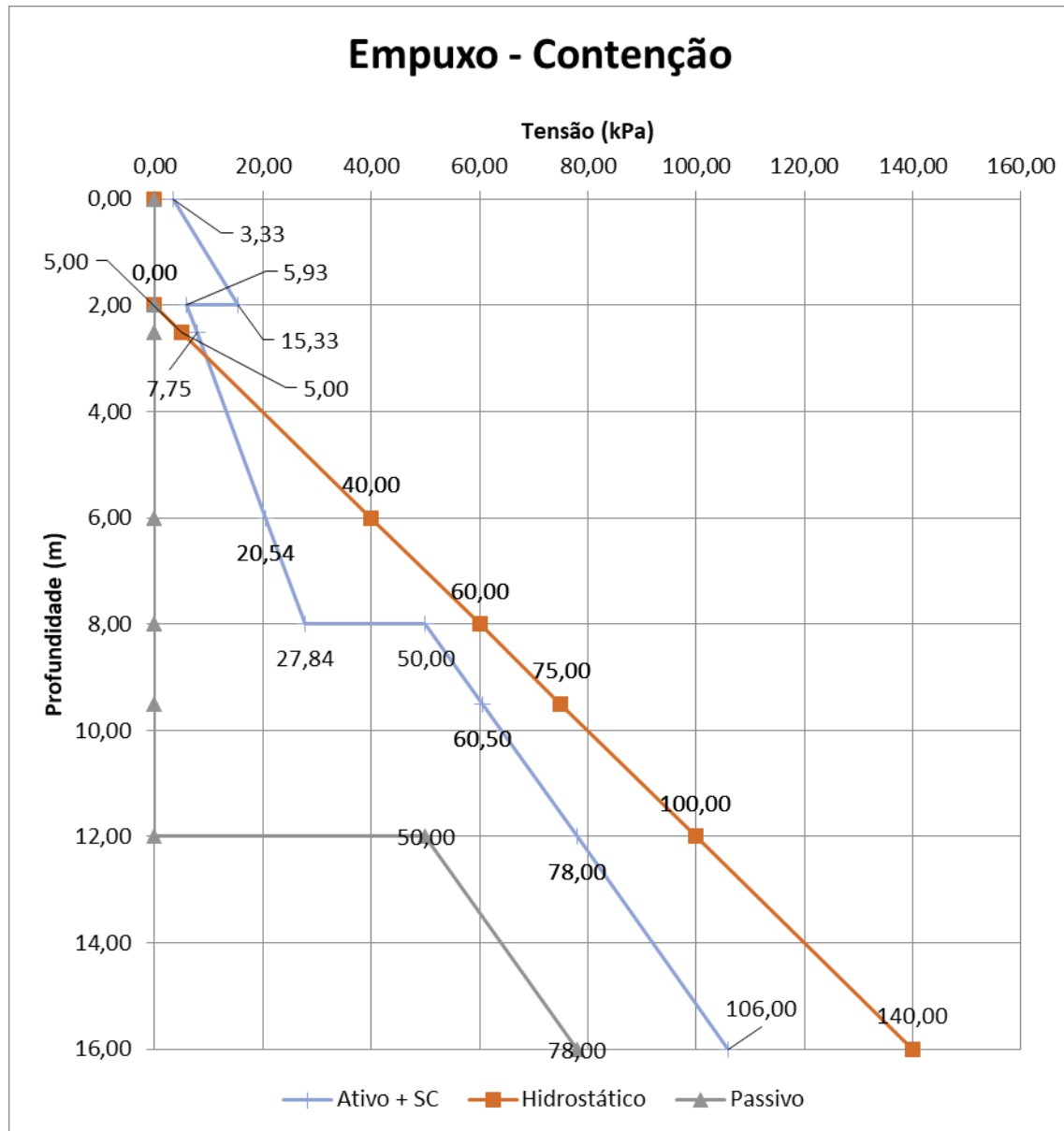


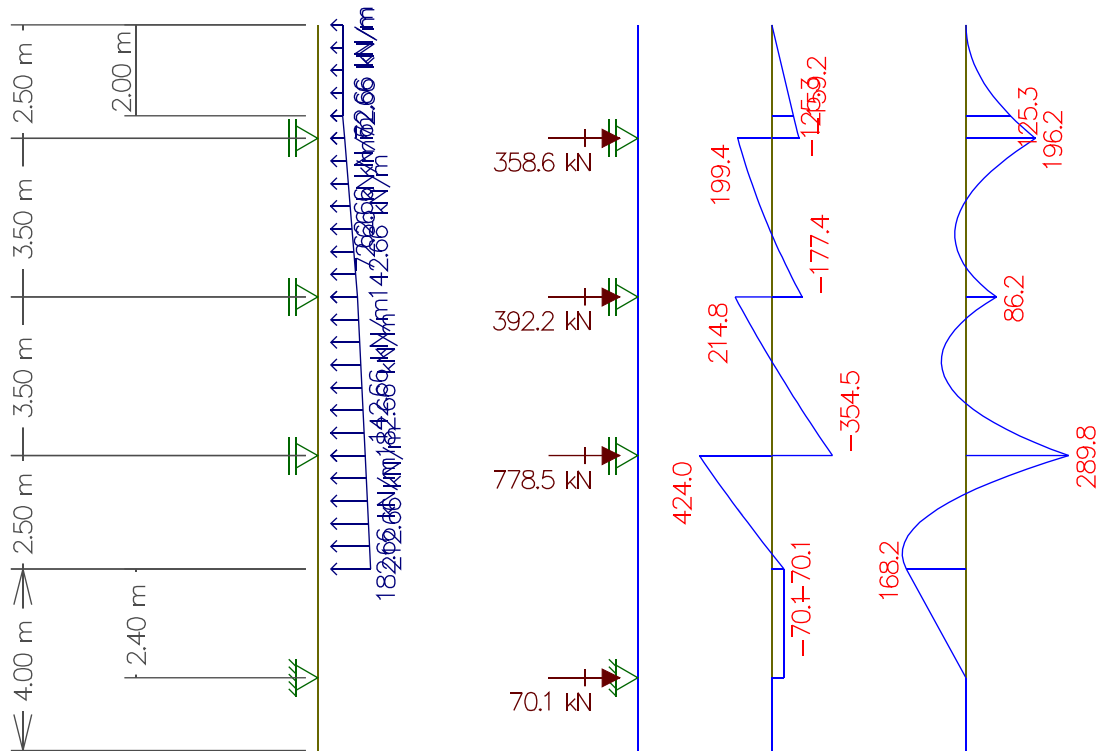
1) Perfil metálico + pranchão com múltiplas escoras

Primeiramente, deve-se calcular os diagramas de empuxos. Utilizando a teoria de Rankine, temos os seguintes diagramas de empuxo ativo (adicionando a sobrecarga constante de 10 kPa), do empuxo hidrostático e do empuxo passivo na ficha.



Para calcular os esforços nas linhas de estroncas, dimensionar estruturalmente o sistema de escoramento e verificar a segurança da ficha, vamos modelar o escoramento como uma viga contínua.

Retifica-se o diagrama de empuxos ativos e de sobrecarga na região acima da ficha (resultando em uma tensão constante de 31,33 kPa). Adicionando o empuxo hidrostático e multiplicando o empuxo total pelo espaçamento de escoras (2,0 m), temos o seguinte esquema estático apresentado a seguir, juntamente com os esforços nas estroncas. A ficha será modelada como um apoio fixo posicionado a 0,6 vezes a profundidade



Algumas verificações e considerações adicionais são necessárias:

1. Deve-se considerar o espaçamento entre as estroncas na linha de estroncas e o espaçamento dos perfis verticais. É possível modelar a longarina da linha de estroncas como uma viga contínua tendo as estroncas como apoios.
2. Deve-se verificar a estabilidade da ficha. A ficha é verificada comparando a reação da ficha com a componente horizontal do empuxo passivo (E_{ph}) e ativo (ΔE_{ah}) aplicado na ficha, pela equação:

$$C_0 = \frac{E_{ph}}{CS} - \Delta E_{ah}$$

C_0 é a reação no apoio fictício na ficha, CS é o coeficiente de segurança (1,5 para obras provisórias, 2,0 para obras permanentes). Para fichas descontínuas (como no caso de perfil pranchado) deve-se considerar somente no setor empurrado pelo perfil (isto é, a largura do perfil). Devido ao arqueamento do solo, pode-se considerar que a largura efetiva do perfil na ficha seja na ordem de 3 vezes. Caso o efeito dos empuxos seja menor do que a reação C_0 , será necessário aumentar o comprimento da ficha

3. O dimensionamento estrutural dos componentes da contenção (Perfil vertical, longarinas, estroncas, pranchões) devem seguir as normas vigentes específicas.

Além dessas verificações, é necessário verificar a estabilidade do fundo da escavação. Como a ficha é descontínua, esta não ajudará na segurança. Utilizando o ábaco de Skempton (Coleção 1) para obter o N_c (que, para a relação $D/B = 12/8 = 1,5$ na curva de sapata corrida, dá $N_c = 6,5$) temos:

$$FS = \frac{c' \times N_c}{\sum \gamma H + q} = 0,71$$

O que significa que ocorrerá a ruptura de fundo. Nesse caso, é recomendado outro tipo de solução com ficha contínua, como estaca-prancha metálica.

2) Situação com tirantes

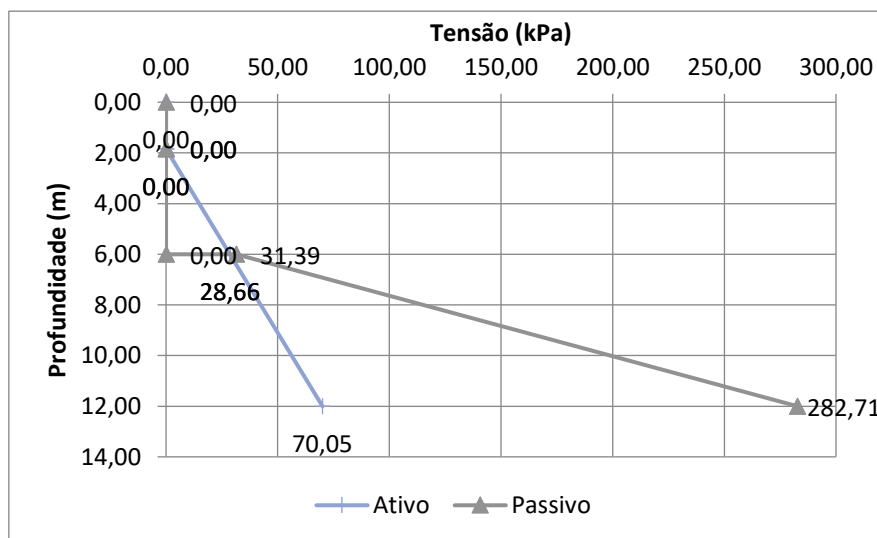
Deve-se pensar nos seguintes tópicos: investigações geotécnicas, projeto, execução e manutenção, sendo:

- Inicialmente, é importante destacar que as **investigações geotécnicas** deverão possibilitar avaliar as propriedades do solo na região de ancoragem dos tirantes;
- Devem ser feitas, em seguida, definições importantes para o **projeto**, envolvendo:
 - Na fase de concepção: definição do tipo de tirante (permanente ou provisórios; barra, cordoalha, fio); força total a aplicar; fatores de segurança, etc.
 - Na fase de detalhamento: análise dos efeitos da componente vertical da força de protensão dos tirantes, o que poderá aumentar a necessidade de ficha; capacidade resistente dos tirantes, que envolvem: transferência de carga para o solo (aderência entre o tirante e o bulbo; aderência entre o bulbo e o solo); transferência de carga para a estrutura; afastamento dos bulbos da face escavada para conferir estabilidade geral; definição do sistema de proteção contra corrosão;
- A **execução** deverá prever testes e instrumentação, além do controle adequado dos materiais e dos processos;
- Por fim, mas não menos importante, é necessário definir detalhes de **manutenção**, os quais irão variar em função dos tirantes serem provisórios ou permanentes.

3) Perfil metálico e pranchão com uma única linha de escora

Neste caso, vamos adotar que o perfil metálico seja um W310x52, com largura da mesa de 167 mm (16,7 cm).

Primeiramente, vamos calcular os empuxos (dados do solo: $\gamma=17$ kN/m; $c'=10$ kPa; $\phi'=25^\circ$; $K_a=0,405$; $z_0=1,85$ m; sem NA observado).



Empuxo na parte escavada:

$$E_a = \frac{(H - z_0)^2}{2} \times \gamma \times K_a = 59,5 \text{ kN/m}$$

Adotando o diagrama retificado, o braço de alavanca devido ao ativo na parte escavada em relação a linha de estronca (na profundidade $l_e = 2,0 \text{ m}$ é $l_a = (H/2) - l_e = 1,0 \text{ m}$

A ficha será determinada considerando o equilíbrio de momentos causado pelo empuxo na escavação e o empuxo aplicado na ficha.

Os diagramas de empuxos ativo e passivo (adotando $CS = 2$, para restringir mais as deformações) e os esforços correspondentes na ficha na região da ficha é:

$$\sigma'_{af} = (28,66 + f \times 17 \times 0,406)$$

$$E_{af} = \left(28,66f + \frac{f^2}{2} \times 17 \times 0,406 \right) \times \frac{0,167 \times 3}{2,5} = 5,74f + 0,6916f^2$$

$$\sigma'_{pf} = (31,39 + f \times 17 \times 2,464)$$

$$\frac{E_{pf}}{CS} = \frac{\left(31,39f + \frac{f^2}{2} \times 17 \times 2,464 \right)}{2} \times \frac{0,167 \times 3}{2,5} = 3,15f + 2,0986f^2$$

Adotou-se que os diagramas ativos diminuirão o efeito do passivo, por isso aplicou o efeito de arqueamento (multiplicar a largura do perfil por 3). Para manter o cálculo “por metro” de vala, dividiu-se pelo espaçamento dos perfis (de 2,5 m)

A parcela linear (função de f) terá o ponto de aplicação no centro da ficha, enquanto que a parcela quadrática (função de f^2) será aplicado a $2/3$ da ficha. O braço será $l_p = H - l_e + f/2$ para a parcela linear e $l_p = H - l_e + 2f/3$ para aperte quadrática

Assim, os momentos em relação ao 1º nível de estroncas devem ser relacionados assim:

$$\frac{\sum E_{pf} l_p}{CS} - \sum E_{af} l_p = E_a l_a$$

$$3,15f \left(4 + \frac{f}{2} \right) + 2,0986f^2 \left(4 + \frac{2f}{3} \right) - \left[5,74f \left(4 + \frac{f}{2} \right) + 0,6916f^2 \left(4 + \frac{2f}{3} \right) \right] = 59,5 \times 1,0$$

A equação obtida será uma equação do 3º grau. Por método iterativo, chegaremos a uma ficha de 3,54 m. Adota-se uma ficha de 4,0 m

Uma opção é considerar a relação fixa da posição do empuxo de 0,6 da profundidade da ficha (valor que fica entre o 1/2 para diagramas retangulares e o 2/3 para diagramas triangulares). Assim, o braço dos esforços na ficha seria avaliado por $l_p = H - l_e + 0,6f$.

Assim:

$$[(3,15f + 2,0986f^2) - (5,74f + 0,6916f^2)] \times (4 + 0,6f) = 59,5 \times 1,0$$

Obtendo assim uma ficha de 3,68 m, adotando 4,0 m.

Adotando um modelo biapoiado, e considerando o empuxo aplicado na ficha como a reação do apoio fictício da ficha, a forças nos apoios seriam (adotando a ficha teórica de 3,54 m obtido no primeiro cálculo):

$$\text{Ficha} \rightarrow R_f = \frac{\sum E_{pf}}{CS} - \sum E_{af} = 8,49 \text{ kN/m}$$

$$\text{Linha de estronca} \rightarrow R = E_a - R_f = 51,01 \text{ kN/m}$$

4) Contenção em balanço

Neste caso, como não há a restrição da linha da estronca, não é necessário retificar o empuxo. Será utilizado o método de Blum para estimar o valor da ficha mínima. O método considera o equilíbrio de momentos em relação ao ponto R, conforme apresentado na figura:

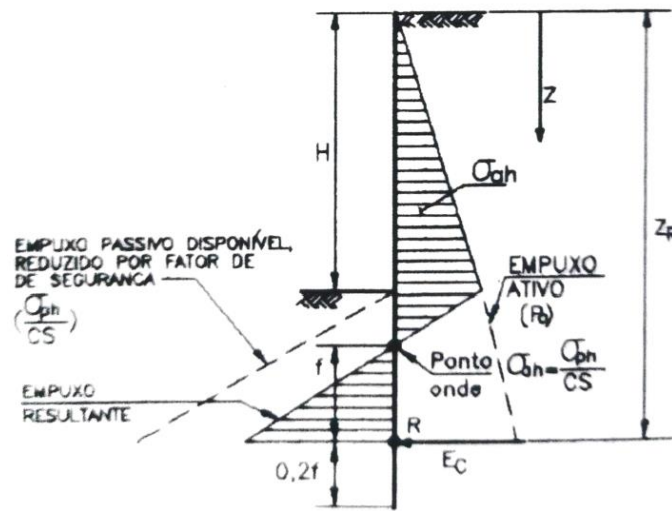
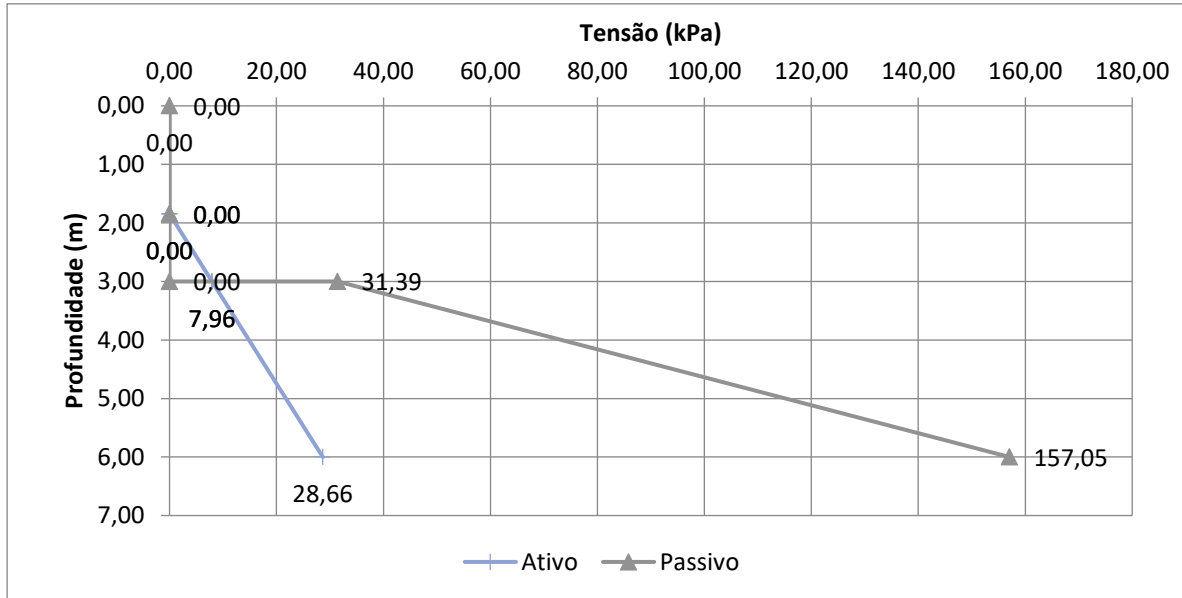


Fig. 15.15 - Método de Blum para paredes em balanço com ficha mínima

Considera-se que a ficha tenha um acréscimo de comprimento abaixo do ponto R para poder mobilizar o contra-empuxo, melhorando a performance do balanço.

Como a ficha é descontínua, também é preciso ponderar os empuxos aplicados na ficha. Os diagramas de empuxos estão apresentados a seguir:



Na ficha, os diagramas de empuxo passivo (reduzido pelo coeficiente CS) e ativo se igualam a uma profundidade u (adotando solo homogêneo):

$$u = \frac{(\gamma h + q)K_a - 2c' \left(\frac{\sqrt{K_p}}{CS} + \sqrt{K_a} \right)}{\gamma \left(\frac{K_p}{CS} + K_a \right)}$$

Como a tensão passiva no topo é muito maior do que o ativo (isto é; $31,39/2 > 7,96$), o valor de u adotado será zero.

O esforço ativo no trecho escavado (acima da ficha) e o braço de alavanca em relação ao ponto R é:

$$E_a = \frac{(H - z_0)^2}{2} \times \gamma \times K_a = 4,59 \text{ kN/m}$$

$$l_a = \frac{H - z_0}{3} + 0,8f = 0,384 + 0,8f$$

O diagrama de empuxo passivo é semelhante ao calculado no item anterior as considerações das posições do ponto de aplicação do empuxo também. O diagrama de empuxo ativo e o empuxo ativo na ficha será:

$$\sigma'_{af} = (7,96 + f \times 17 \times 0,406)$$

$$E_{af} = \left(7,96f + \frac{f^2}{2} \times 17 \times 0,406 \right) \times \frac{0,167 \times 3}{2,5} = 1,60f + 0,6916f^2$$

O equilíbrio de momentos será calculado pela equação:

$$3,15f \left(\frac{0,8f}{2} \right) + 2,0986f^2 \left(\frac{0,8f}{3} \right) - \left[5,74f \left(\frac{0,8f}{2} \right) + 0,6916f^2 \left(\frac{0,8f}{3} \right) \right] = 4,59 \times 1,0$$

O que dará uma equação do 3º grau. Por iteração, obteve-se a ficha de 2,54 m. Entretanto, é comum adotar pelo menos a ficha igual à altura escavada (neste caso, 3,0 m).