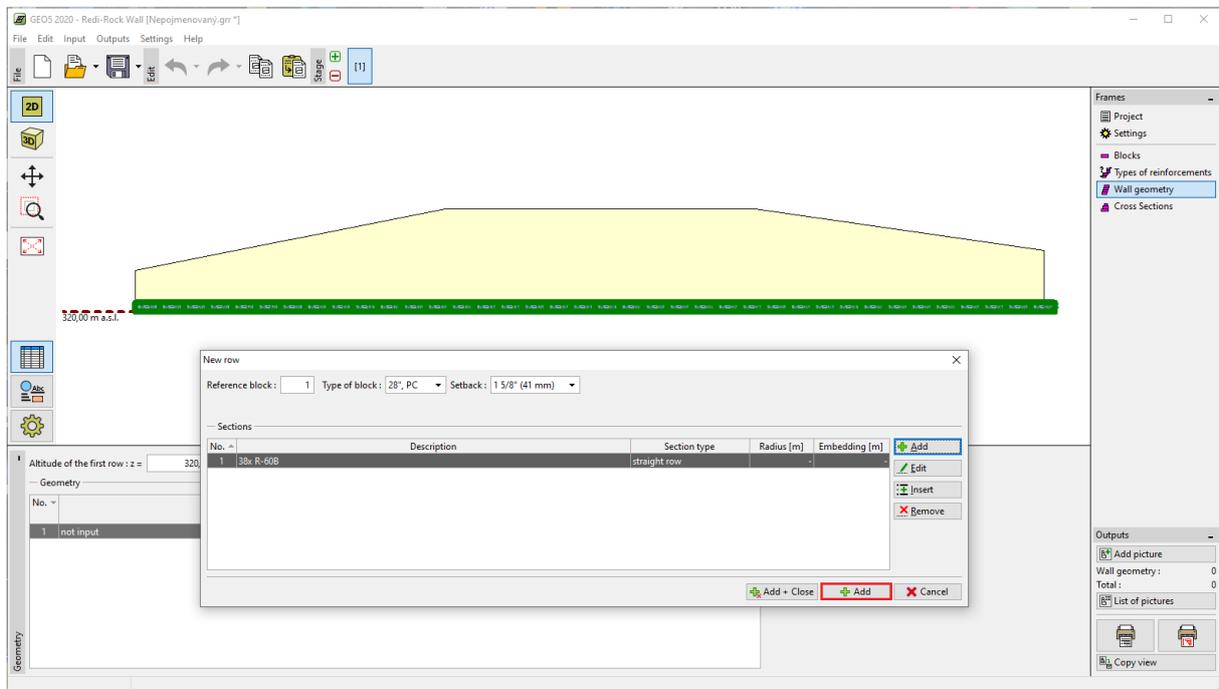
“Adicionamos” a primeira camada e selecionamos o tipo de contraventamento pretendido. O valor padrão é 41 mm. O contraventamento pode ser alterado para as diferentes camadas ou (em casos especiais) também podemos definir diferentes contraventamentos para a mesma camada de blocos.



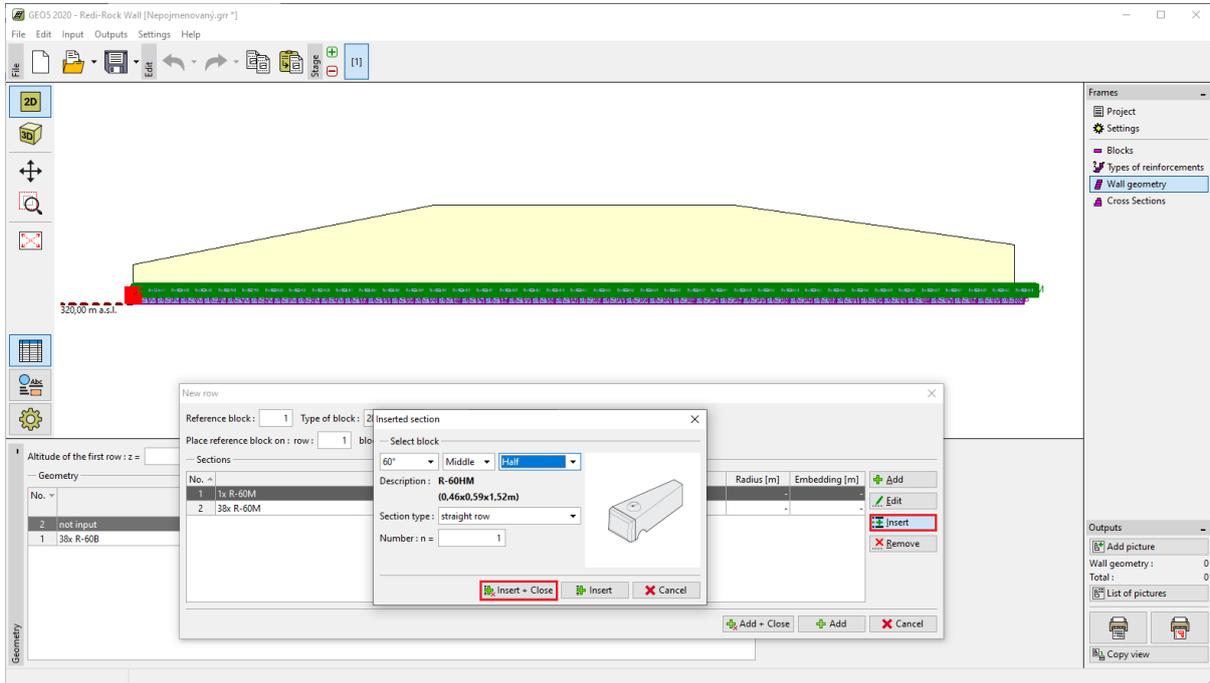
Escolhemos o número de blocos de modo a conseguir obter o comprimento pretendido. No nosso caso, necessitamos de 38 blocos. Após inserir, a imagem do ambiente de trabalho será re-desenhada, de modo a que a definição do número de blocos seja simples.



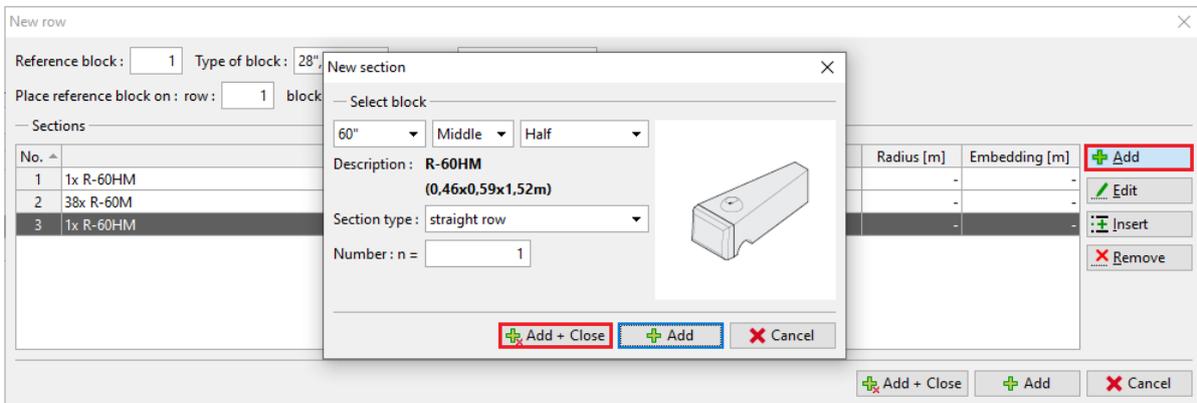
Podemos ver que se definirmos o número de blocos como 20, não obtemos o comprimento necessário, sendo que é necessário alterar (neste caso para 38) e, através do botão “Adicionar”, voltamos à caixa de diálogo para introdução da segunda camada.



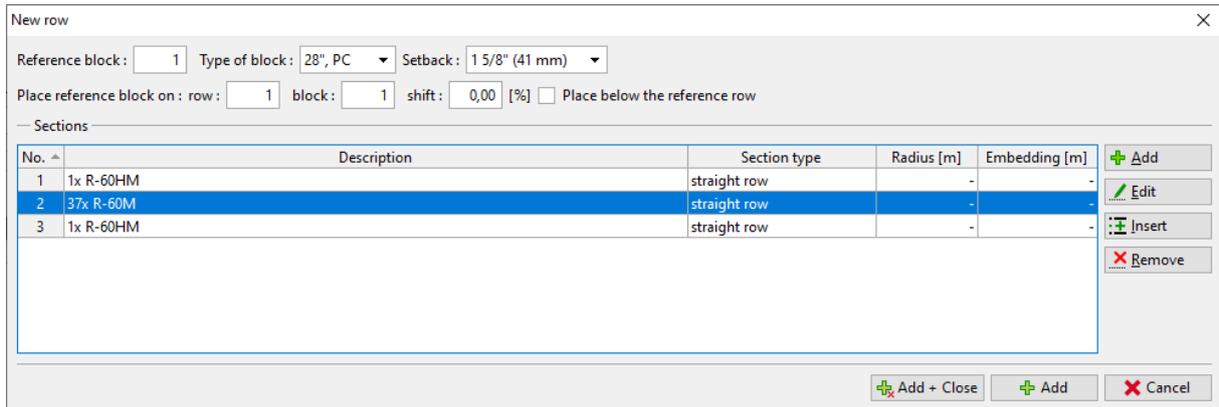
A camada seguinte consiste em blocos de 60 polegadas centrais (R-60M). Para manter o padrão do vínculo de desenvolvimento da estrutura, vamos começar por inserir uma metade de bloco (R-60HM). O botão “Inserir” serve para inserir um bloco à frente do grupo de blocos selecionado.



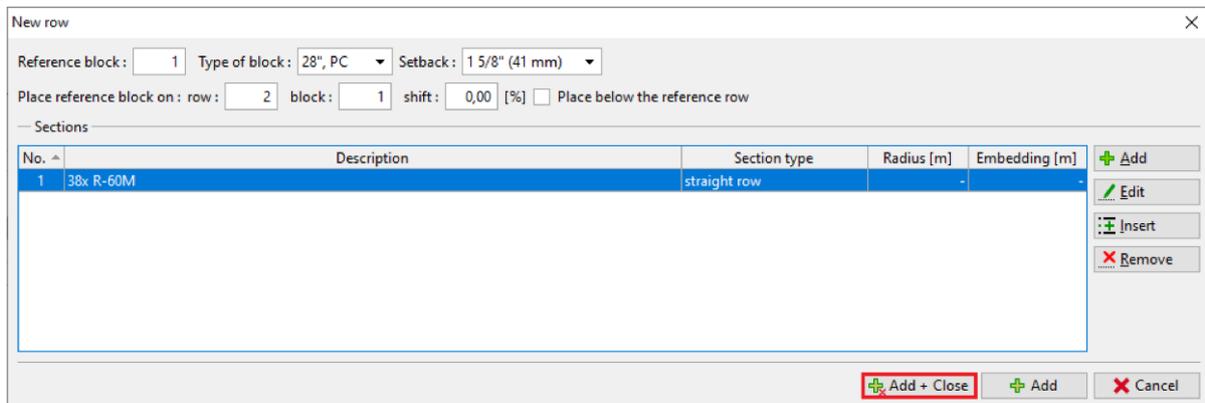
Através do botão adicionar, vamos adicionar outro bloco R-60HM no final da camada. O botão “Adicionar” adiciona sempre os blocos no final..



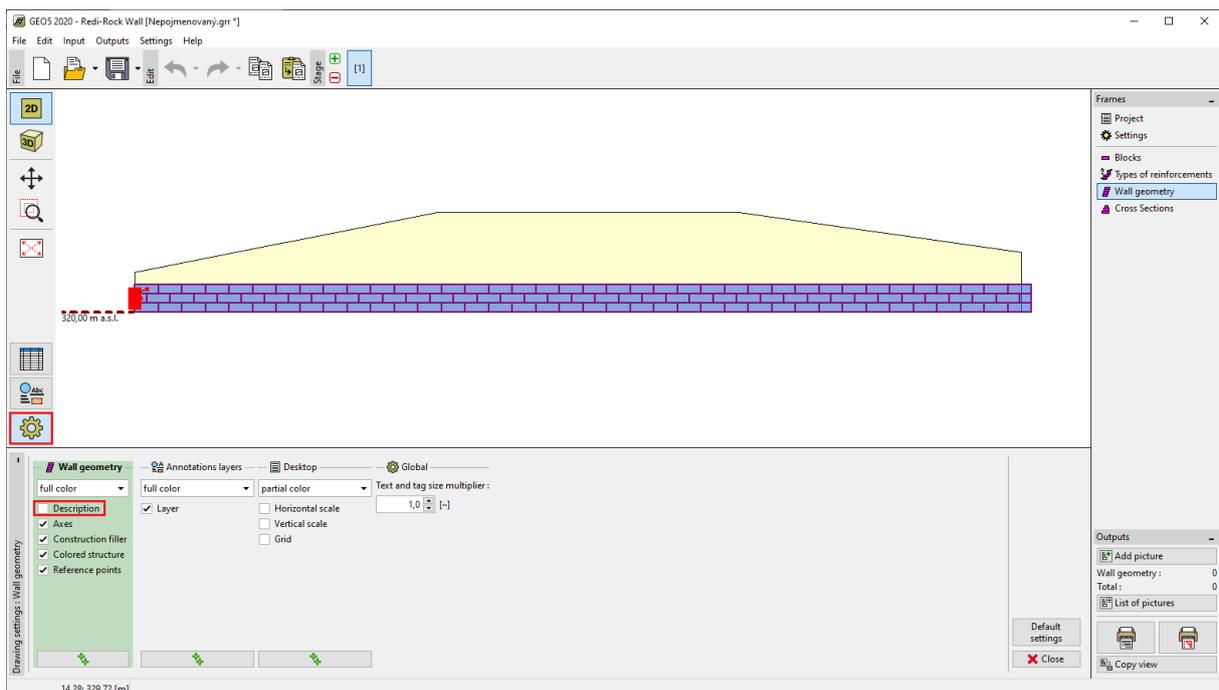
Não se esqueça de alterar o número de blocos de 38 para 37, para considerar os dois meios blocos. Assim, a camada fica concluída. Clique no botão “Adicionar” e passe à camada seguinte.



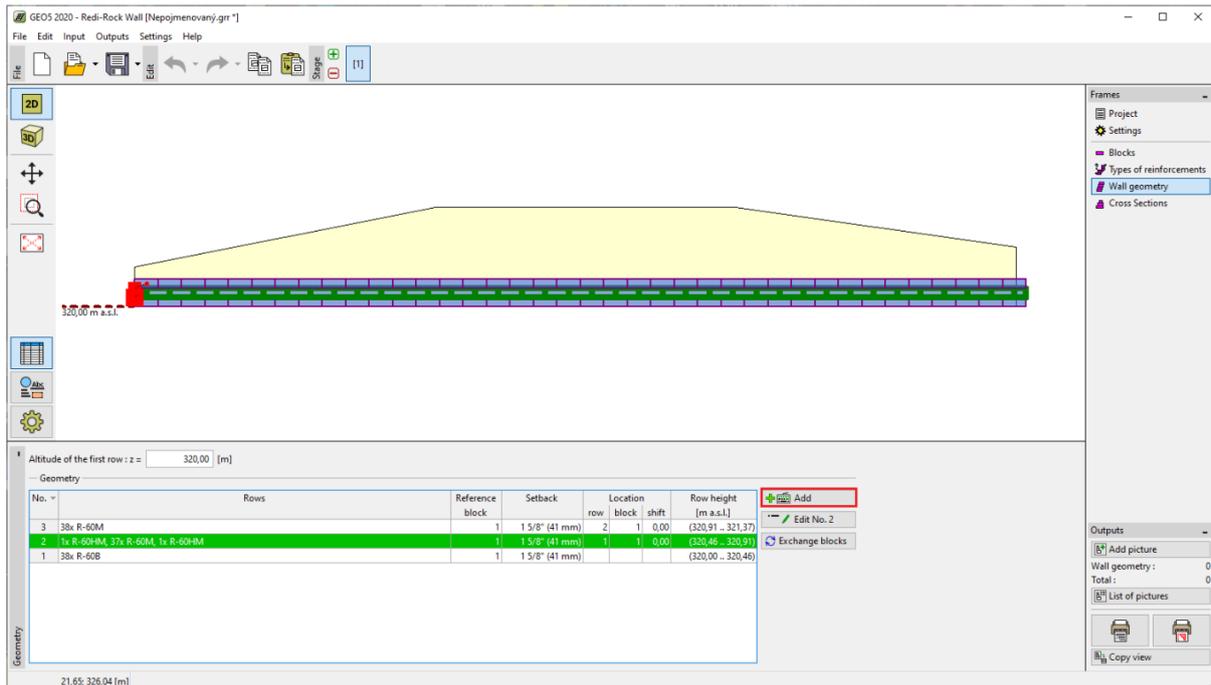
A camada seguinte também é composta por blocos R-60M. Podemos seguir o mesmo processo para as restantes camadas. No entanto, também podemos criar as camadas seguintes através da cópia das camadas anteriores. Vamos fechar esta janela clicando no botão “Adicionar + Fechar”.



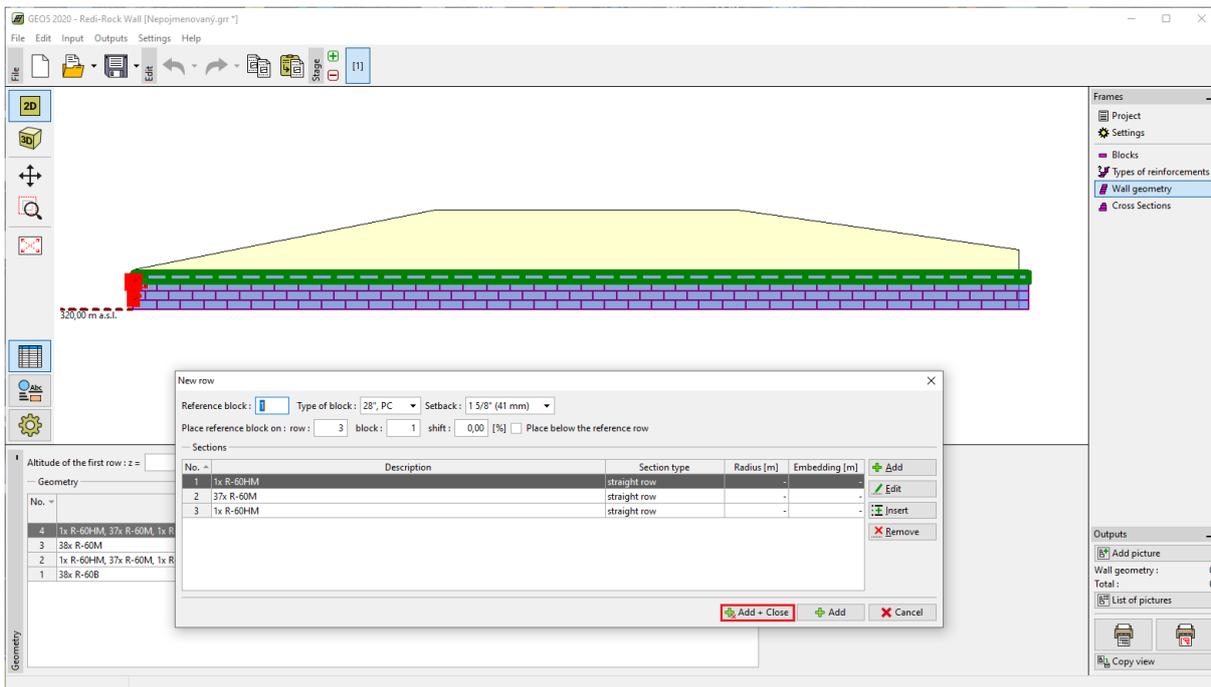
Agora, podemos visualizar 3 camadas. Para uma melhor visualização, vamos desativar a descrição.



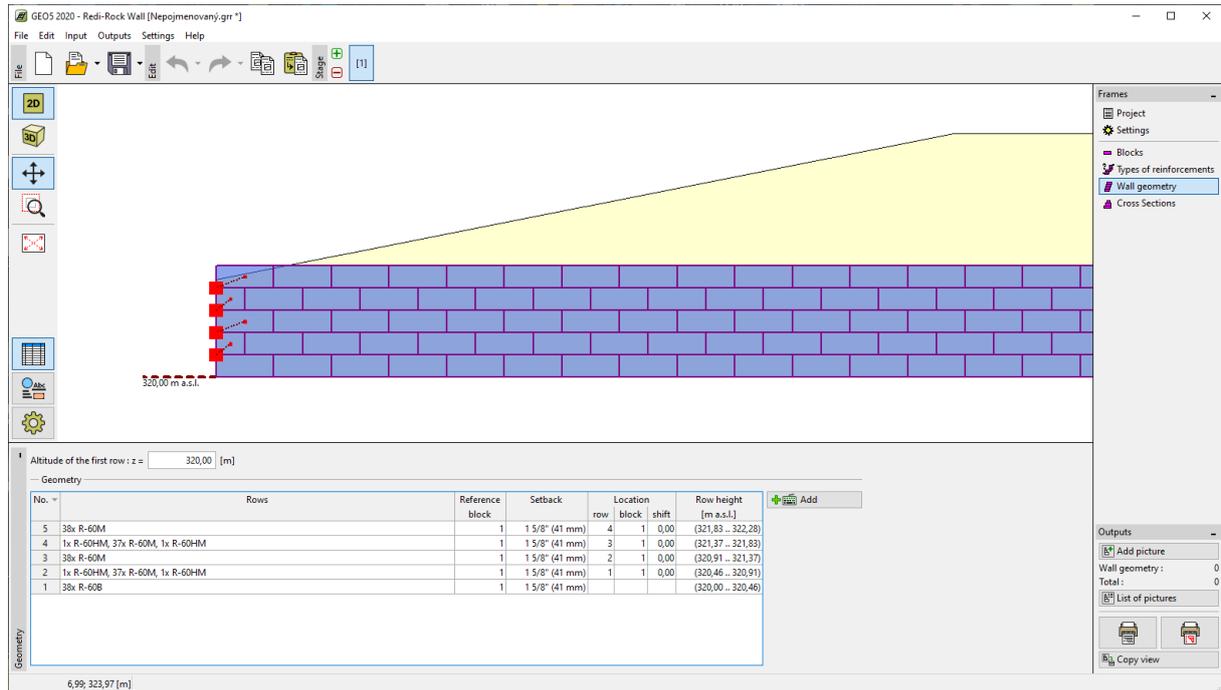
A quarta camada será igual à segunda. Deste modo, vamos seleccionar a segunda camada e clicar no botão “Adicionar” Ao fazer isto, criamos uma cópia.



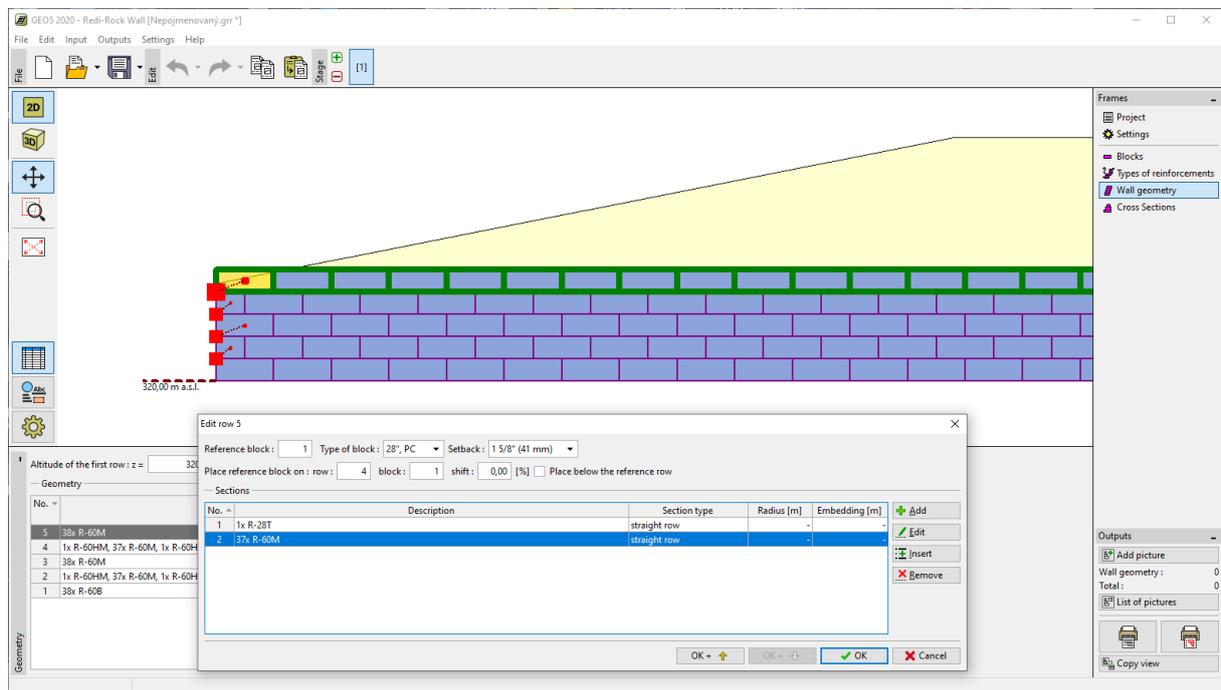
Confirme através do botão “Adicionar + Fechar”.



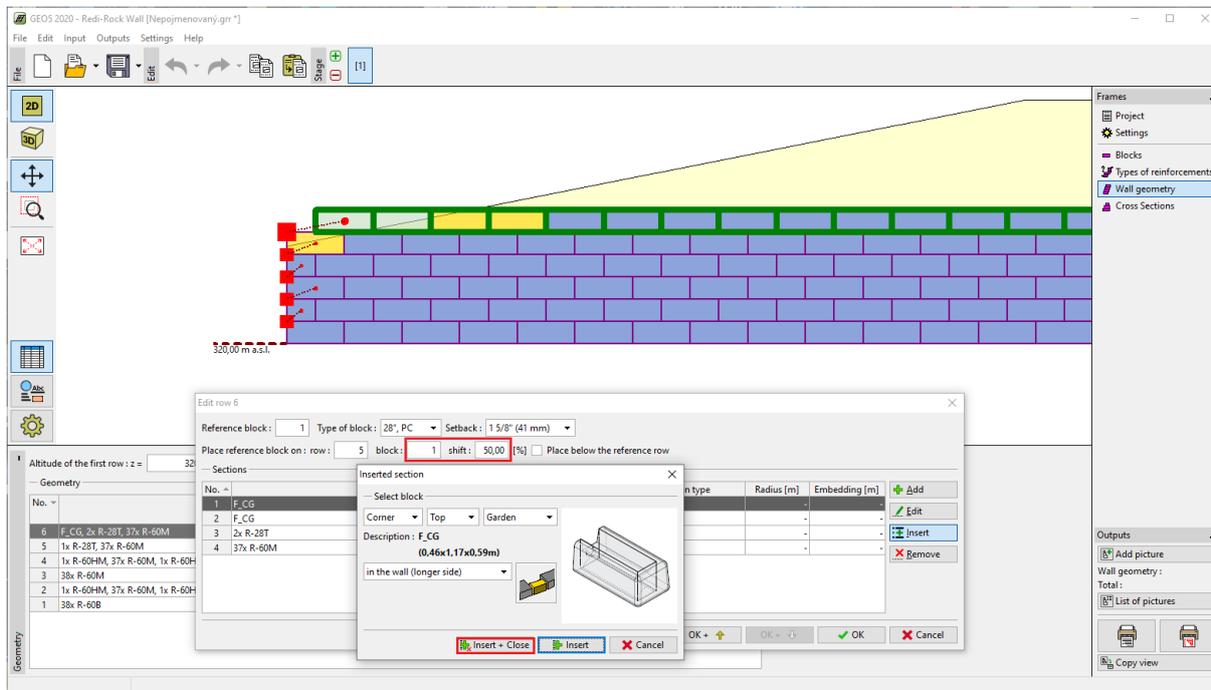
Da mesma forma, vamos copiar a terceira camada para criar a quinta. Agora, podemos ver que o muro atingiu a altura desejada para a extremidade.



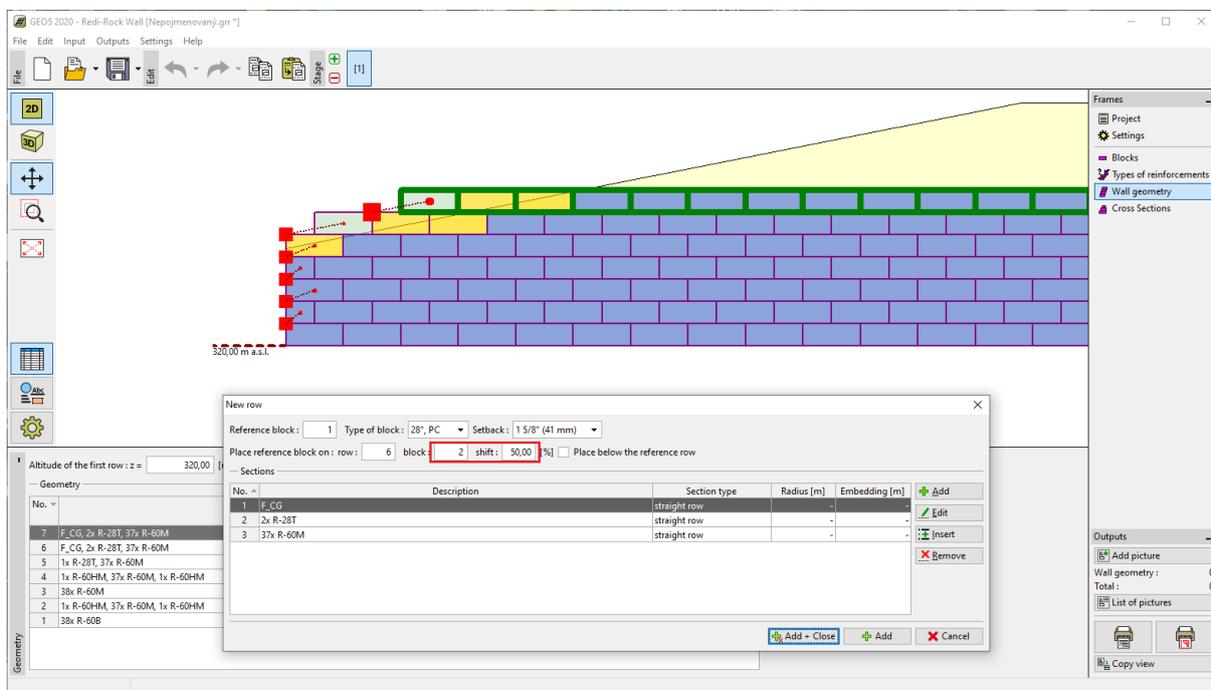
Vamos utilizar o bloco R-28T como bloco de topo, assim, vamos ajustar a introdução da camada.



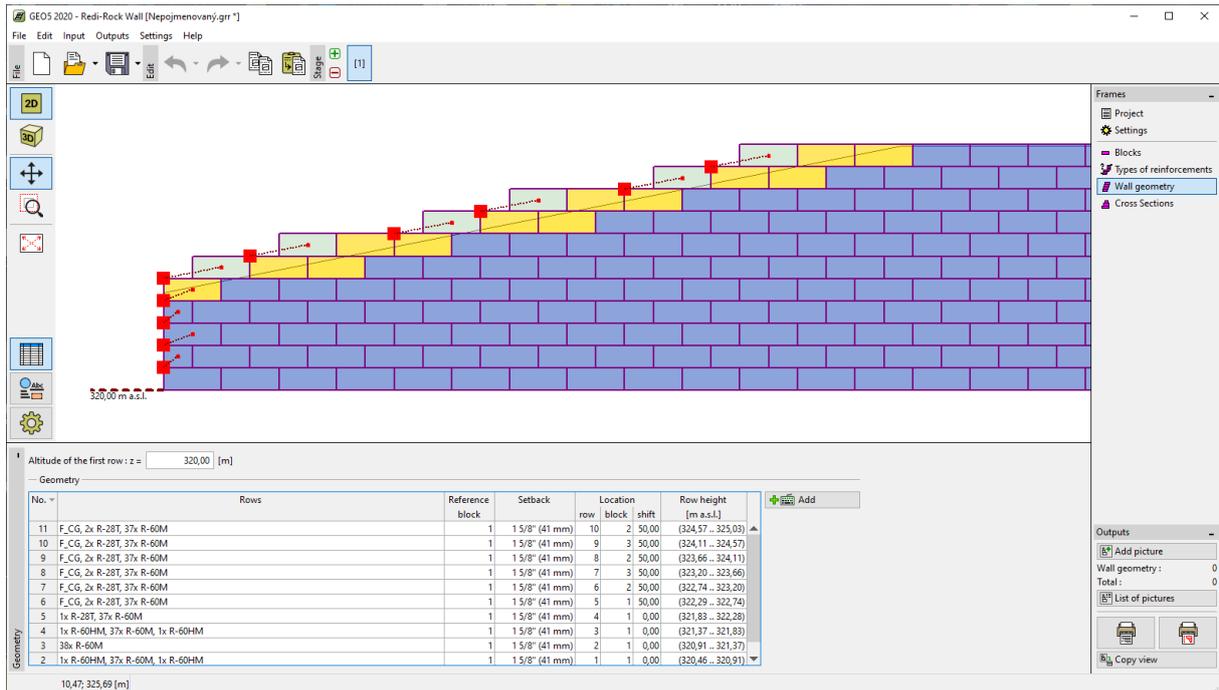
Vamos adicionar outra camada. O posicionamento da camada é regulado através do “Bloco de referência”. Aqui, definimos o bloco de referência como No. 1, mas movemos a linha superior em 50% do seu comprimento para obter o encaixe desejado. De seguida, inserimos dois blocos R-28T e concluímos o muro com bloco de canto (F-CG). O bloco de canto deve ser inserido como “no muro” para determinar que não estamos a criar um canto no muro.



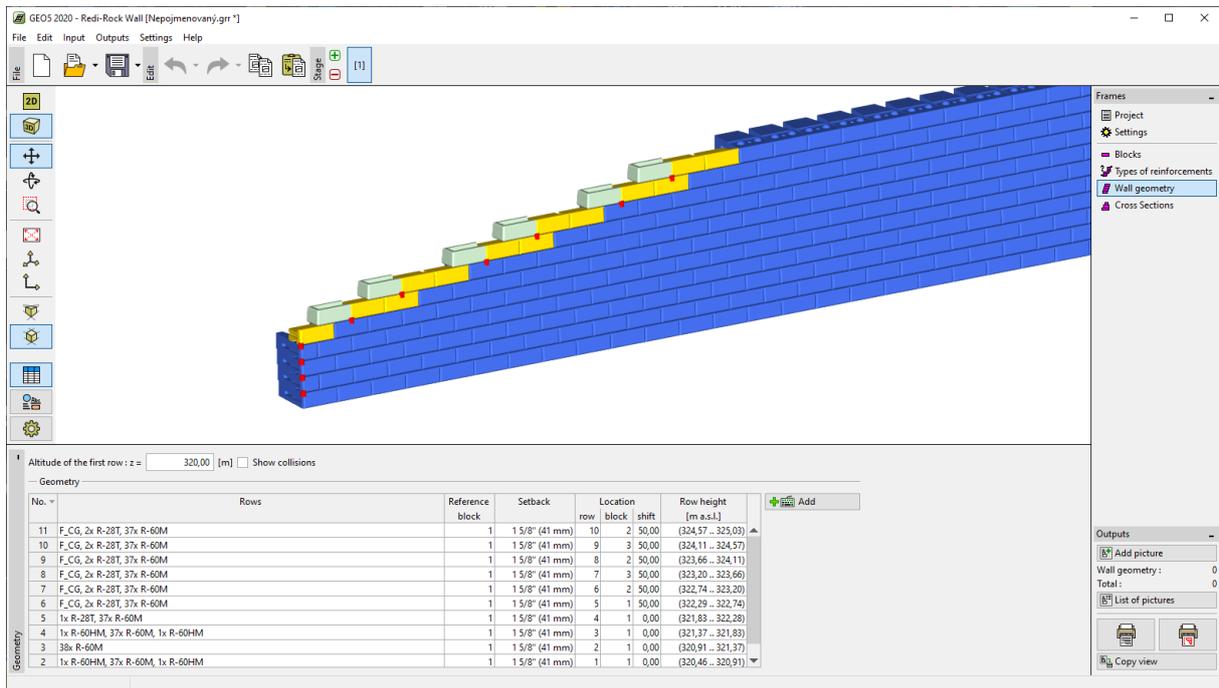
A camada seguinte é basicamente uma cópia da camada anterior, sendo que apenas necessitamos de mover o bloco de referência para a posição desejada.



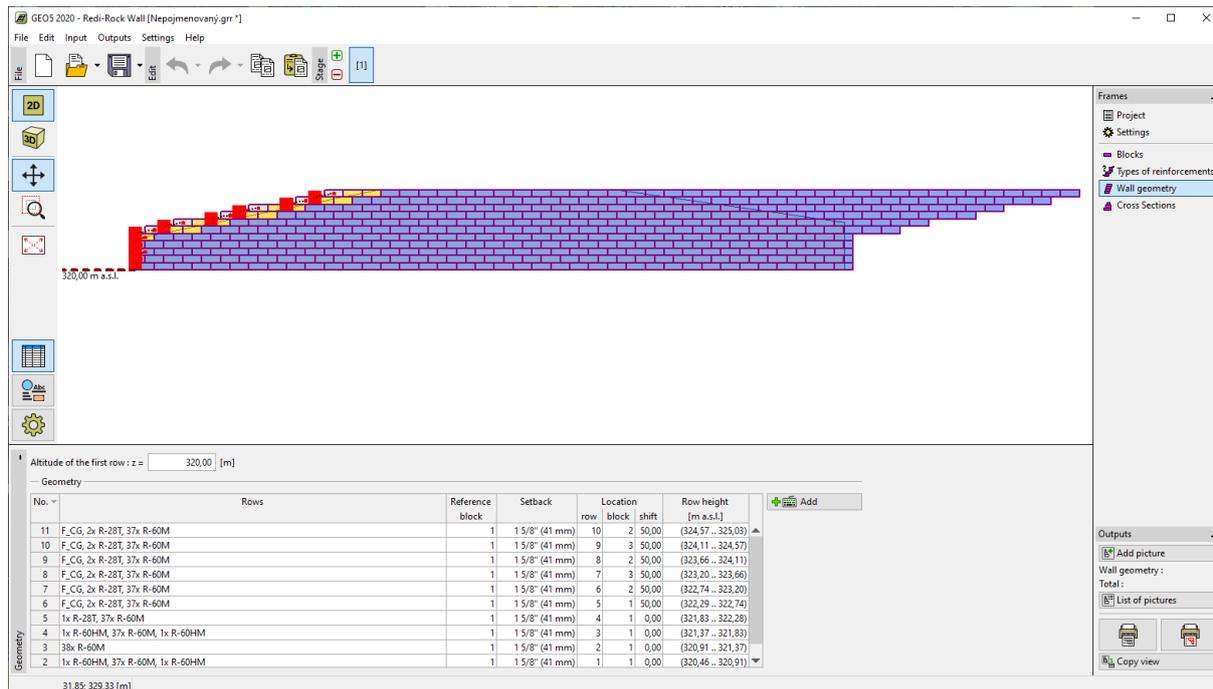
Após inserir mais quarto camadas, o muro deve apresentar o aspeto seguinte:



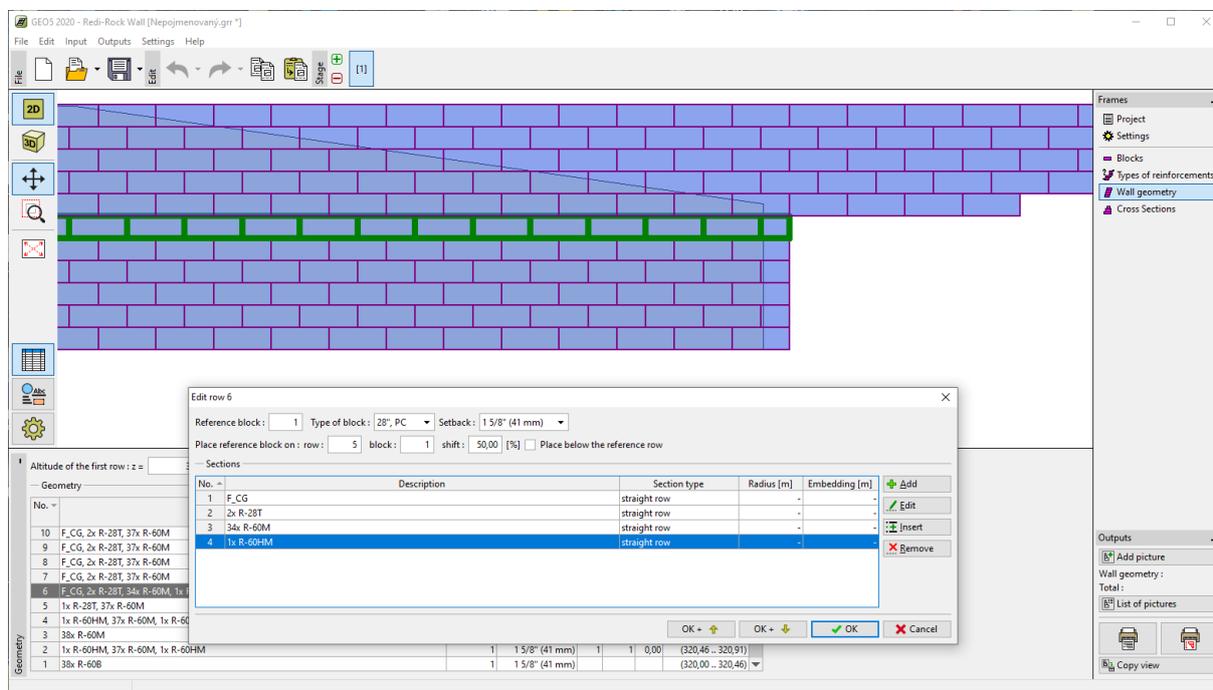
Podemos visualizar a extremidade criada no muro em 3D, ao seleccionar o modo de visualização 3D na parte superior esquerda do ecrã.



A parte esquerda do muro está concluída e agora podemos focar-nos parte direita, que ainda não editámos.

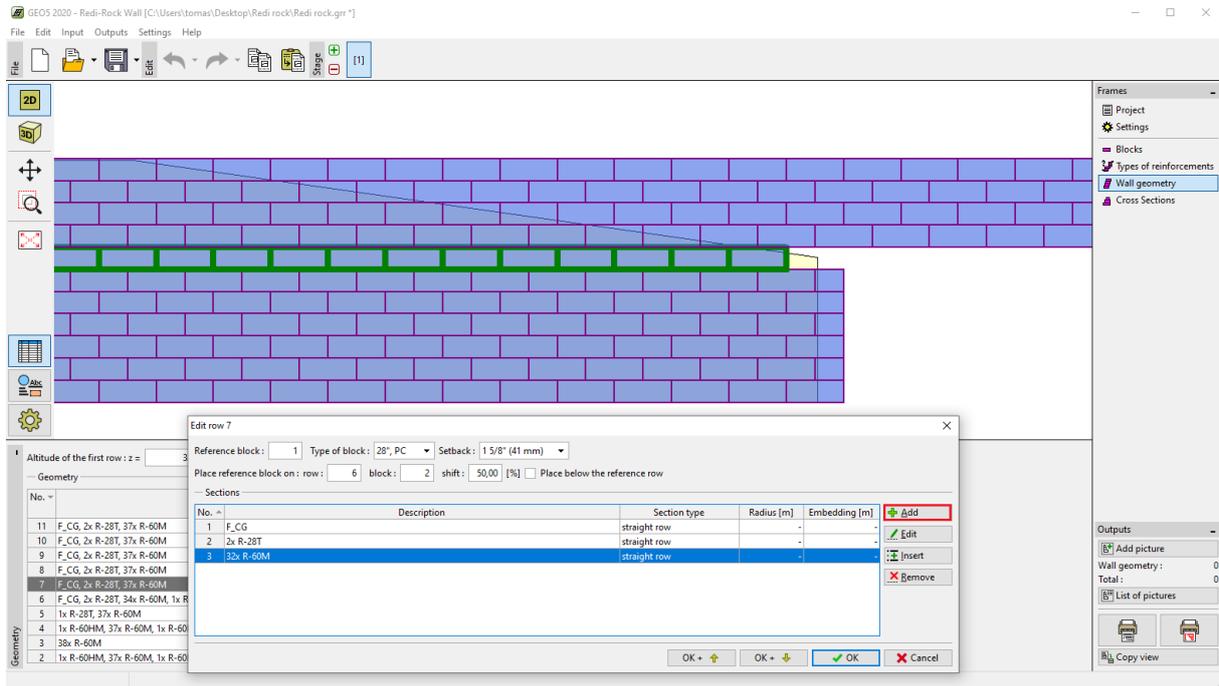


Vamos começar com a sexta camada, onde vamos reduzir o número de blocos e adicionar um meio bloco. Quando conseguirmos o resultado pretendido, podemos passar para a camada seguinte, clicando na seta.

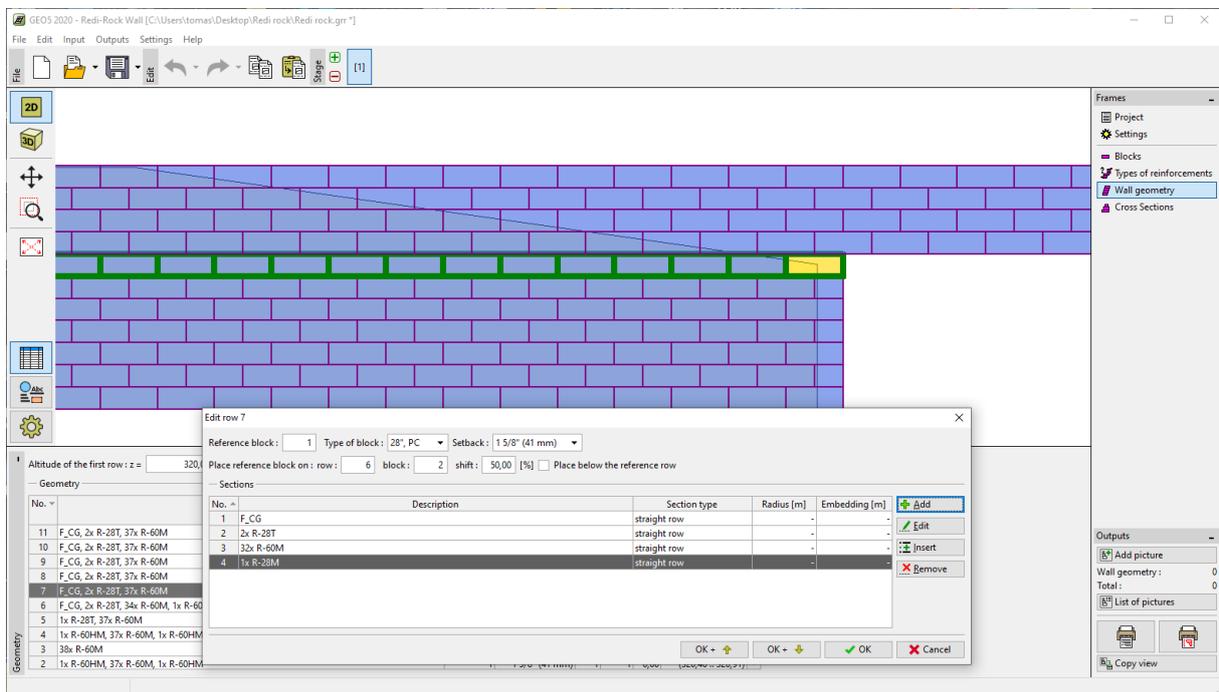


Nota: As setas comportam-se de acordo com a disposição dos objetos na tabela, podendo, por vezes, acontecer que a seta "para cima" selecione a camada inferior e vice-versa. Isto pode ser modificado alterando a disposição da tabela.

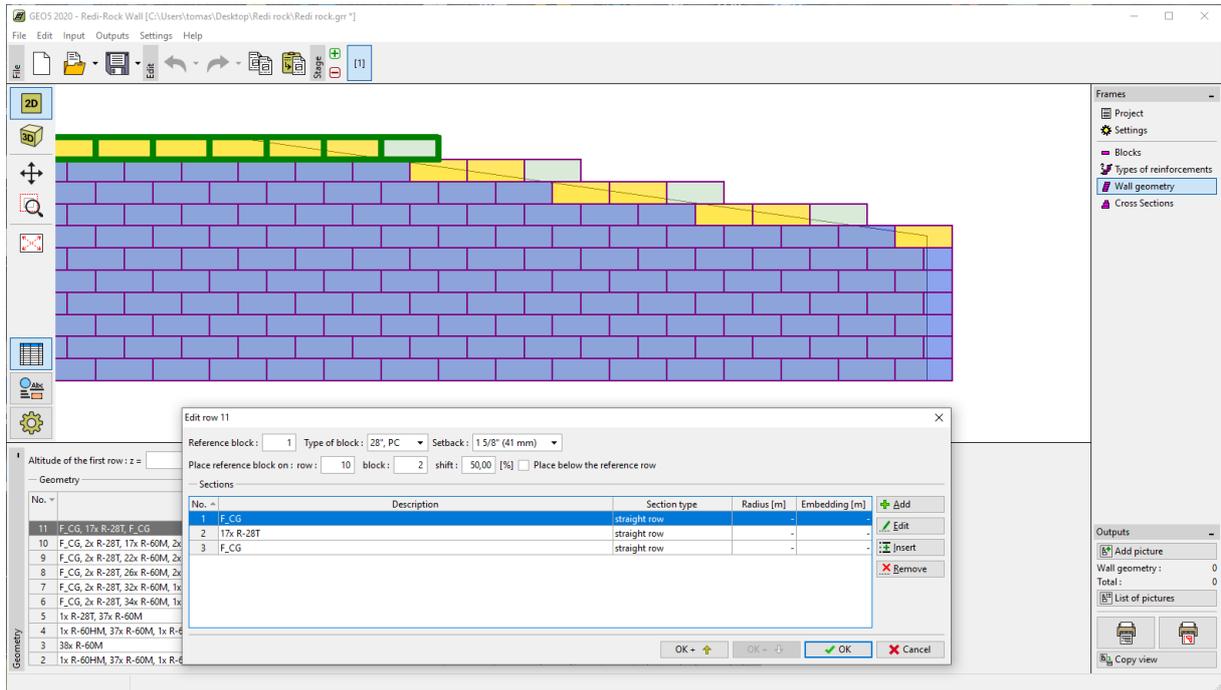
Para a camada seguinte, vamos reduzir o número de blocos R-60M e adicionar um bloco de extremidade R-28T. Isto pode ser realizado de forma simples ao seleccionar o bloco pretendido na janela e, de seguida, clicar no botão “Adicionar”.



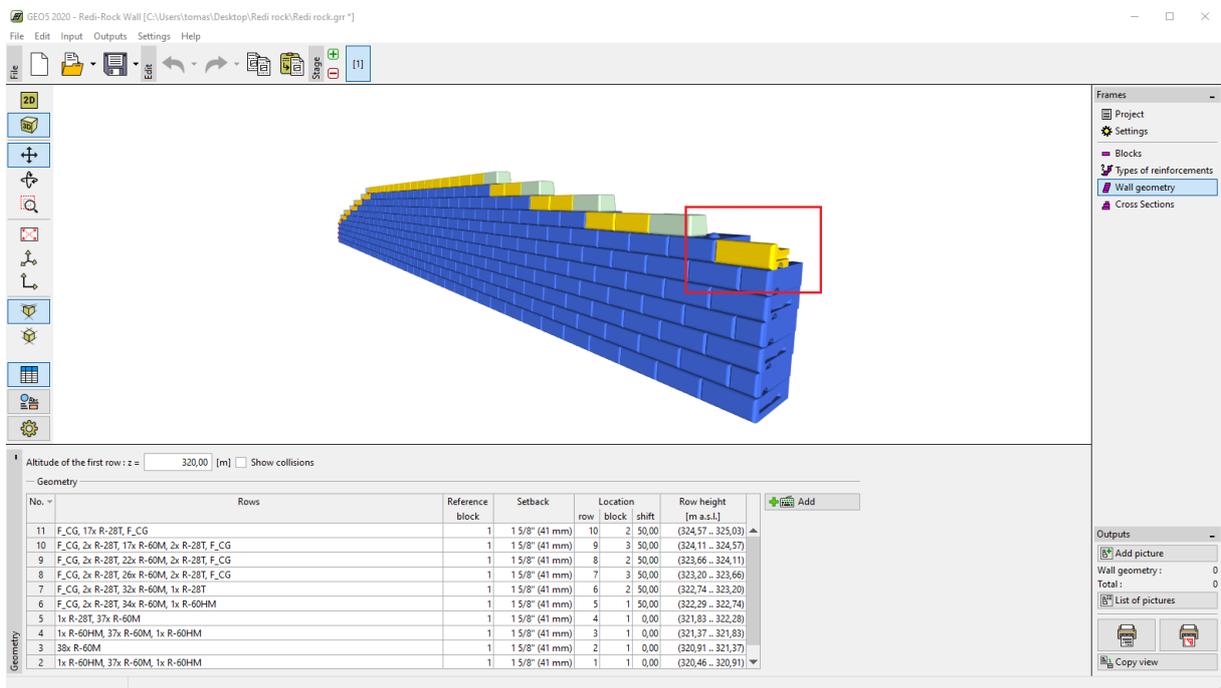
Após editar esta camada, podemos passar à seguinte clicando nas setas.



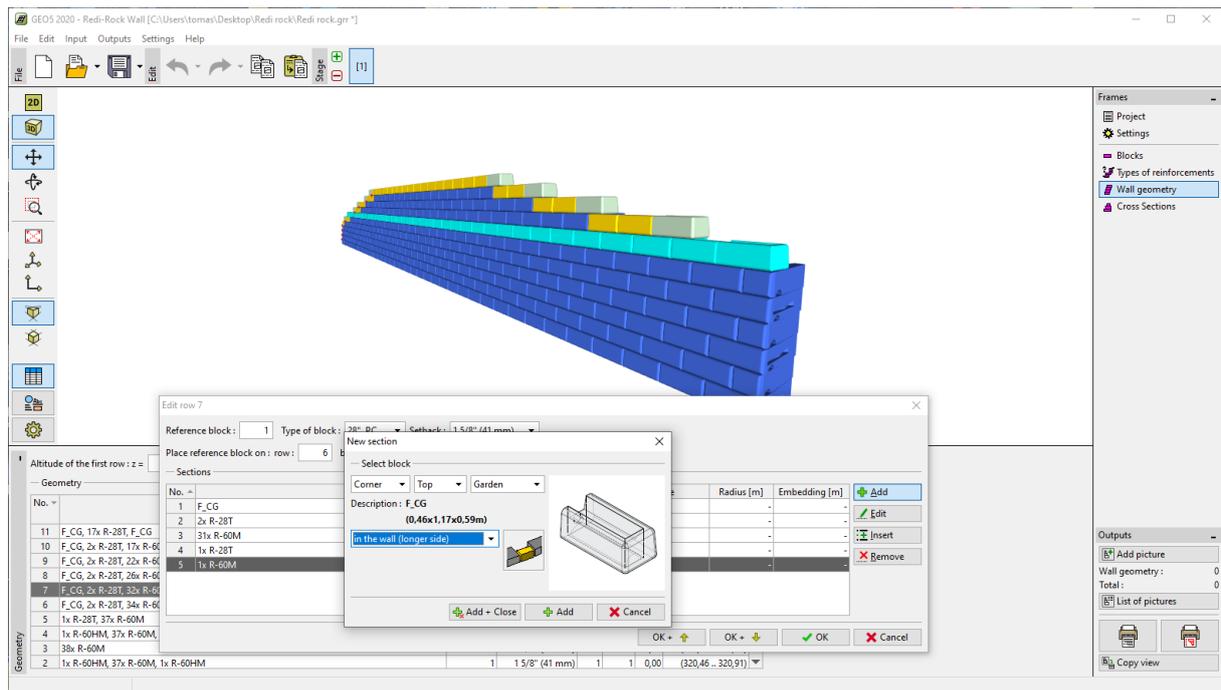
Vamos ajustar todas as camadas da mesma forma, até conseguir o pretendido. A camada superior do muro é constituída apenas por blocos R-28T, com blocos F-CG nas extremidades.



Podemos visualizar o muro criado em 3D. Podemos ver que a extremidade do não está bem dimensionada, dado que a extremidade do bloco R-28T está exposta.

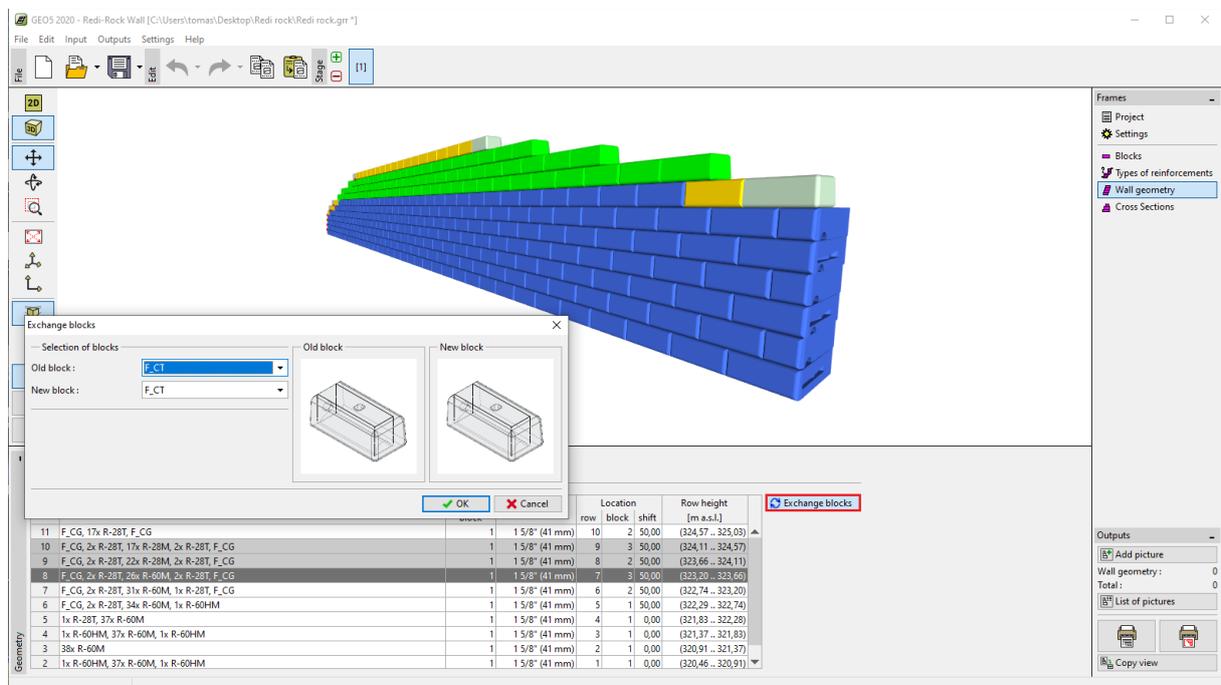


Vamos corrigir a camada ao substituir o bloco de topo por um bloco de canto.

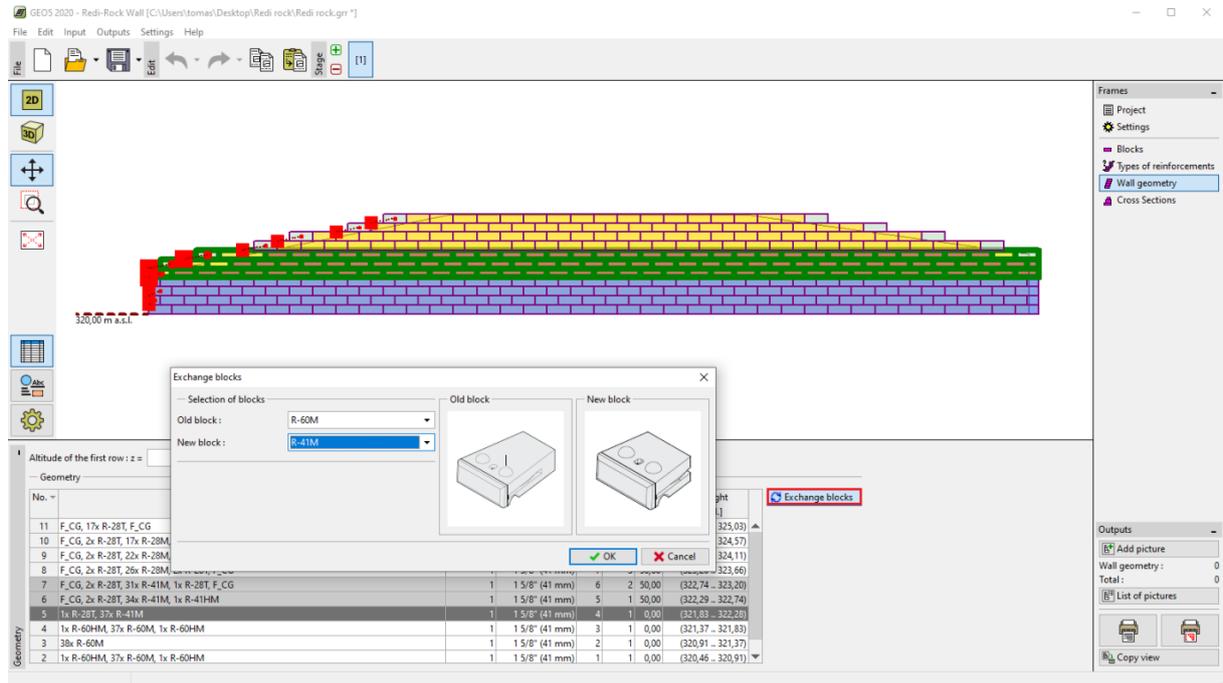


Agora, temos o muro completamente dimensionado através de blocos R-60. No entanto, este dimensionamento não é necessariamente eficiente. Assim, vamos substituir alguns blocos por blocos de tamanho inferior. Nas três camadas superiores vamos assumir blocos de 28 polegadas e, abaixo, vamos considerar três camadas constituídas por blocos de 41 polegadas.

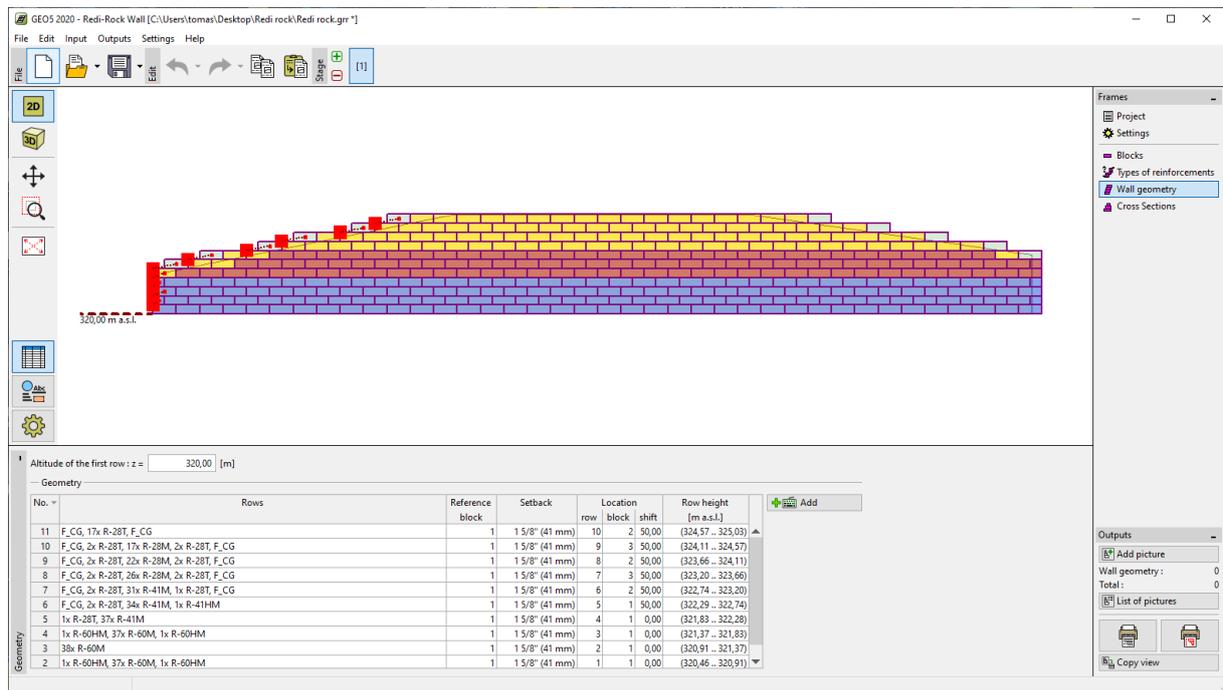
A substituição é simples: selecionamos as três camadas superiores e utilizamos o botão “Trocar blocos” para substituir os blocos R-60M por R-28M.



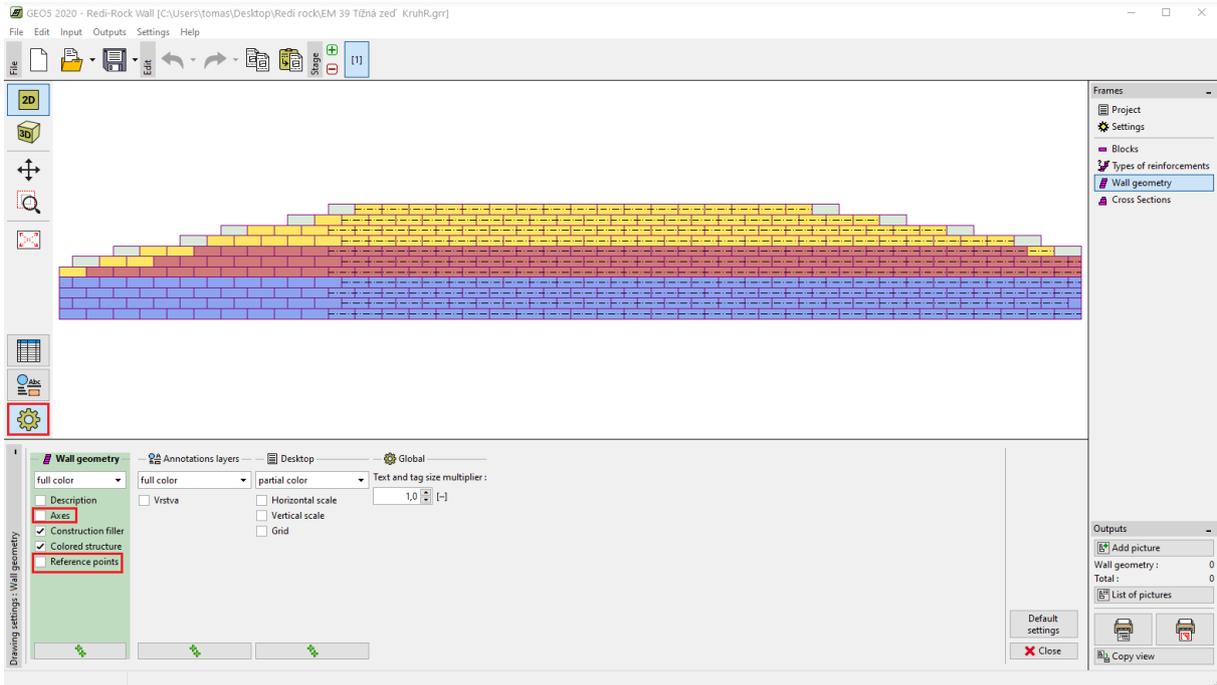
Da mesma forma, vamos substituir as três colunas abaixo por blocos R-41M. Não se esqueça de alterar também os meios blocos (R-60HM > R-41HM).



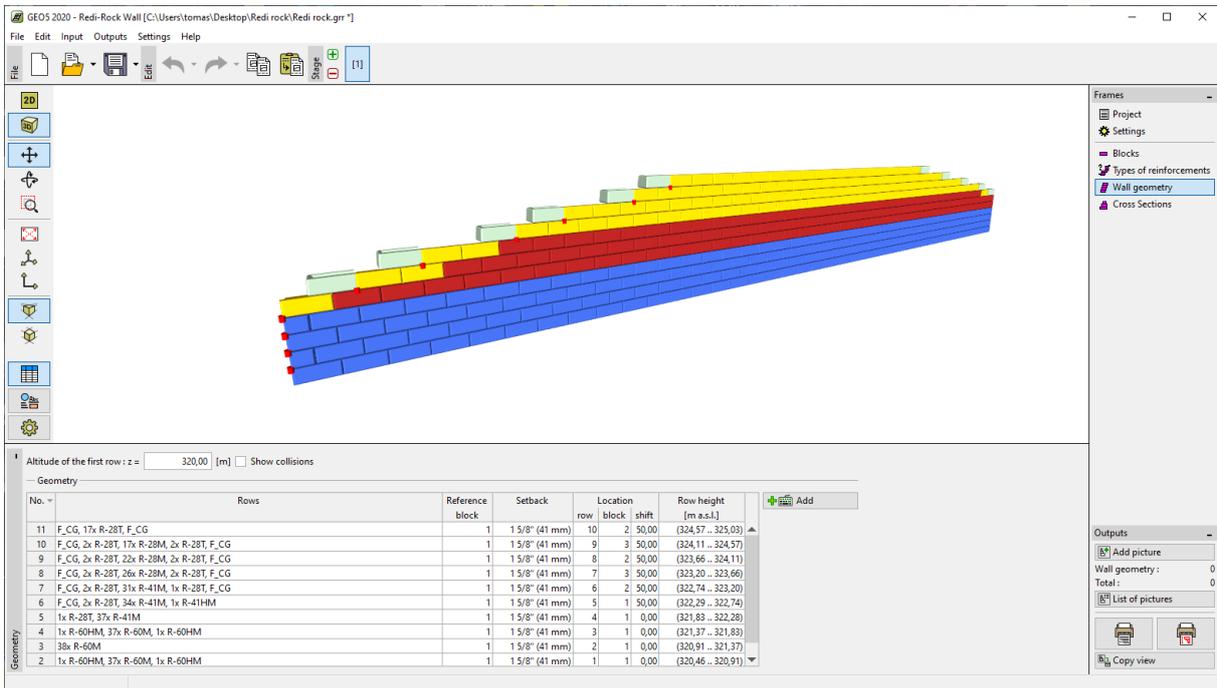
Agora, o muro de gravidade está concluído.



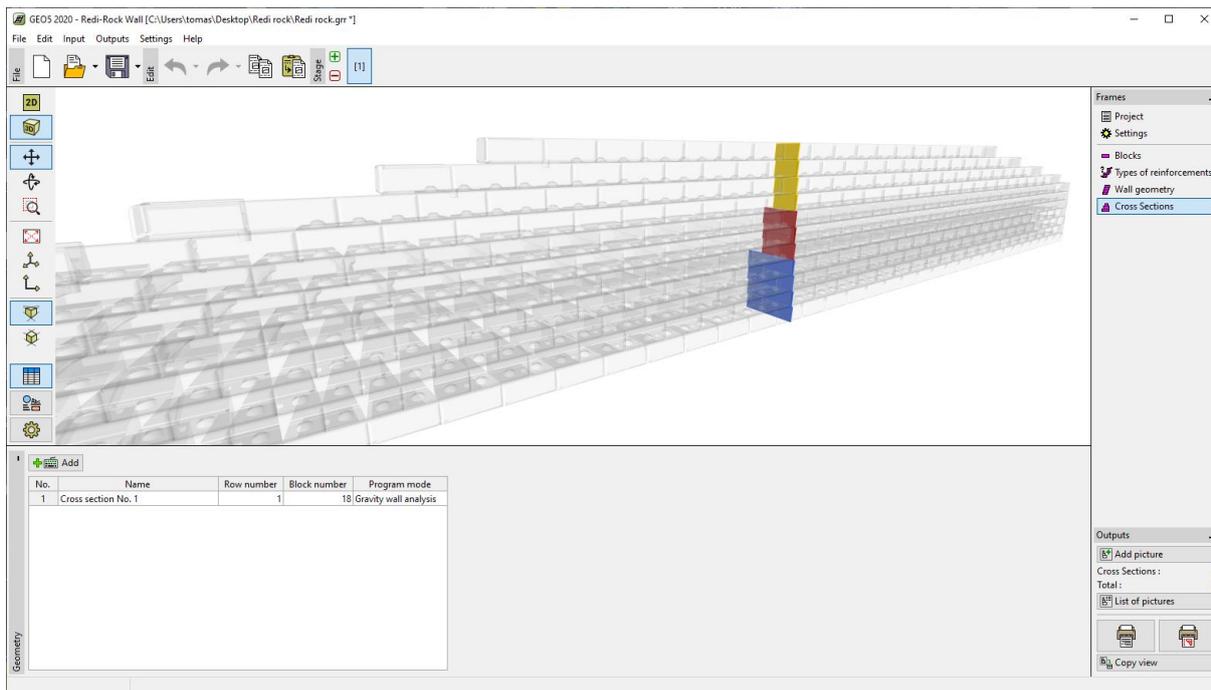
Algumas partes da visualização (como os pontos de referência ou eixos) podem não ser importantes nesta fase. Podemos ir às definições de visualização e desativá-las.



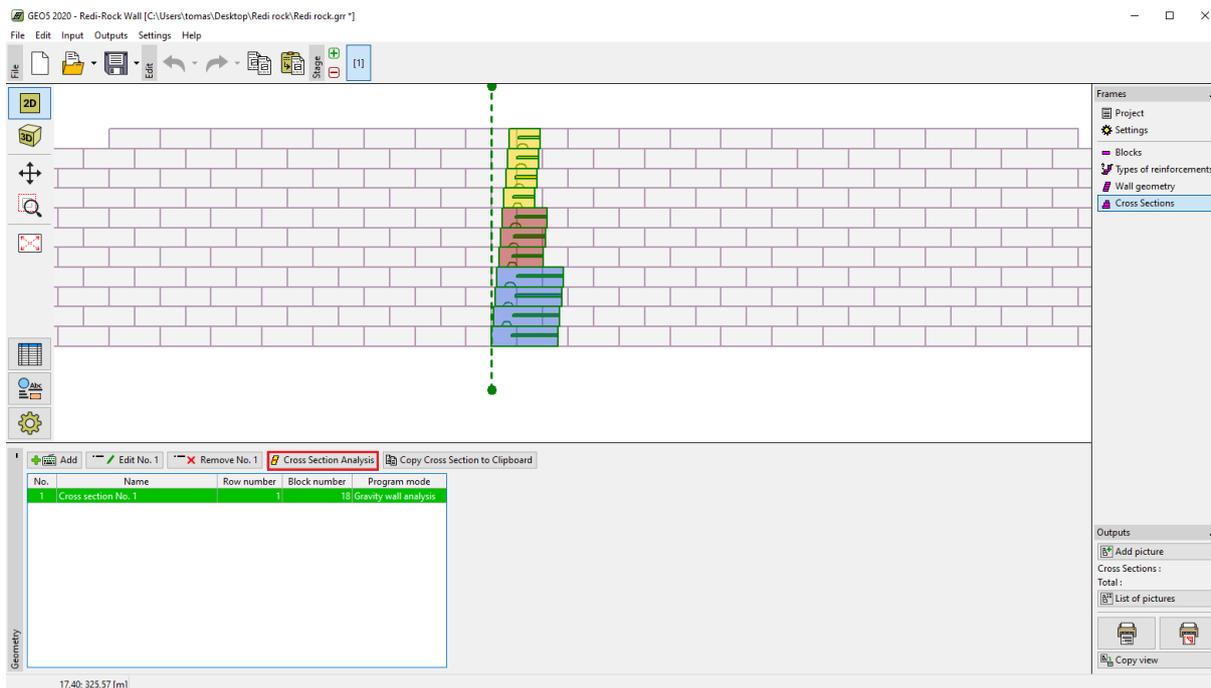
Também podemos verificar o muro no modo 3D.



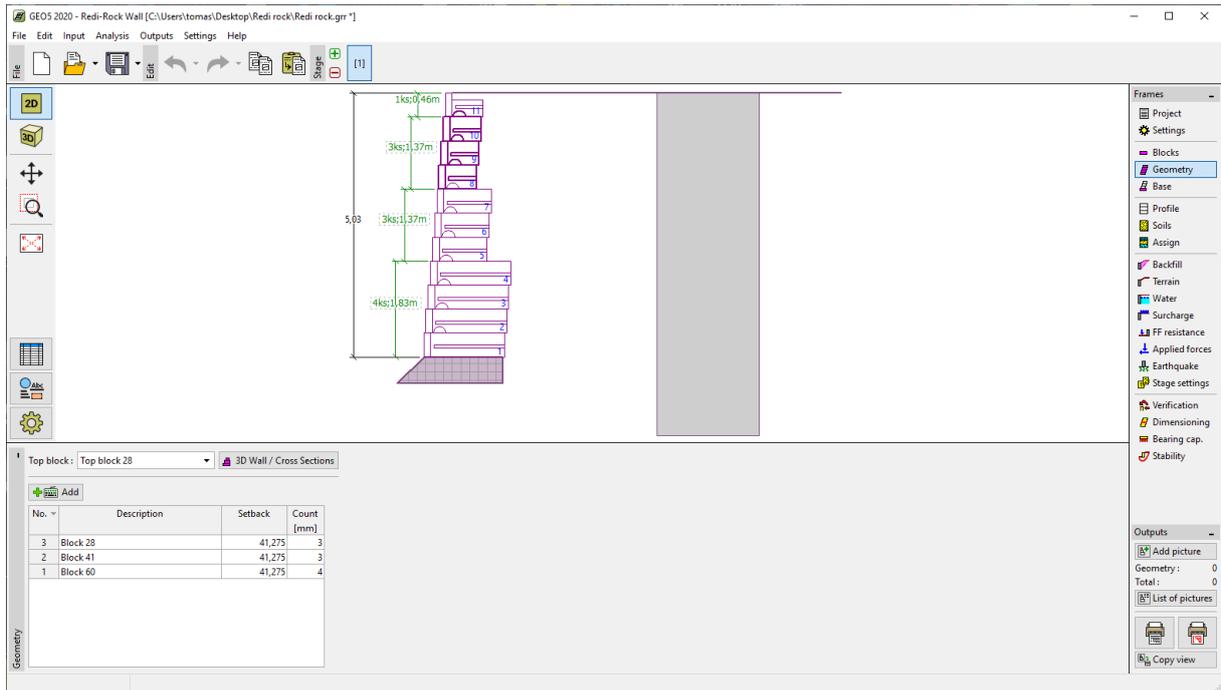
Vamos à janela “Secções Transversais” e adicionamos uma secção no ponto mais alto do muro.



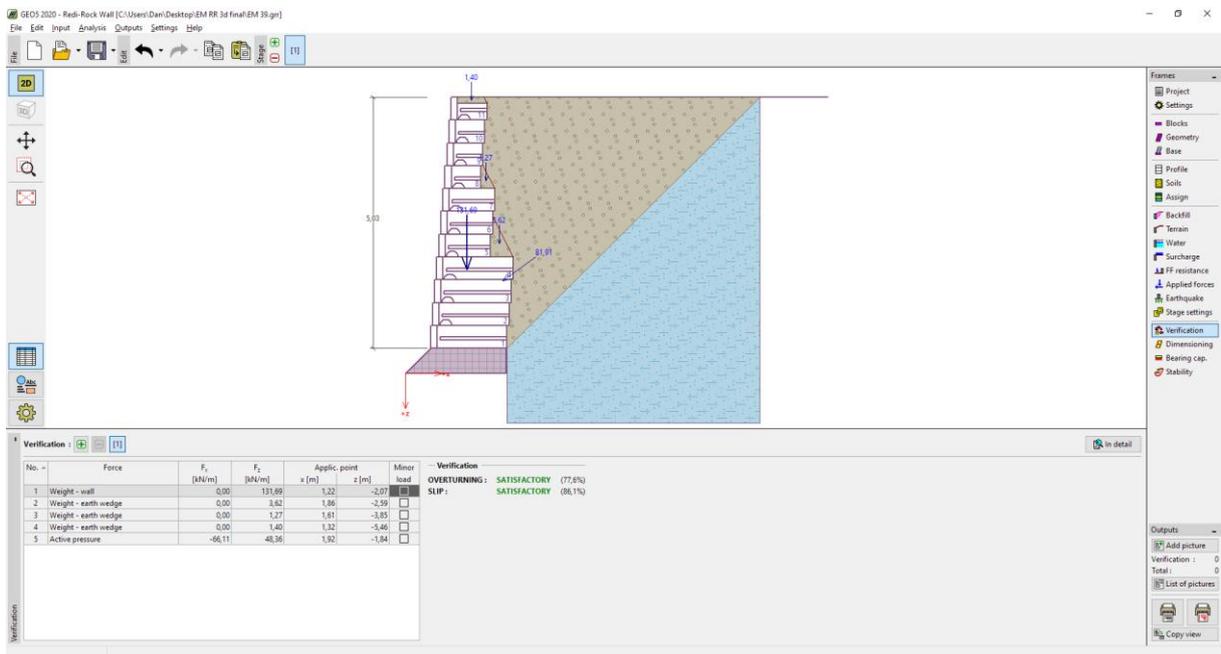
Ao clicar no botão “Analisar Secção Transversal” vamos alternar para o modo de cálculo.



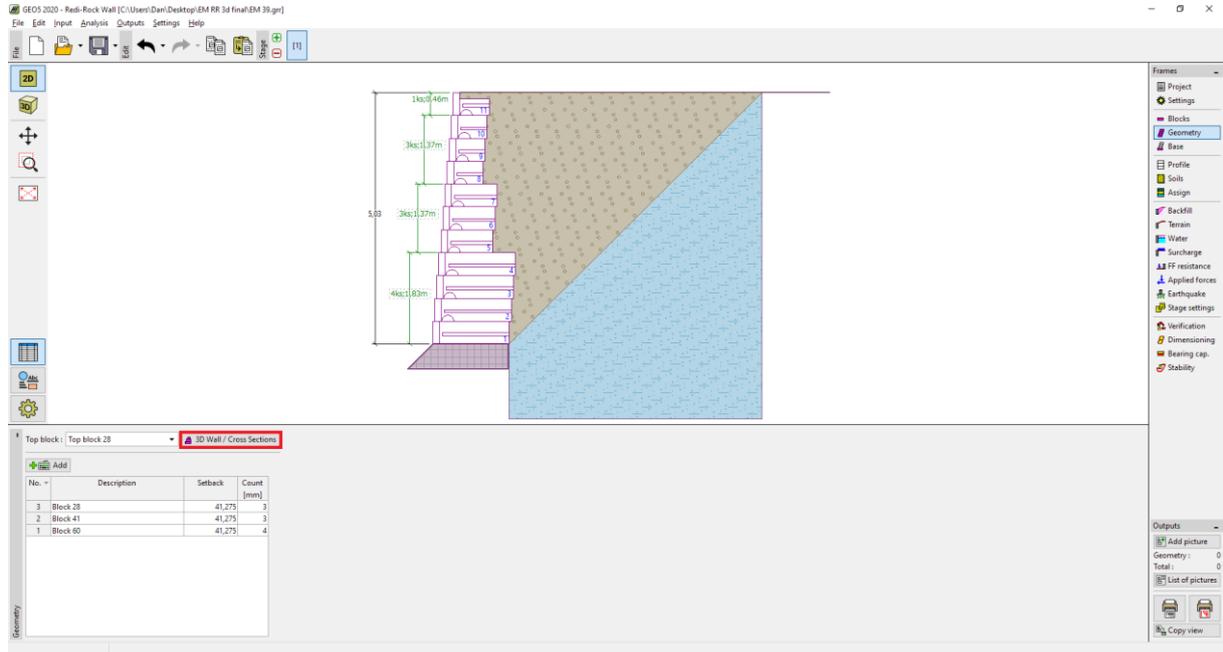
Aqui, adicionamos um solo e realizamos a análise padrão do muro dimensionado.



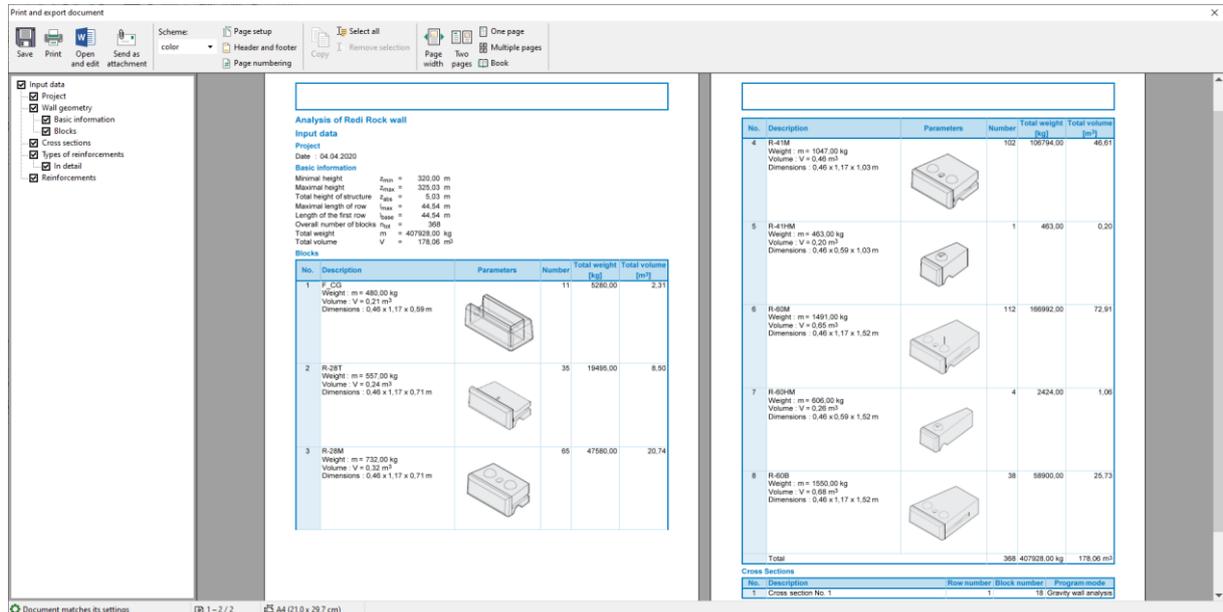
Caso o muro não esteja adequado ou não seja tenha conseguido um dimensionamento económico, podemos alterá-lo e encontrar um dimensionamento otimizado. Posto isto, vamos regressar ao modo 3D e realizar modificações, conforme necessário, para considerar as revisões.



Agora, vamos voltar ao modo de introdução do muro 3D. Podemos fazê-lo na janela “Geometria”, clicando no botão “Muro 3D/Secções Transversais” ou na janela “Configurações”.



Na documentação detalhada, temos a informação acerca do número total de blocos e do seu peso total.



Agora, vamos guardar o nosso dimensionamento como “Final Design Gravity Wall”. No entanto, dado que queremos comparar o preço do muro dimensionado com um muro reforçado. Também queremos guardar os dados como “MSE Wall” e converter o modelo para dimensionar um muro de solo reforçado.

Vamos regressar ao modo de construção 3D e alterar todos os blocos da seguinte forma:

R-60B > R-41PCB

R-60M > R-41PCM

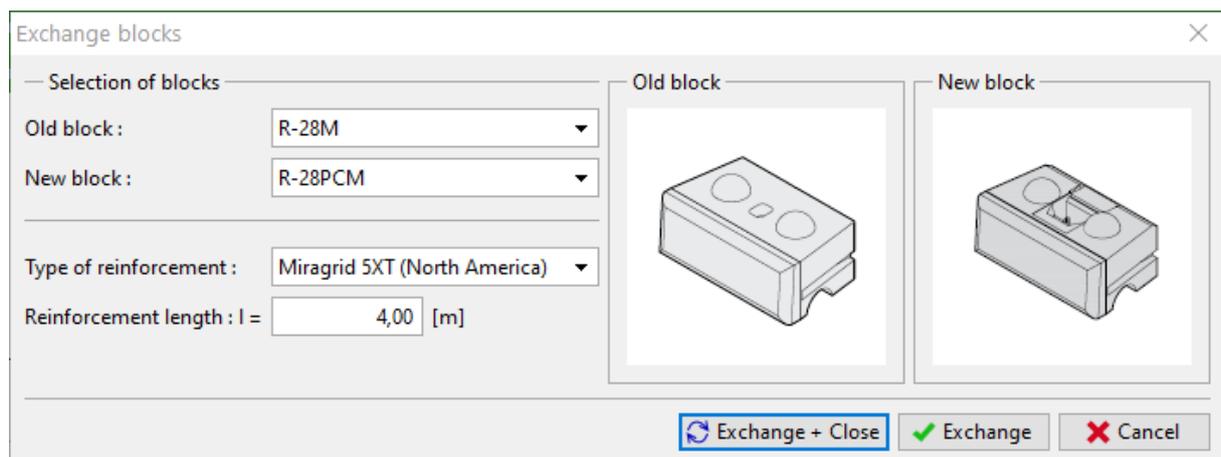
R-41M > R-41PCM

R-28M > R-28PCM

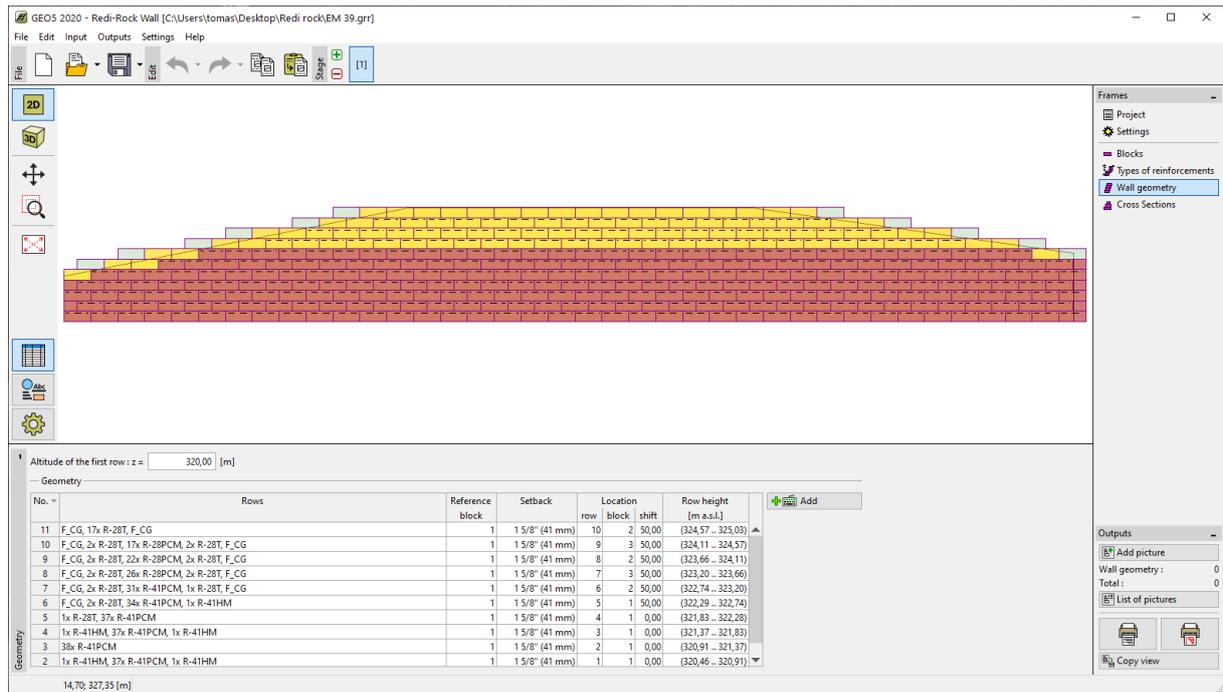
R-60HM > R-41HM

Insira o reforço Miragrid 10XT com um comprimento de 4 m para os blocos R-41PCM e Miragrid 5XT para blocos R-28PCM.

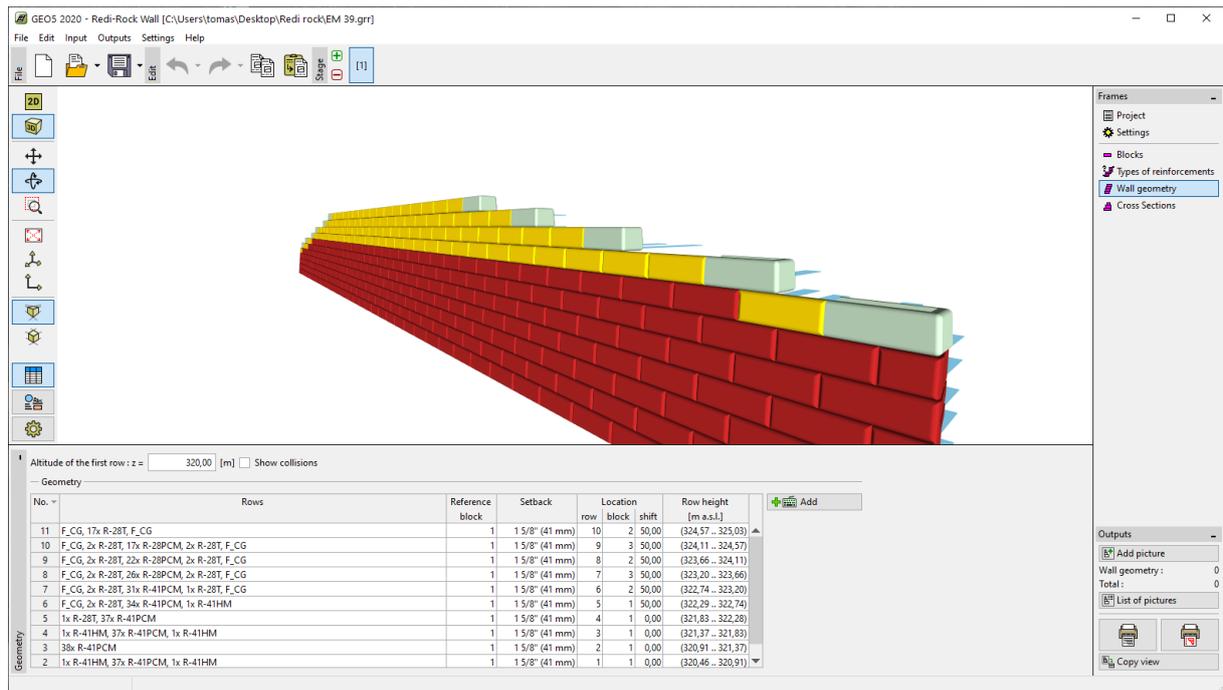
Esta caixa de diálogo pode ser utilizada para inserir o tipo de reforço pretendido e o seu comprimento.



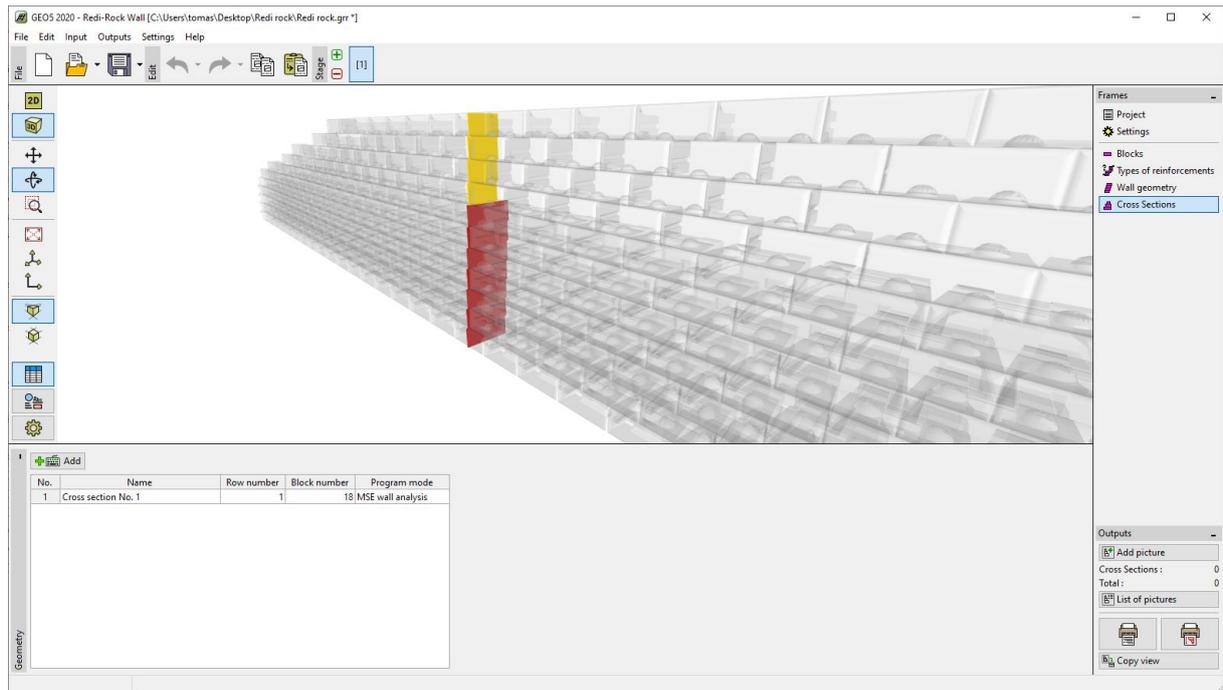
O reforço é exibido como uma linha na parte superior dos blocos.



Em qualquer situação, é sempre mais fácil a visualização no modo 3D.



Vamos passar às secções transversais e gerar uma secção para análise.



Caso o muro não esteja adequado, ou não seja o dimensionamento económico, podemos alterá-lo e otimizar o dimensionamento. Posto isto, vamos regressar ao modo 3D e realizar as modificações necessárias ao tamanho do bloco, resistência da geogrelha ou comprimento da geogrelha.

The screenshot shows the GEO5 software interface. The main window displays a 3D model of a retaining wall with a height of 5.03 m and a base width of 4.00 m. The wall is reinforced with horizontal layers of reinforcement. A table below the model shows the verification results:

No.	Force	F_1 [kN/m]	F_2 [kN/m]	Applic. point x [m]	z [m]	Minor load	Place of verification
1	Weight - reinforced soil	0,00	432,79	3,53	-2,92		Bottom of leveling pad
2	Active pressure	-96,31	35,05	5,30	-1,70		
3	Weight - wall	0,00	85,18	1,15	-2,77		

Verification results: **OVERTURNING: SATISFACTORY (16,4%)**, **SLIP: SATISFACTORY (73,6%)**.

Na documentação detalhada, está a informação do número total de blocos, o seu peso total e, ainda, informação acerca do comprimento total de todos os reforços utilizados no muro.

The screenshot shows the detailed output data for the retaining wall analysis. The main window displays the 'Analysis of Reti-Rock wall' results, including input data, block details, and reinforcement details.

Input data:

- Project: Reti-Rock Wall
- Date: 04/04/2020
- Basic information:
 - Minimal height: $H_{min} = 320,03$ m
 - Final height of structure: $H_{fin} = 320,03$ m
 - Minimal height of row: $H_{row} = 3,03$ m
 - Length of first row: $L_{row} = 44,54$ m
 - Overall number of blocks: $N_{bl} = 388$
 - Total weight: $m = 289023,00$ kg
 - Total volume: $V = 140,03$ m³

Blocks:

No.	Description	Parameters	Number	Total weight [kg]	Total volume [m ³]
1	R_205	Weight: $m = 480,00$ kg Volume: $V = 0,23$ m ³ Dimensions: $0,48 \times 1,17 \times 0,89$ m	11	5280,00	2,51
2	R_28F	Weight: $m = 187,00$ kg Volume: $V = 0,24$ m ³ Dimensions: $0,48 \times 1,17 \times 0,71$ m	35	6545,00	8,50
3	R_28PC8	Weight: $m = 888,00$ kg Volume: $V = 0,30$ m ³ Dimensions: $0,48 \times 1,17 \times 0,71$ m	65	44760,00	19,54
4	R_28F18	Weight: $m = 480,00$ kg Volume: $V = 0,23$ m ³ Dimensions: $0,48 \times 0,89 \times 1,03$ m	8	3840,00	1,00

Reinforcement details:

No.	Name	Type of reinforcement	Line type	Tensile strength
1	Miragrid 10K1	Miragrid 10K1	-----	138,64

Reinforcement parameters:

- Short-term char. strength: $T_{sk} = 138,64$ kN/m
- Creep red. factor: $RF_{cr} = 1,68$
- Durability red. factor: $RF_d = 1,15$
- Institution damage red. factor: $RF_{id} = 1,20$
- Long-term design strength: $R_{sk} = 63,66$ kN/m
- Coefficient of direct soil nailing reinforcement: $C_{sn} = 0,67$
- Coefficient of interaction of soil and geo-reinforcement: $C_{is} = 0,67$
- Soil correction factor: $c_s = 0,6$
- Long-term strength reduction factor: $CR_{sk} = 0,919$
- Analysis of long-term strength: $R_{sk} = 62,67$ kN/m

Reinforcement summary:

No.	Name	Line type	Length of reinforcement [m]
1	Miragrid 10K1	-----	2821,30

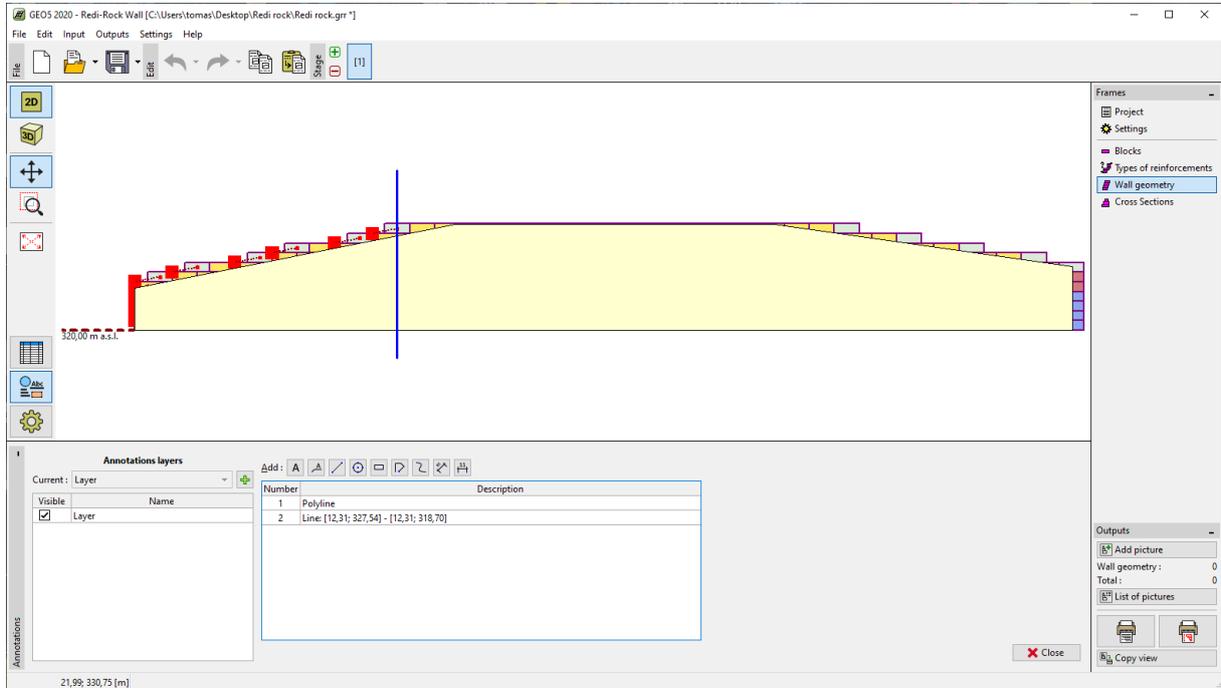
No final, podemos comparar custos de ambas as soluções e decidir qual a melhor.

Bónus

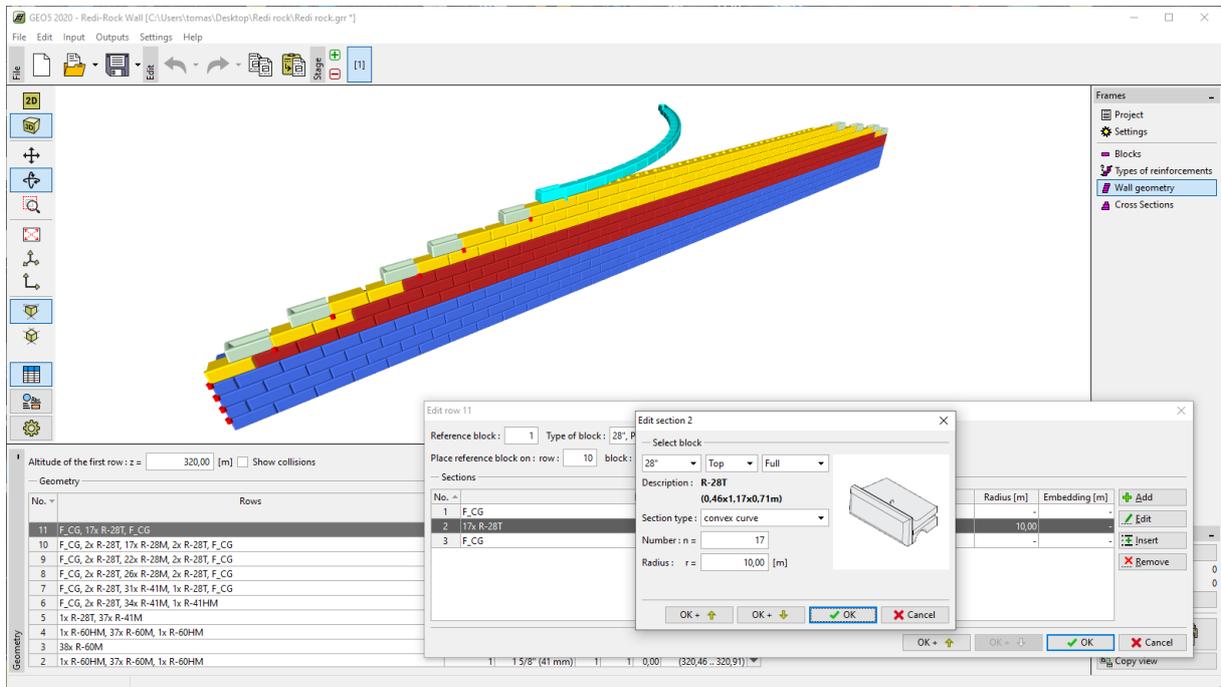
Ao modelar muros, a tarefa mais difícil é modelar curvaturas. Neste exemplo vamos alterar a geometria do muro de gravidade, onde o topo do muro é arqueado com um raio de 10 m.

Solução:

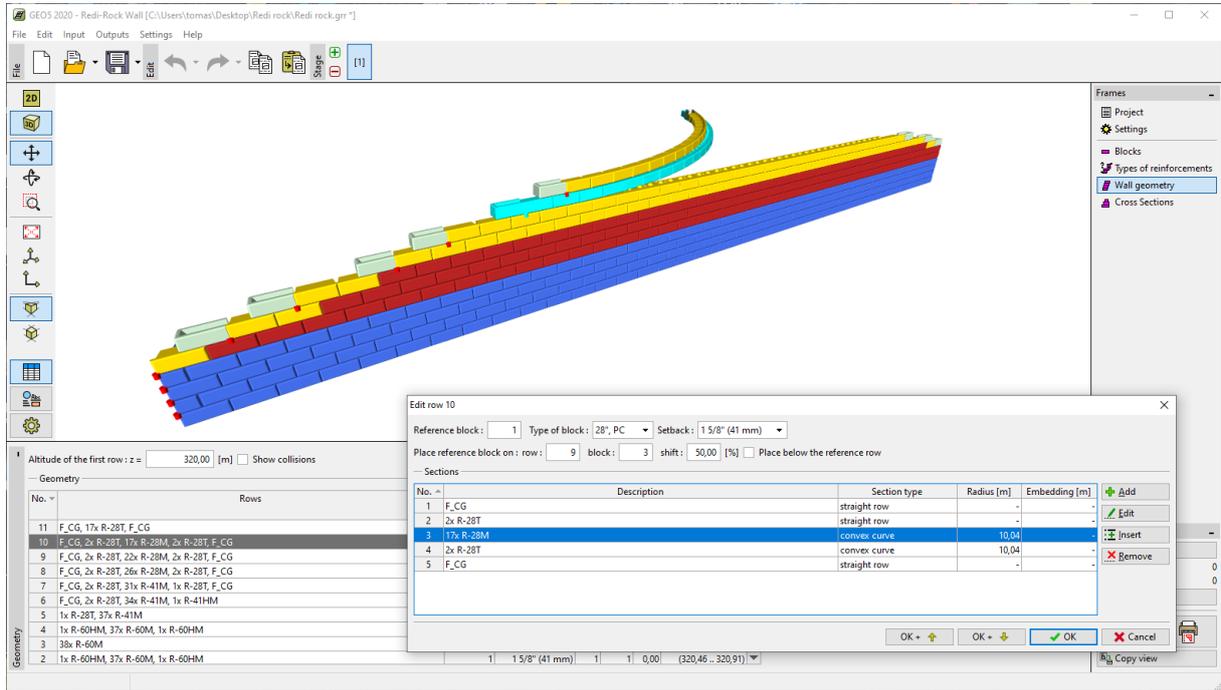
Vamos alternar para o modo “Anotações” e esboçar uma linha a representar o início da curvatura.



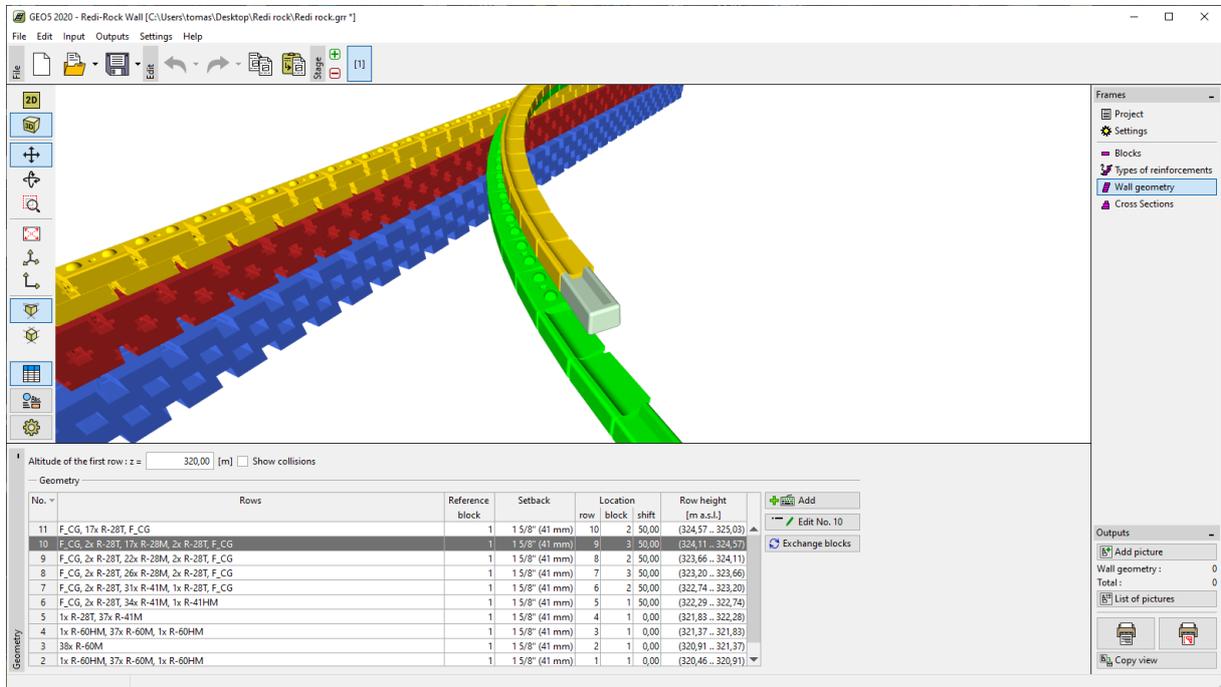
Vamos editar a parte superior do muro: vamos inserir um arco convexo com um raio de 10 m.



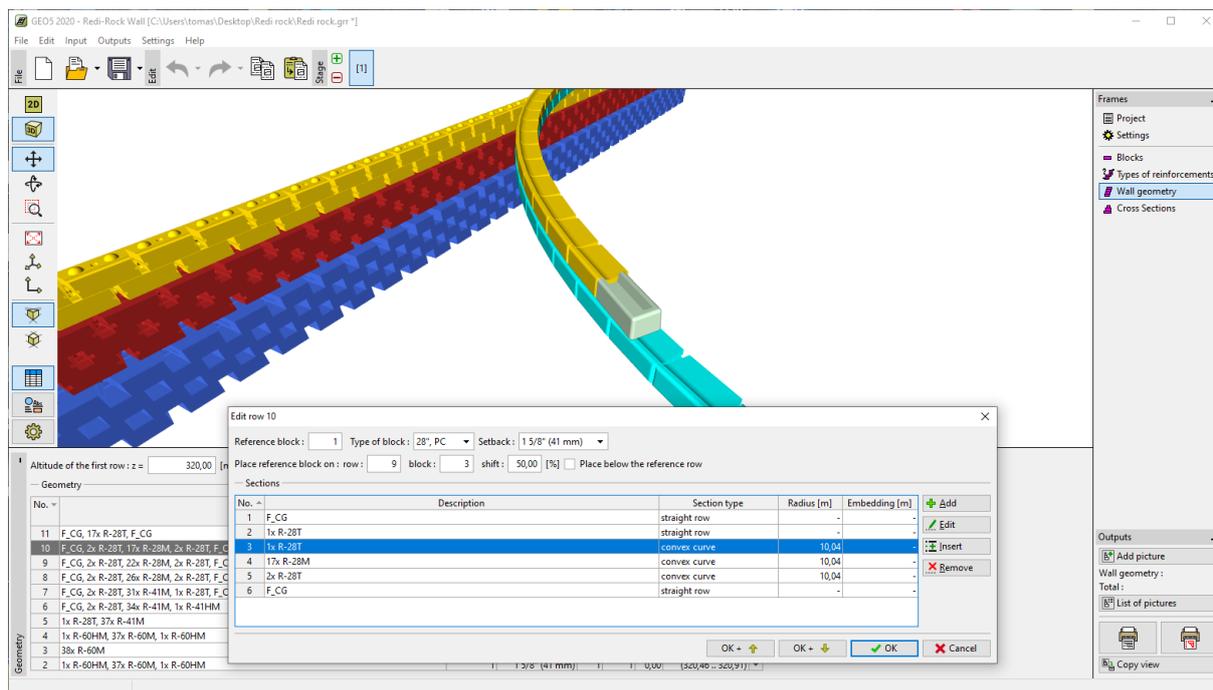
Vamos à segunda camada e introduzir um arco para os dezassete blocos R-28M e para os dois blocos R-28T. O raio do arco será 10.04 m, dado que o contraventamento do muro é 41 mm. O raio deve ser alterado neste valor, em cada camada, para considerar o batimento do muro.



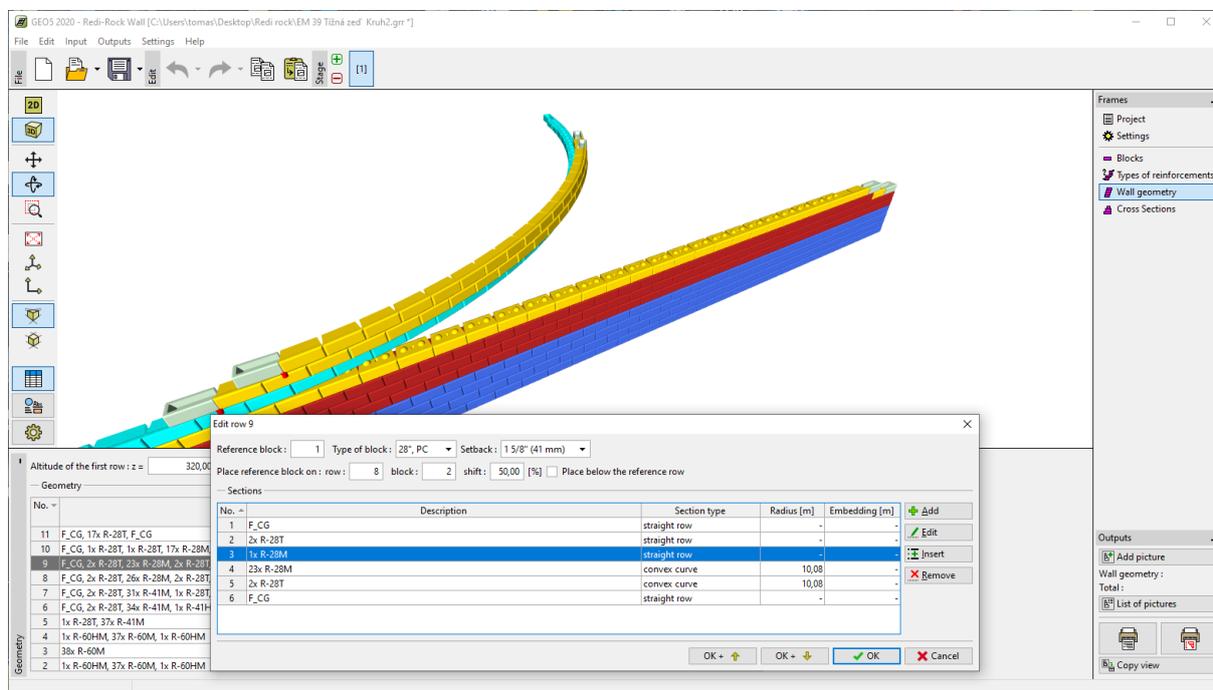
Vamos visualizar o resultado: podemos ver que o modelo não está correto. É necessário começar a curvatura um bloco antes.



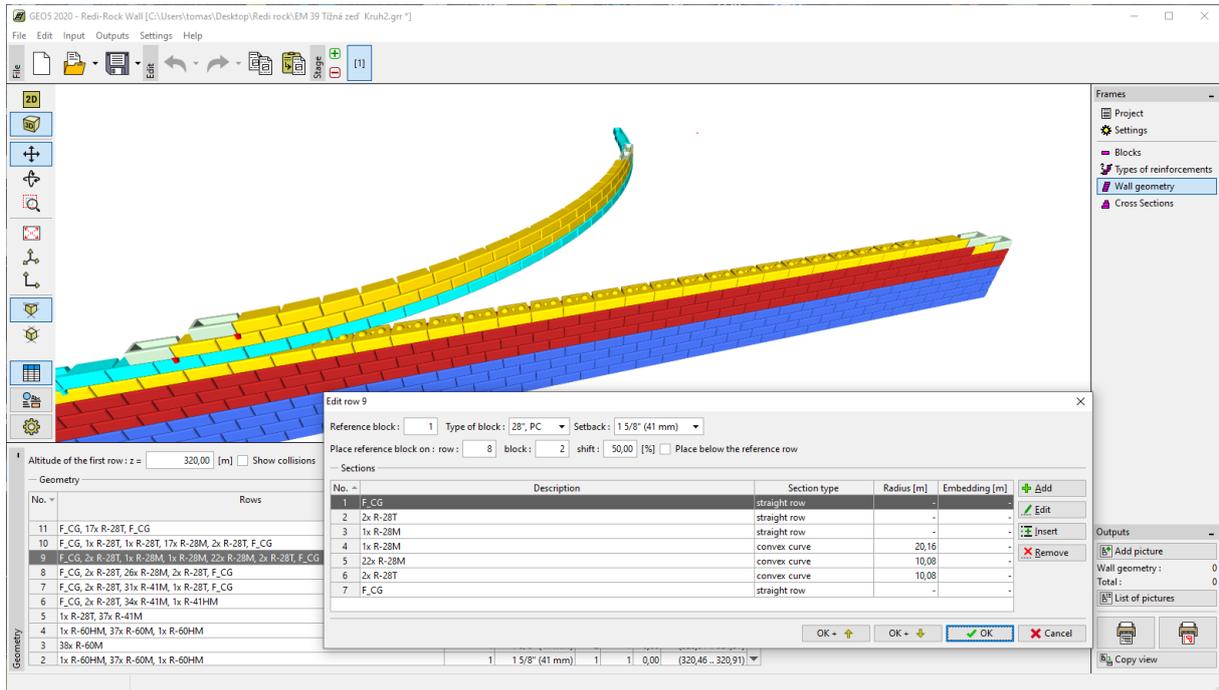
Vamos dividir os dois blocos R28-T em duas entradas e inserir o arco no Segundo bloco. Agora, a camada está correta.



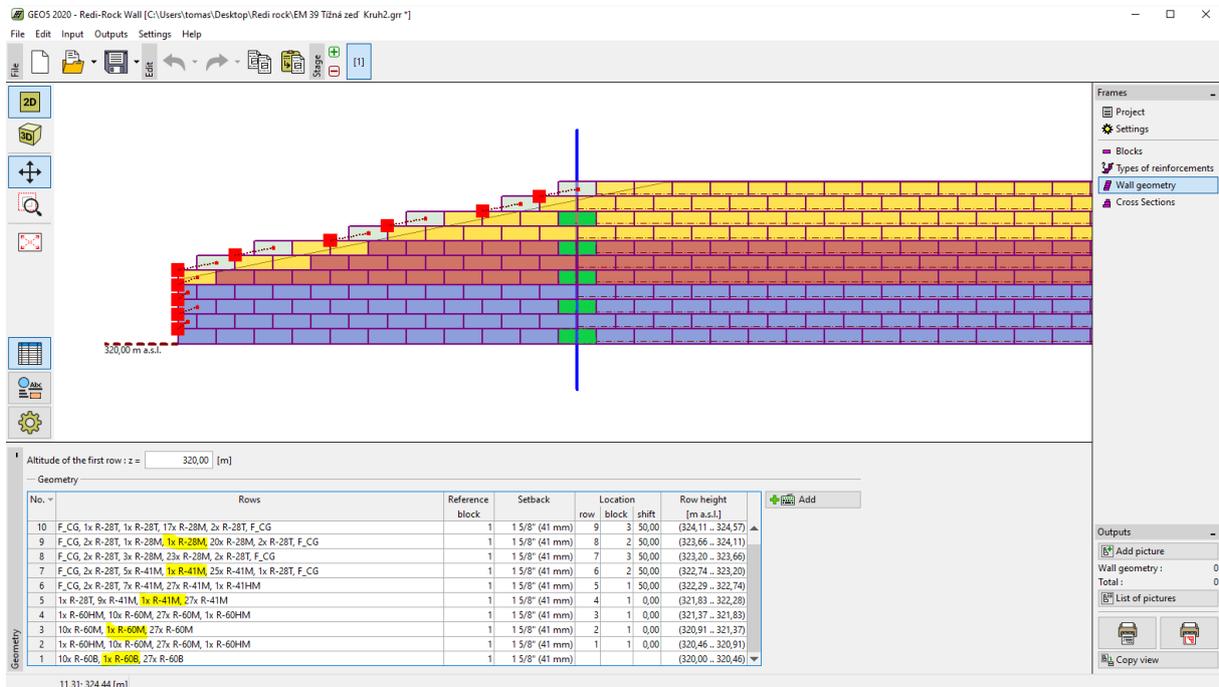
Na camada seguinte, um bloco R-28M é reto e os restantes 22 blocos fazem parte da curva. O raio do arco nesta camada é de 10.08 m. O resultado não está correto dado que a curva começa a meio do bloco.



Vamos realizar a correção necessária. O bloco que inicia a curva deve ter o dobro do raio do arco (20.16 m).



As restantes camadas serão modeladas da mesma forma. O raio r de cada camada seguinte deve ser aumentado pelo contraventamento (41 mm) a cada camada. Os blocos a verde devem ser introduzidos de forma separada, com um ardo de diâmetro $2 \cdot r$. Todos os outros blocos fora desta linha têm de ter o mesmo raio r .



A divisão final de blocos é a seguinte:

No.	Rows	Reference block	Setback	Location			Row height [m a.s.l.]
				row	block	shift	
10	F_CG, 1x R-28T, 1x R-28T, 17x R-28M, 2x R-28T, F_CG	1	1 5/8" (41 mm)	9	3	50,00	(324,11 .. 324,57)
9	F_CG, 2x R-28T, 1x R-28M, 1x R-28M, 20x R-28M, 2x R-28T, F_CG	1	1 5/8" (41 mm)	8	2	50,00	(323,66 .. 324,11)
8	F_CG, 2x R-28T, 3x R-28M, 23x R-28M, 2x R-28T, F_CG	1	1 5/8" (41 mm)	7	3	50,00	(323,20 .. 323,66)
7	F_CG, 2x R-28T, 5x R-41M, 1x R-41M, 25x R-41M, 1x R-28T, F_CG	1	1 5/8" (41 mm)	6	2	50,00	(322,74 .. 323,20)
6	F_CG, 2x R-28T, 7x R-41M, 27x R-41M, 1x R-41HM	1	1 5/8" (41 mm)	5	1	50,00	(322,29 .. 322,74)
5	1x R-28T, 9x R-41M, 1x R-41M, 27x R-41M	1	1 5/8" (41 mm)	4	1	0,00	(321,83 .. 322,28)
4	1x R-60HM, 10x R-60M, 27x R-60M, 1x R-60HM	1	1 5/8" (41 mm)	3	1	0,00	(321,37 .. 321,83)
3	10x R-60M, 1x R-60M, 27x R-60M	1	1 5/8" (41 mm)	2	1	0,00	(320,91 .. 321,37)
2	1x R-60HM, 10x R-60M, 27x R-60M, 1x R-60HM	1	1 5/8" (41 mm)	1	1	0,00	(320,46 .. 320,91)
1	10x R-60B, 1x R-60B, 27x R-60B	1	1 5/8" (41 mm)				(320,00 .. 320,46)

Os blocos curvos estão marcados na visualização 2D, através da linha central.

Altitude of the first row: z = 320,00 [m]

No.	Rows	Reference block	Setback	Location row	Location block	Location shift	Row height [m a.s.l.]
11	F_CG, 17x R-28T, F_CG	1	1 5/8" (41 mm)	10	2	50,00	(324,57 .. 325,03)
10	F_CG, 1x R-28T, 1x R-28T, 17x R-28M, 2x R-28T, F_CG	1	1 5/8" (41 mm)	9	3	50,00	(324,11 .. 324,57)
9	F_CG, 2x R-28T, 1x R-28M, 1x R-28M, 20x R-28M, 2x R-28T, F_CG	1	1 5/8" (41 mm)	8	2	50,00	(323,66 .. 324,11)
8	F_CG, 2x R-28T, 3x R-28M, 23x R-28M, 2x R-28T, F_CG	1	1 5/8" (41 mm)	7	3	50,00	(323,20 .. 323,66)
7	F_CG, 2x R-28T, 5x R-41M, 1x R-41M, 25x R-41M, 1x R-28T, F_CG	1	1 5/8" (41 mm)	6	2	50,00	(322,74 .. 323,20)
6	F_CG, 2x R-28T, 7x R-41M, 27x R-41M, 1x R-41HM	1	1 5/8" (41 mm)	5	1	50,00	(322,29 .. 322,74)
5	1x R-28T, 9x R-41M, 1x R-41M, 27x R-41M	1	1 5/8" (41 mm)	4	1	0,00	(321,83 .. 322,28)
4	1x R-60HM, 10x R-60M, 27x R-60M, 1x R-60HM	1	1 5/8" (41 mm)	3	1	0,00	(321,37 .. 321,83)
3	10x R-60M, 1x R-60M, 27x R-60M	1	1 5/8" (41 mm)	2	1	0,00	(320,91 .. 321,37)
2	1x R-60HM, 10x R-60M, 27x R-60M, 1x R-60HM	1	1 5/8" (41 mm)	1	1	0,00	(320,46 .. 320,91)

O resultado final é o seguinte modelo 3D do nosso muro:

