

em que  $E_d$  e  $C_d$  se designam respetivamente o valor de cálculo do efeito das ações e o valor limite de cálculo do critério relevante de aptidão para a utilização. A avaliação dos deslocamentos verticais e horizontais para uma estrutura de contenção é realizada considerando a combinação.

## 6 METODOLOGIA DE CÁLCULO

A análise efetuada visou a realização de um estudo específico visando a análise de tensões e deformações experimentadas pelo maciço ao longo das várias fases de execução da obra e as situações mais condicionantes para o dimensionamento estrutural.

### 6.1 Modelos numéricos

Para o desenvolvimento dos modelos numéricos, utilizou-se o programa de cálculo automático Plaxis, o qual permite a produção automatizada de um malha de elementos finitos, triangulares de quinze nós, tendo esta sido refinada a zona próxima da escavação. A modelação numérica foi efectuada considerando um estado plano de deformação, com um campo gravítico de tensões. O comportamento mecânico do terreno foi simulado por uma lei de comportamento elástico linear perfeitamente plástico, sendo a rotura controlada pelo critério de Mohr-Coulomb, admitindo todos os materiais como isotrópicos.

As fronteiras foram definidas de modo a abranger a quase totalidade da zona onde se faz sentir a alteração do estado de tensão e deformação causada pela abertura das escavações. Em cada fase de escavação foram retirados os elementos correspondentes e, subsequentemente instaladas as medidas de suporte primário preconizadas, de modo a reproduzir um faseamento construtivo previsto em fase de construção.

A sequência de construção foi simulada mediante a remoção, introdução de elementos e a alteração das suas propriedades. O efeito tridimensional associado ao avanço da frente de escavação, foi modelado através da descompressão dos elementos localizados na secção do túnel a escavar em cada fase.

A determinação do fator de descompressão que simula o avanço da frente de escavação, depende de numerosos fatores (modelos constitutivos dos materiais, estado de tensão inicial, rigidez do suporte, pré-suporte da frente, etc.) que apenas podem ser equacionados com precisão recorrendo a modelos tridimensionais, apenas desenvolvidos em fases avançadas de projeto, devido ao tempo necessário para os desenvolver e calibrar.

Não obstante, através de retroanálises realizadas em projetos de escavações em método mineiro, considerou-se que o fator de descompressão varia entre 40% a 80%, pelo que as análises realizadas em modelos numéricos bidimensionais contemplam 40%, 60% e 80% de descompressão.

### 6.2 Secções de cálculo

Nas análises tensão-deformação realizadas, consideraram-se secções de cálculo ao longo do eixo do projeto. As secções selecionadas são representativas das principais condicionantes identificadas nesta fase de estudo.

O Quadro 3 apresenta o ponto quilométrico de cada secção de cálculo desenvolvida e o tipo de suporte considerado em cada secção.

Quadro 3 – Secções de cálculo selecionadas

Localização	Secção tipo
PK 0+250	B2
PK 0+500	B1
PK 1+250	C1
PK 1+800	D
PK 2+350	B1
PK 2+950	B2
PK 3+110	D
PK 3+720	D

Na Figura 1 a Figura 4 apresentam-se as características do suporte primário de cada secção tipo.

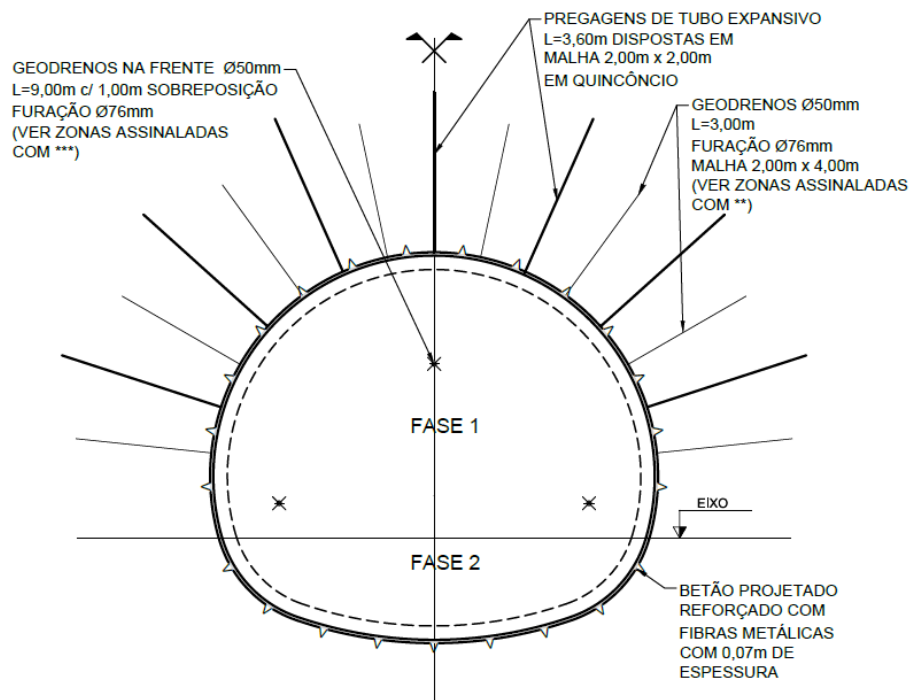


Figura 1 – Suporte Tipo B1

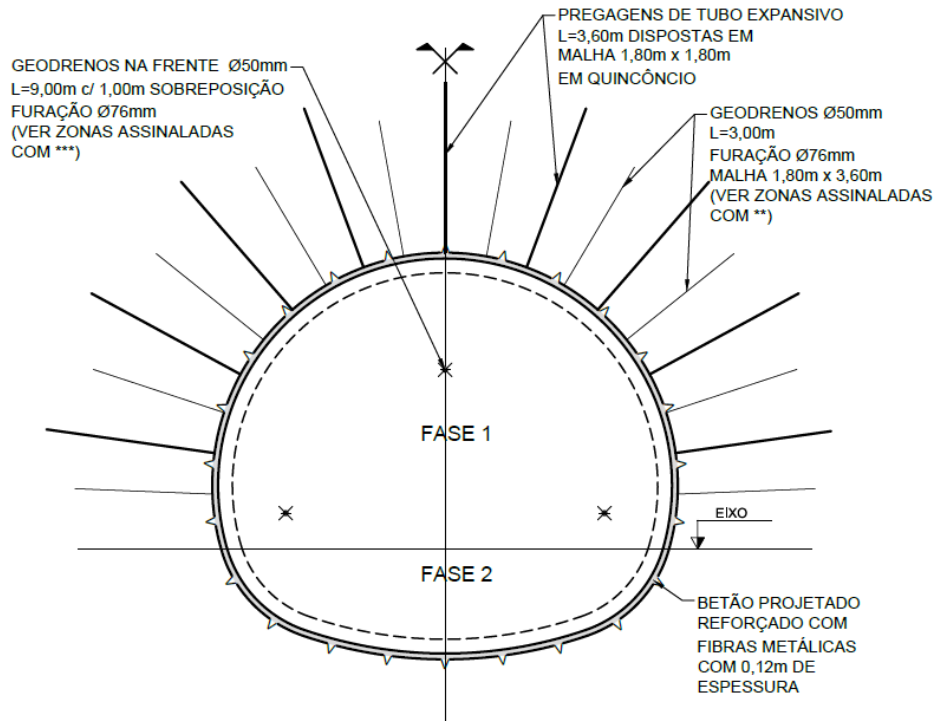


Figura 2 - Suporte Tipo B2

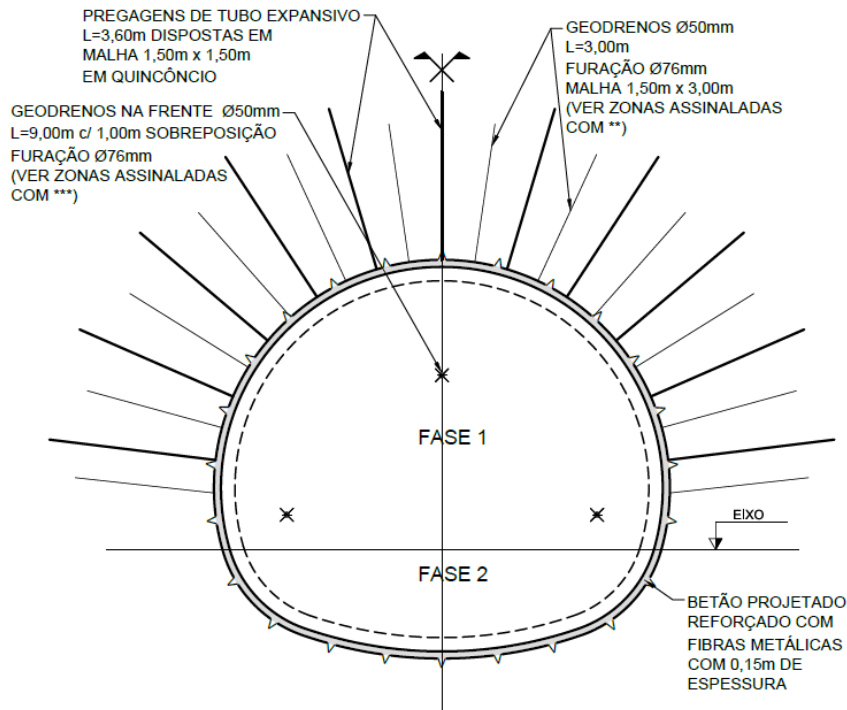


Figura 3 - Suporte Tipo C1

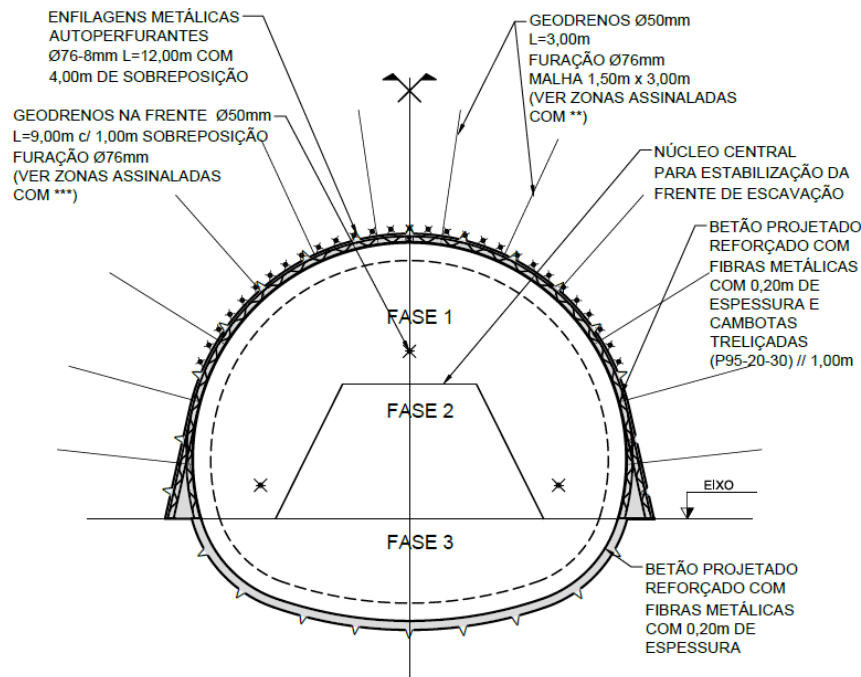


Figura 4 – Suporte Tipo D

### 6.3 Modelos de interação solo–estrutura

Na modelação do suporte primário foram utilizados elementos estruturais com as propriedades de resistência, inércia e deformabilidade, representativas dos diversos elementos de suporte. Estes elementos encontram-se dispostos no contorno da escavação, e a sua simulação permite a avaliação dos esforços actuantes ao longo dos mesmos.

O betão projetado e as cambotas treliçadas a aplicar no contorno da escavação, foram modelados através de elementos *plate* com comportamento elástico-plástico perfeito, com as propriedades mecânicas representativas da sua resistência e deformabilidade com uma idade  $\leq 1, 7$  e 28 dias, consoante o avanço das fases de escavação

As pregagens previstas no contorno da escavação foram modeladas através de elementos plásticos. A área de influência das pregagens adoptadas nas análises numéricas, reflecte a densidade da malha de pregagens a aplicar nas diferentes zonas da escavação.

Os modelos de cálculo bidimensionais adotados para cada secção de suporte primário encontram-se ilustrados na Figura 5 a Figura 8.

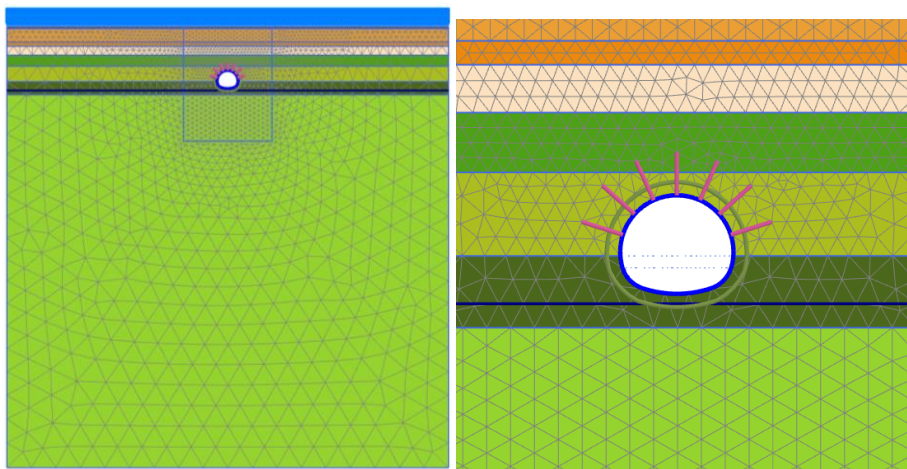


Figura 5 - Suporte Tipo B1

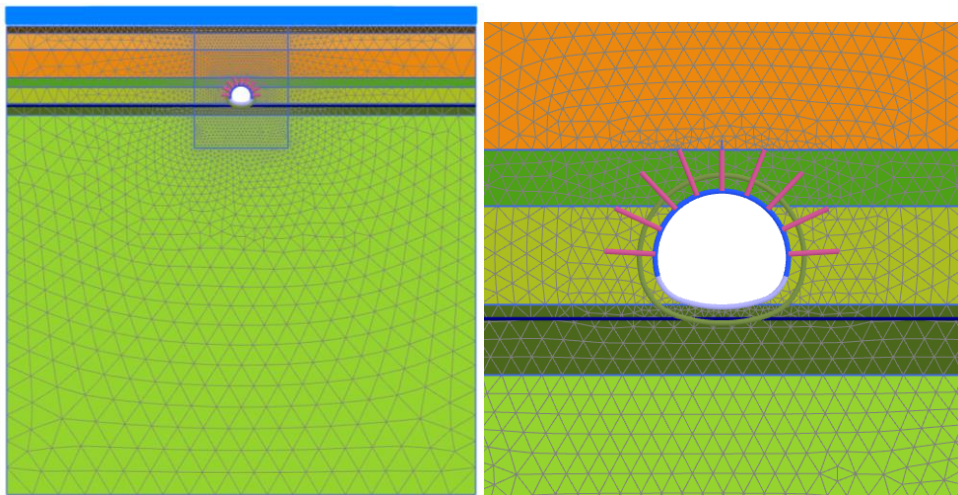


Figura 6 - Suporte Tipo B2

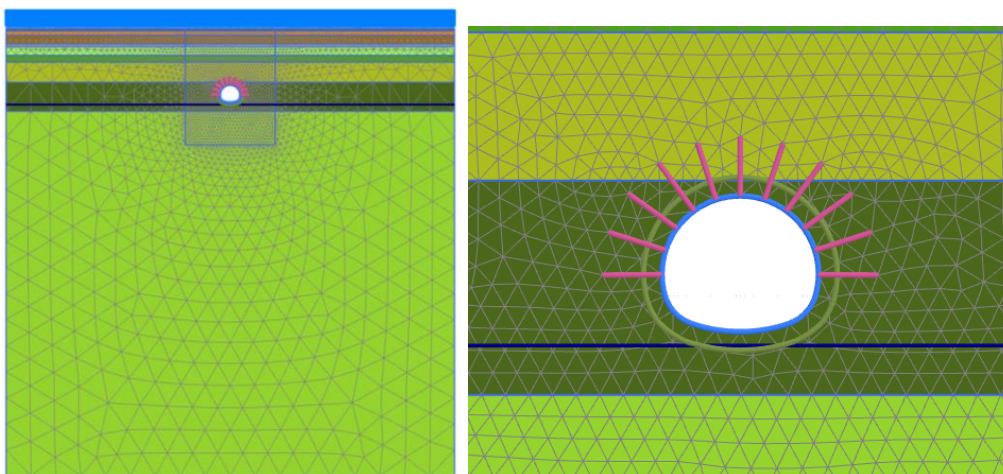


Figura 7 - Suporte Tipo C1

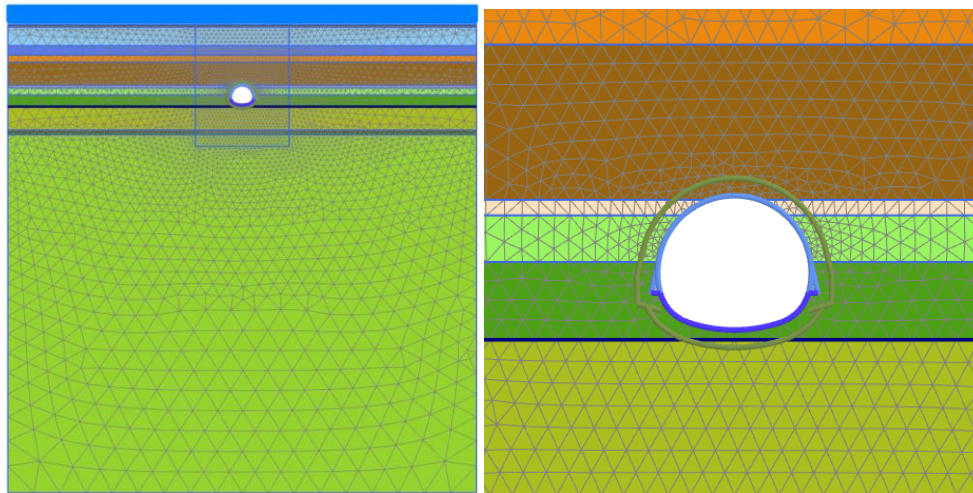


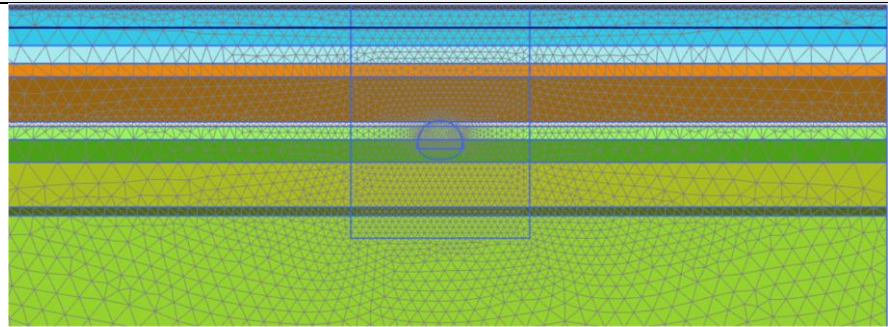
Figura 8 – Suporte Tipo D

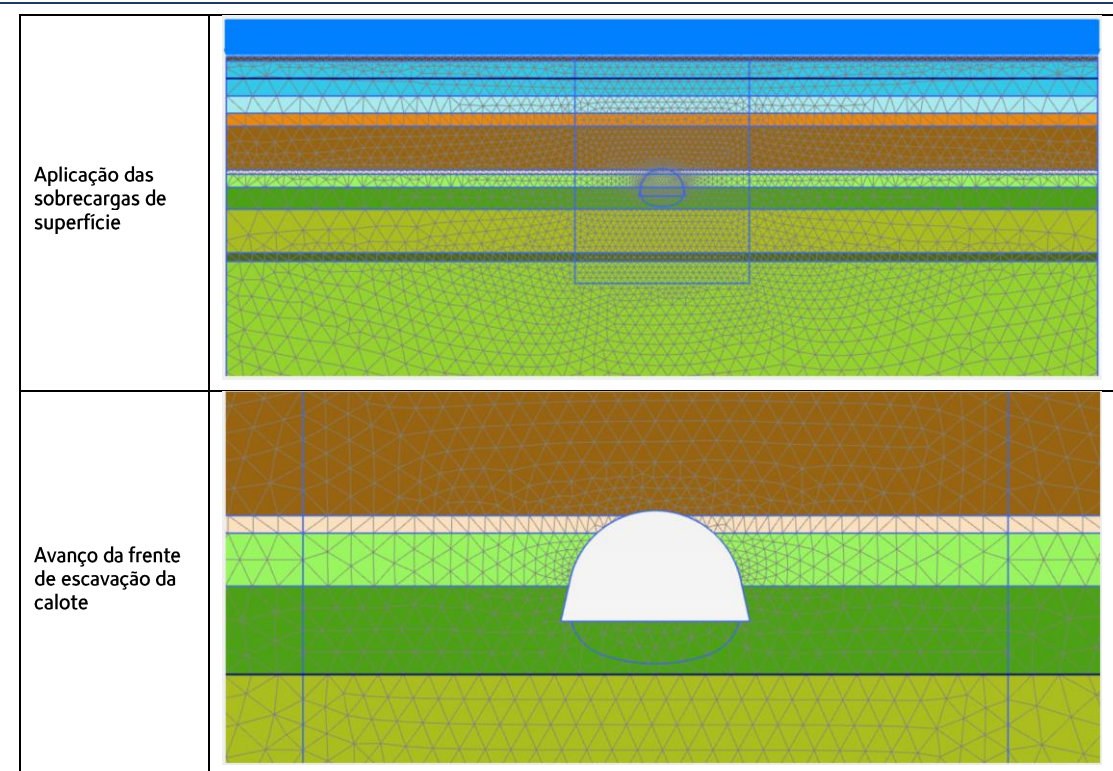
## 6.4 Faseamento construtivo adotado nos modelos numéricos

A definição de etapas de cálculo para a modelação do faseamento construtivo, permite simular a variação de tensões a que o maciço se encontra sujeito durante o processo, permitindo extrair dos modelos as grandezas relevantes para o dimensionamento nos elementos estruturais que compõem o suporte primário. Foi realizada uma zeragem dos deslocamentos após a aplicação das sobrecargas, de modo a que os deslocamentos decorrentes da sua aplicação não fossem somados aos deslocamentos resultantes da escavação.

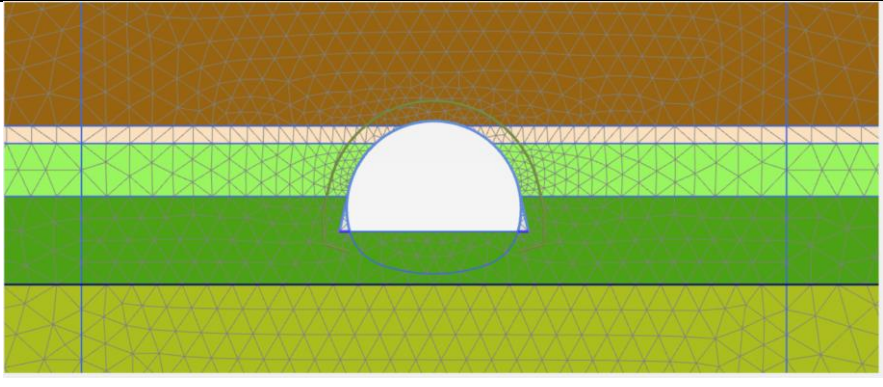
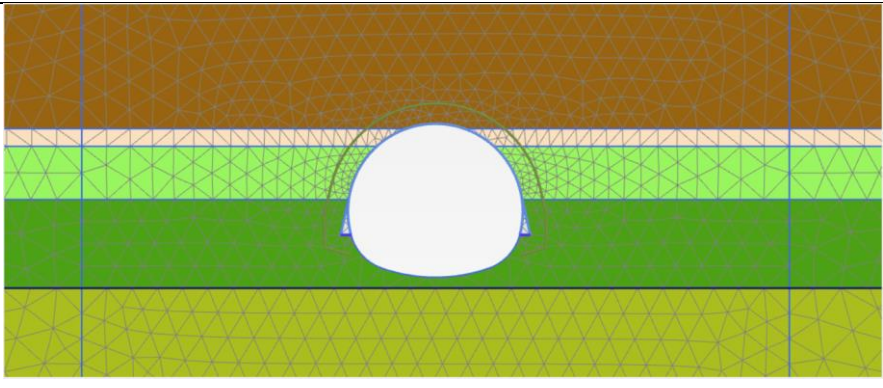
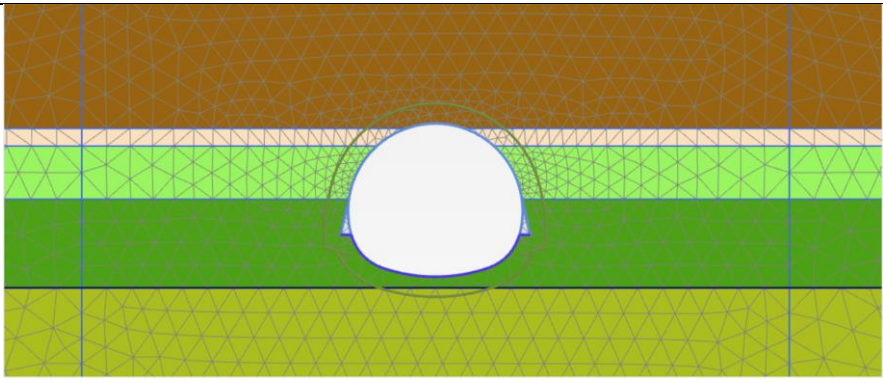
No Quadro 4 e Quadro 5 apresenta-se o faseamento construtivo adotado para o modelo bidimensional ao Pk 1+800 para a secção tipo D, tendo o faseamento adotado para as restantes secções sido semelhante.

Quadro 4 – Faseamento construtivo modelado (1/2)

Faseamento construtivo adotado nos modelos 2D	
Estado de tensão inicial	



Quadro 5 – Faseamento construtivo modelado (2/2)

Faseamento construtivo adotado nos modelos 2D	
<p>Instalação do suporte primário na calote e escavação total da calote</p>	
<p>Avanço da frente de escavação do rebaixo</p>	
<p>Instalação do suporte primário no rebaixo e escavação total do rebaixo</p>	



## 7 VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA

### 7.1 Descrição geral

A verificação da segurança dos diversos elementos estruturais que constituem as soluções propostas foi efetuada de acordo com as disposições regulamentares, nacionais e internacionais, em vigor.

As referidas disposições regulamentares traduzem-se na aferição das dimensões médias dos elementos estruturais para um conjunto de situações de projeto a que corresponde uma expectável probabilidade de ocorrência dos estados limite.

Neste contexto, estes estados constituem limites para além dos quais a estrutura deixa de satisfazer os requisitos fundamentais de projeto, nomeadamente estados limites últimos e estados limites de utilização.

Com vista à verificação de segurança dos diversos elementos, as ações foram agrupadas nas seguintes combinações de ações:

Tabela 5 – Combinações de ações consideradas nas verificações de segurança

Verificações de segurança	Combinação
Estados Limites Últimos (ELU)	Combinações fundamentais de ações
Estado Limite de Utilização (ELS)	Combinação característica de ações

Para a verificação da segurança aos estados limites referidos foram considerados valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes.

Nesta fase de estudo consideraram-se relevantes as verificações da segurança aos estados limites dos elementos estruturais indicados na Tabela 6, sendo as mesmas efetuadas de acordo com as disposições das normas NP EN 1992-1, NP EN 1993-1 e NP EN 1997-1.

Tabela 6 – Verificações de segurança associadas ao suporte primário

Tipo de verificação	
Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)	Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
	Estado limite último de resistência ao esforço transverso/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
	Estado limite último de resistência em flexão composta das cambotas
	Estado limite último de resistência ao esforço transverso/corte das cambotas
	Estado limite último de resistência à tracção da armadura das pregagens
Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização (ELS)	Deslocamentos e convergências da secção do túnel
	Assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação

## 7.2 Estado Limite Último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas

Como referido no ponto 6, foram produzidos modelos bidimensionais e tridimensionais com o objetivo de aferir os esforços aos quais os diversos elementos que constituem o suporte primário estarão sujeitos durante a várias etapas de construção.

Neste contexto, a análise dos esforços relativos às etapas de escavação em que o betão se encontra com idade jovem foi realizada com base nos esforços extraídos dos modelos tridimensionais. Nestes modelos, foi realizada a modelação do avanço de escavação em articulação com o ganho de resistência do betão aplicado nas fases de escavação anteriores.

A curva de ganho de resistência do betão projetado adotada para o incremento dos parâmetros de rigidez dos modelos de cálculo e para a realização das respetivas verificações de segurança foi a curva extraída do fib Model Code 2010 (Figura 9).

A adoção desta curva permite estimar a evolução dos parâmetros do betão projetado desde as idades jovens (1 hora) até aos 28 dias (672 horas). Relativamente à evolução dos parâmetros nas primeiras 24 horas, referidos na norma relativa à especificação de betão projetado (NP EN 14487-1), a curva adotada permite obter parâmetros de acordo com o ganho de resistência espectável para uma classificação J2.

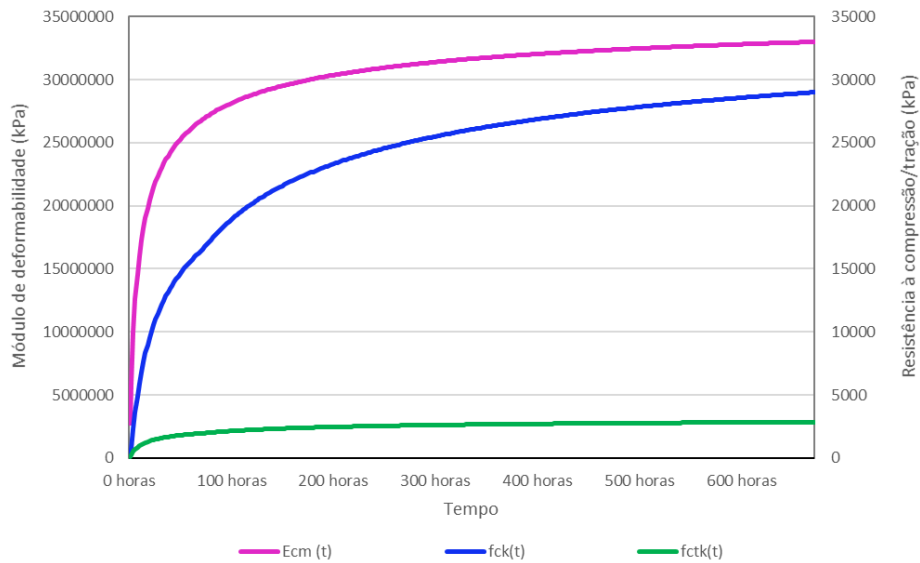


Figura 9 – Evolução do ganho de resistência e de rigidez do betão projetado considerada (fib Model Code 2010)

No dimensionamento estrutural do suporte primário também foi considerada a contribuição resultante da inclusão de fibras metálicas no betão projetado. Genericamente, as fibras metálicas conferem ao betão projetado uma ductilidade e uma homogeneidade de comportamento (resultado da distribuição homogénea das fibras), que melhora a sua performance e sua produtividade em obra, quando comparado com as soluções sem recurso a reforço ou com recurso a malha electrossoldada tradicional.

Para a verificação dos ELU para uma aplicação em suporte primário, as fibras contribuem para um incremento de capacidade resistente a baixo esforço axial. A formulação para a determinação da capacidade resistente com a inclusão de fibras é dada pela seguinte formulação (segundo Bekeart):

$$\begin{aligned} \sigma_{1d} &= 1.0 \cdot f_{ctm} \cdot \max \{1.6m - d; 1.0\} \cdot \gamma_{ct}^f \quad (f_{ctm} \text{ used}) \\ &= 0.5 \cdot \sigma_{2d} \quad (f_{ctm} \text{ not used}) \\ \sigma_{2d} &= \alpha_{sys} \cdot \alpha_{char} \cdot \kappa_h \cdot \alpha_{R1} \cdot f_{R1,m} / \gamma_{ct}^f \\ \sigma_{3d} &= \alpha_{sys} \cdot \alpha_{char} \cdot \kappa_h \cdot \alpha_{R3} \cdot f_{R3,m} / \gamma_{ct}^f \end{aligned}$$

$\sigma_{2d}$	is the design value of the steel fiber reinforced concrete in tension, based on $f_{R1,m}$
$\sigma_{3d}$	is the design value of the steel fiber reinforced concrete in tension, based on $f_{R4,m}$
$\alpha_{sys}$	is the coefficient taking account of effects due to fibre orientation, size and load redistribution for the selected application (if applicable)
$f_{R1,m}$	is the mean residual flexural strength of steel fiber concrete according to EN 14651, at a crack mouth opening displacement of 0.5 mm
$f_{R3/4,m}$	is the mean residual flexural strength of steel fiber concrete according to EN 14651, at a crack mouth opening displacement of 2.5 / 3.5 mm
$d$	is the effective depth of a cross-section,
$\kappa_h$	is a coefficient to compensate for scaling effects
$\alpha_{char}$	is the coefficient taking account of the variation of the material properties for the selected application
$\gamma_{ct}^f$	is the partial factor for steel fiber concrete in tension

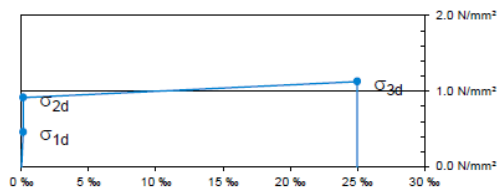
Na Figura 10 apresenta-se a aplicação da formulação acima referida na lei constitutiva que relaciona a evolução da tensão no betão reforçado com fibras com a deformação.

**Steel Fibre Concrete**

effective depth d	200	[mm]	
concrete class	C30/37		
characteristic strength $f_{ck}$	30	[N/mm <sup>2</sup> ]	
partial factor $\gamma_c$	1.50	[-]	
factor $\alpha_{cc}$	0.85	[-]	
$\alpha_{R1} \cdot f_{R1m} \rightarrow \sigma_2$	0.40	[-]	(conversion factor flexion $\rightarrow$ tension)
$\alpha_{R3} \cdot f_{R3m} \rightarrow \sigma_3$	0.39	[-]	(conversion factor flexion $\rightarrow$ tension)
$f_{R1,m}$	3.82	[N/mm <sup>2</sup> ]	(according to EN 14651)
$f_{R3,m}$	4.76	[N/mm <sup>2</sup> ]	(according to EN 14651)
$\kappa_h$	1.00	[-]	
partial factor $\gamma_{ct}^f$	1.50	[-]	

Dramix® fiber type	Dramix 4D 65/60BG	(EN 14889-1: System '1' - Structural Use)
recommended dosage	30 kg/m <sup>3</sup>	(recommended dosage for testing according to EN 14651)

**Constitutive Law for Steel Fibre Concrete:  $\sigma - \varepsilon$**



**$\sigma - w / \sigma - \varepsilon$**

$w_u$	2.5	[mm]
$l_{cs}$	100	[mm]
$\varepsilon_u$	25.0	[%]

**Reinforcement**

	Fibers Only	
yield strength $f_{yk}$	-	[N/mm <sup>2</sup> ]
partial factor $\gamma_s$	-	[-]

Figura 10 – Parâmetros de modelação da contribuição das fibras metálicas (segundo Bekeart Moment Capacity)

Na Figura 11 apresentam-se os parâmetros de entrada para a determinação dos diagramas de capacidade resistente para a flexão composta, considerando a inclusão das fibras metálicas. Nos diagramas de interação para a verificação do ELU de flexão composta do betão projetado, serão apresentados os limites de resistência com e sem a contribuição das fibras metálicas.

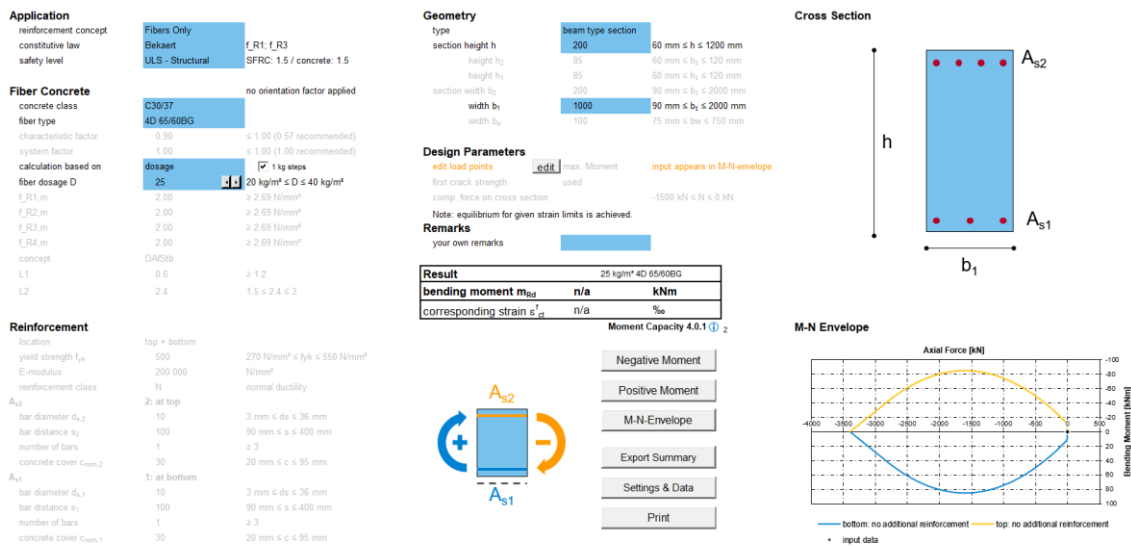


Figura 11 - Capacidade resistente com a inclusão de fibras metálicas (segundo Bekaert)

A verificação do ELU de resistência em flexão composta para o betão projetado terá assim de verificar as seguintes condições:

Em compressão:

$$N_{Ed} \leq N_{max} = A \times f_{cd}$$

Em tração:

$$N_{Ed} \leq N_{min} = A \times f_{ctd}$$

Em flexão composta:

$$M_{Ed} \leq M_{max} = \pm (f_{cd} - f_{ctm}) \times \frac{I}{t}$$

$$N_{Ed} \leq N (M_{max}) = A \times (f_{cd} + f_{ctd})$$

Em que:

$N_{max}$  – Esforço axial máximo de compressão do betão

$N_{min}$  – Esforço axial máximo de tração do betão

$A$  – Área da secção transversal

$I$  – Momento de inércia da secção

$f_{cd}$  – Resistência à compressão uniaxial do betão de projeto

$f_{ctd}$  – Resistência à tração do betão de projeto

Para confirmar que os esforços obtidos verificam o conjunto de condições referidas anteriormente, os esforços serão apresentados em diagramas de capacidade resistente (M, N).

### 7.3 Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado

A verificação do ELU de resistência ao esforço transversal/corte para o betão projetado terá assim de verificar as seguintes condições:

Em compressão:

$$N_{Ed} \leq (f_{cd} \times A) - \left( \frac{9 \times V_{Ed}^2}{4 \times f_{cd} \times A} \right)$$

Em tracção:

$$N_{Ed} \leq (f_{ctm} \times A) - \left( \frac{9 \times V_{Ed}^2}{4 \times f_{ctd} \times A} \right)$$

Para o esforço transversal/corte combinado com esforço axial:

$$V_{Ed} \leq \pm A \times \sqrt{-\frac{4 \times f_{cd} \times f_{ctd}}{9}}$$

Em que:

$A$  – Área da secção transversal de betão projetado

$I$  – Momento de inércia da secção

$f_{cd}$  – Resistência à compressão uniaxial do betão de projeto

$f_{ctd}$  – Resistência à tração do betão de projeto

Para a verificação da segurança para o revestimento de betão projetado para idade jovem, à semelhança do indicado no ponto 7.2, os esforços serão extraídos do modelo tridimensional a meio da secção de betão projetado do avanço anterior, aquando da execução do avanço seguinte de escavação.

Para confirmar que os esforços obtidos verificam o conjunto de condições referidas anteriormente, os esforços serão igualmente apresentados em diagramas de capacidade resistente (V, N), devidamente ajustados à idade do betão na referida fase.

### 7.4 Estado limite último de resistência em flexão composta das cambotas

A verificação do ELU de resistência em flexão composta das cambotas foi realizada com base nos esforços extraídos a partir dos modelos de cálculo bidimensionais.

A verificação do ELU de resistência em flexão composta para as cambotas terá assim de verificar as seguintes condições:

$$N_{Ed} \leq N_{max} = A \times f_{yd}$$

Em flexão composta:

$$M_{Ed} \leq M_{max} = \pm (2 \times f_{yd}) \times \frac{I}{t}$$

Em que:

$N_{max}$  – Esforço axial máximo de compressão na cambota

$N_{min}$  – Esforço axial máximo de tracção na cambota

$A$  – Área da secção transversal da cambota

$I$  – Momento de inércia da secção

$f_{yd}$  – Tensão de cedência da cambota metálica

Para confirmar que os esforços obtidos verificam o conjunto de condições referidas anteriormente, os esforços serão apresentados em diagramas de capacidade resistente (M, N).

## 7.5 Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte das cambotas

A verificação do ELU de resistência ao esforço transversal/corte das cambotas foi realizada com base nos esforços extraídos a partir dos modelos de cálculo bidimensionais e tridimensionais.

A verificação do ELU de resistência ao esforço transversal/corte para as cambotas metálicas terá assim de garantir as seguintes condições:

Em compressão e tracção:

$$N_{Ed} \leq (f_{yd} \times A) - \left( \frac{9 \times V_{Ed}^2}{4 \times f_{yd} \times A} \right)$$

Para esforço transversal/corte combinado com esforço axial:

$$V_{Ed} \leq \pm A \times \sqrt{-\frac{4 \times f_{yd}^2}{9}}$$

Em que:

$A$  – Área da secção transversal da cambota metálica

$I$  – Momento de inércia da secção

$f_{yd}$  – Tensão de cedência da cambota metálica

Para confirmar que os esforços obtidos verificam o conjunto de condições referidas anteriormente, os esforços serão apresentados em diagramas de capacidade resistente (V, N).

## 7.6 Estado limite de utilização – deslocamentos e convergências da secção

A verificação do ELS dos deslocamentos e convergências da secção deverá garantir que a deformação da secção não compromete o espaço disponível para a execução do revestimento definitivo. Nesse sentido, foi estabelecido um limite de deformação de 50mm.

## 7.7 Estado limite de utilização dos assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação subterrânea

A verificação do ELS dos assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação subterrânea encontra-se realizada no Tomo II – Volume 13 – Interferências ao Longo da Linha.

# 8 RESULTADOS DAS VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA

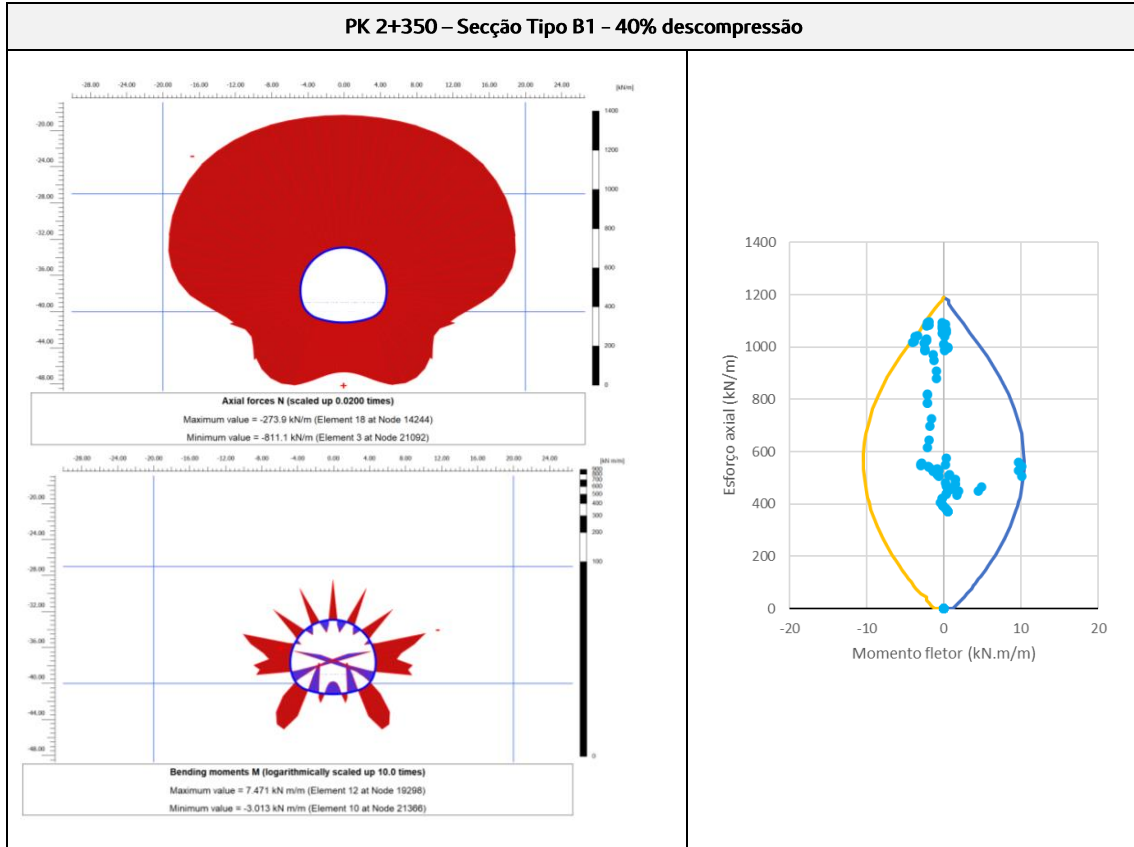
Neste capítulo apresentam-se os resultados condicionantes para o dimensionamento de cada secção tipo indicada e para cada verificação de segurança.

## 8.1 Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas

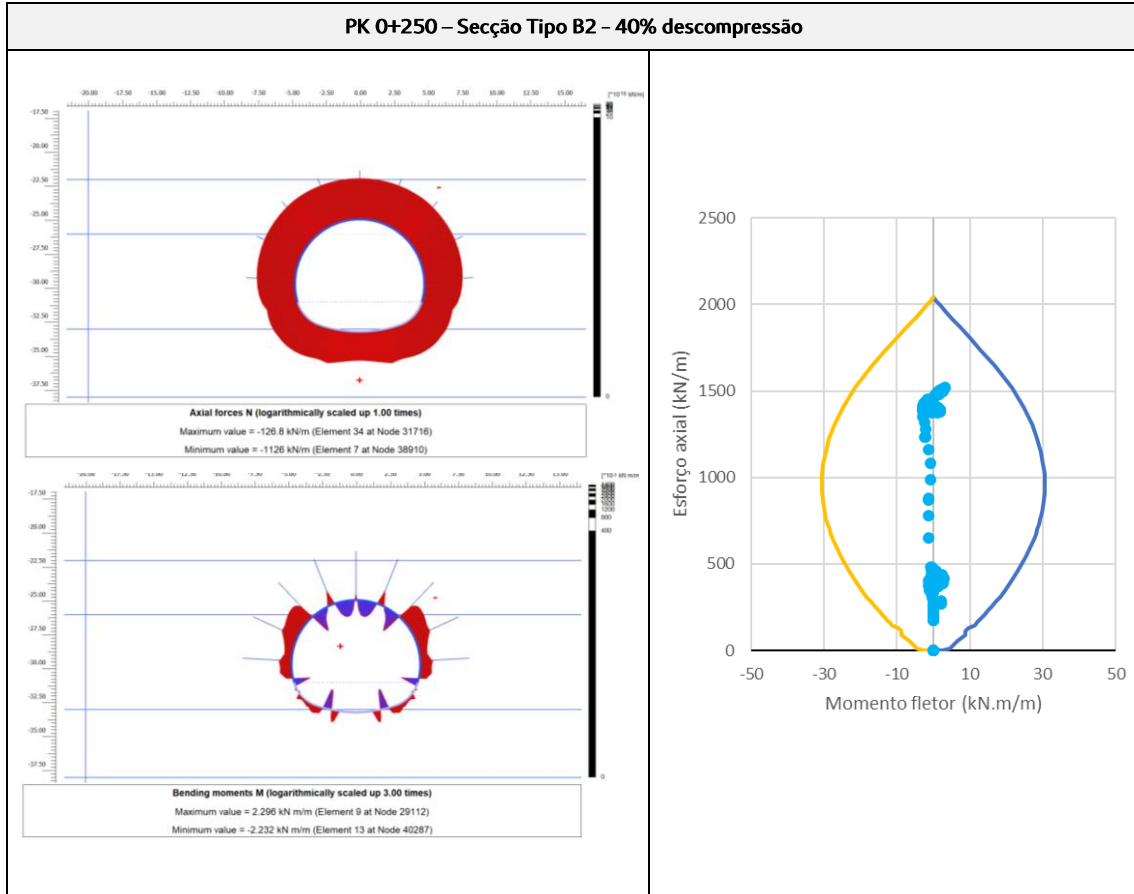
No Quadro 8 a Quadro 9 apresentam-se as verificações ao ELU de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas, para a fase em que a calote e o rebaixo se encontram escavados na totalidade. Os esforços apresentados nos diagramas de verificação encontram-se majorados. As correspondentes imagens ilustrativas dos esforços não-majorados extraídas do programa de cálculo, são também apresentados no mesmo conjunto de tabelas.



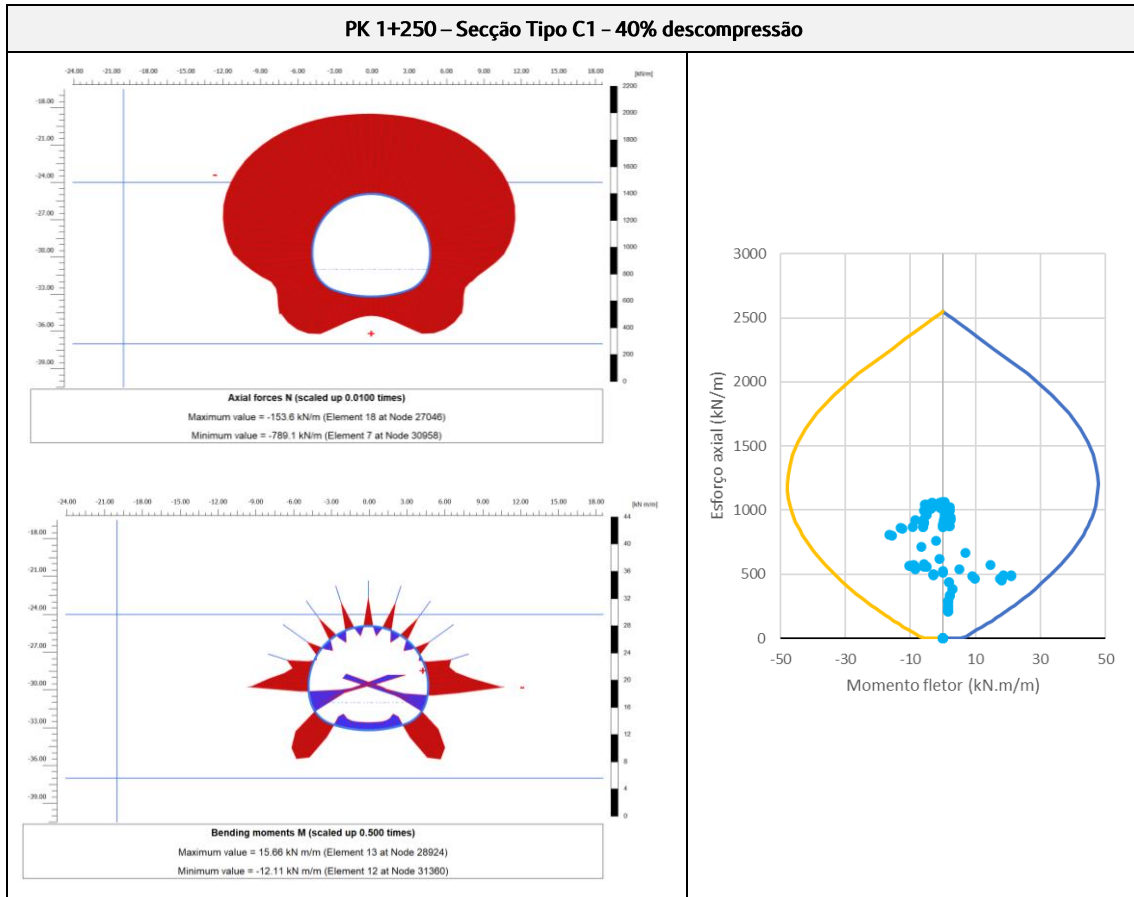
Quadro 6 - PK 2+350 - Secção Tipo B1



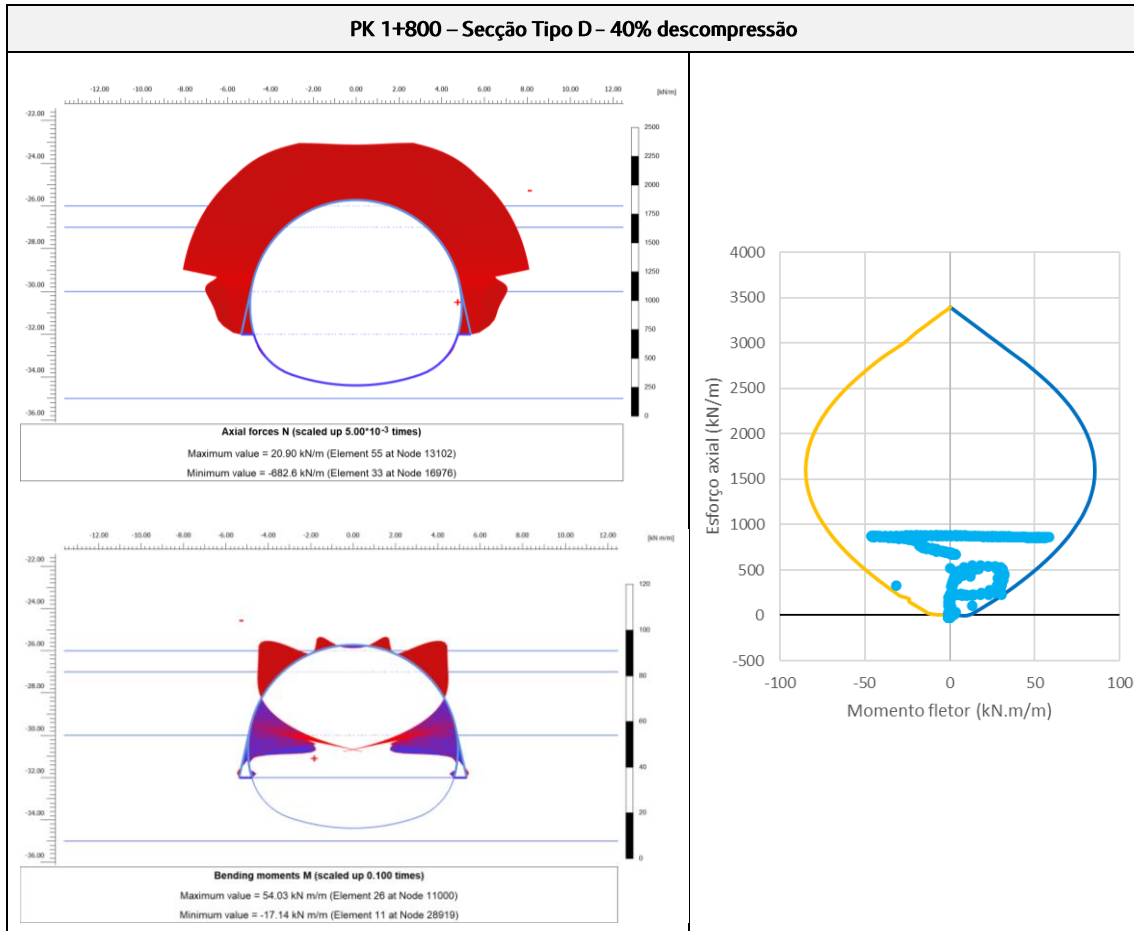
Quadro 7 - PK 0+250 - Secção Tipo B2



Quadro 8 - PK 1+250 - Secção Tipo C1



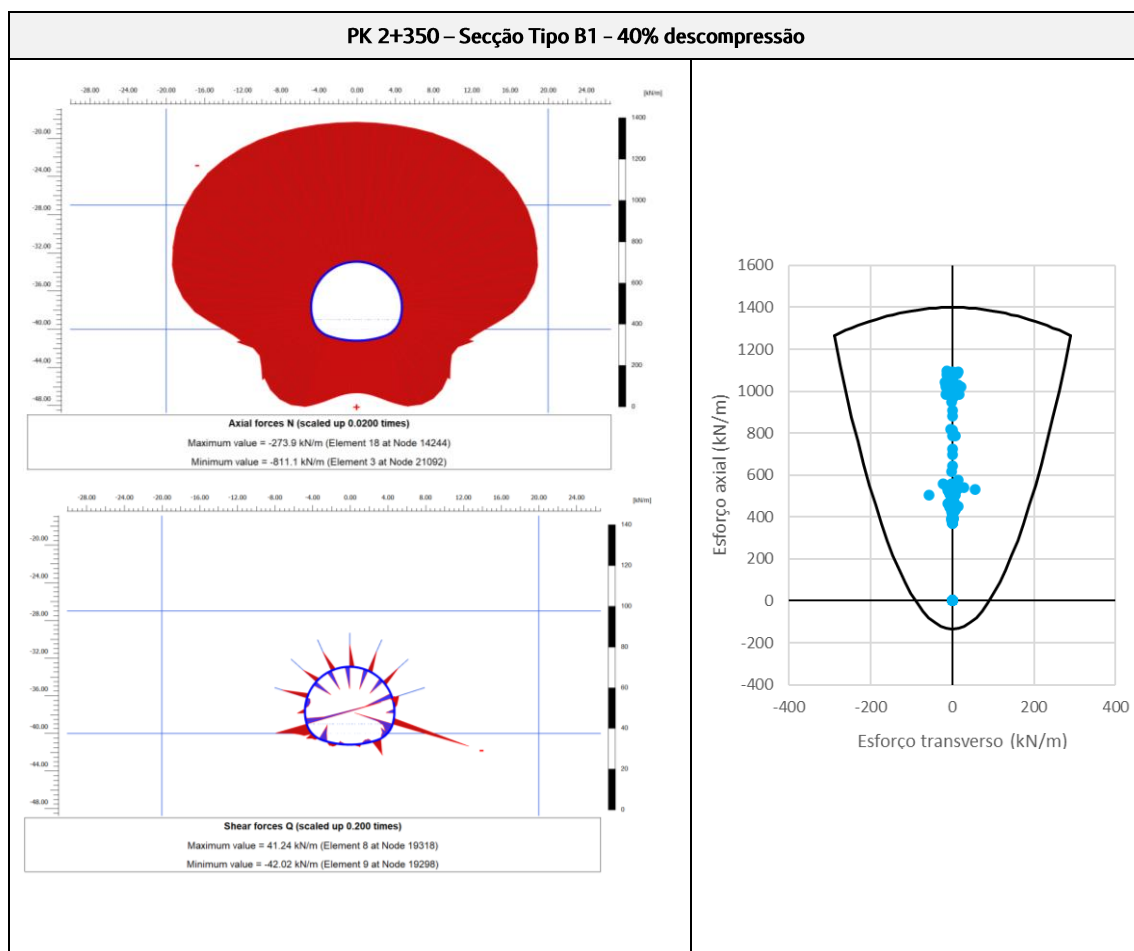
Quadro 9 - PK 1+800 - Secção Tipo D



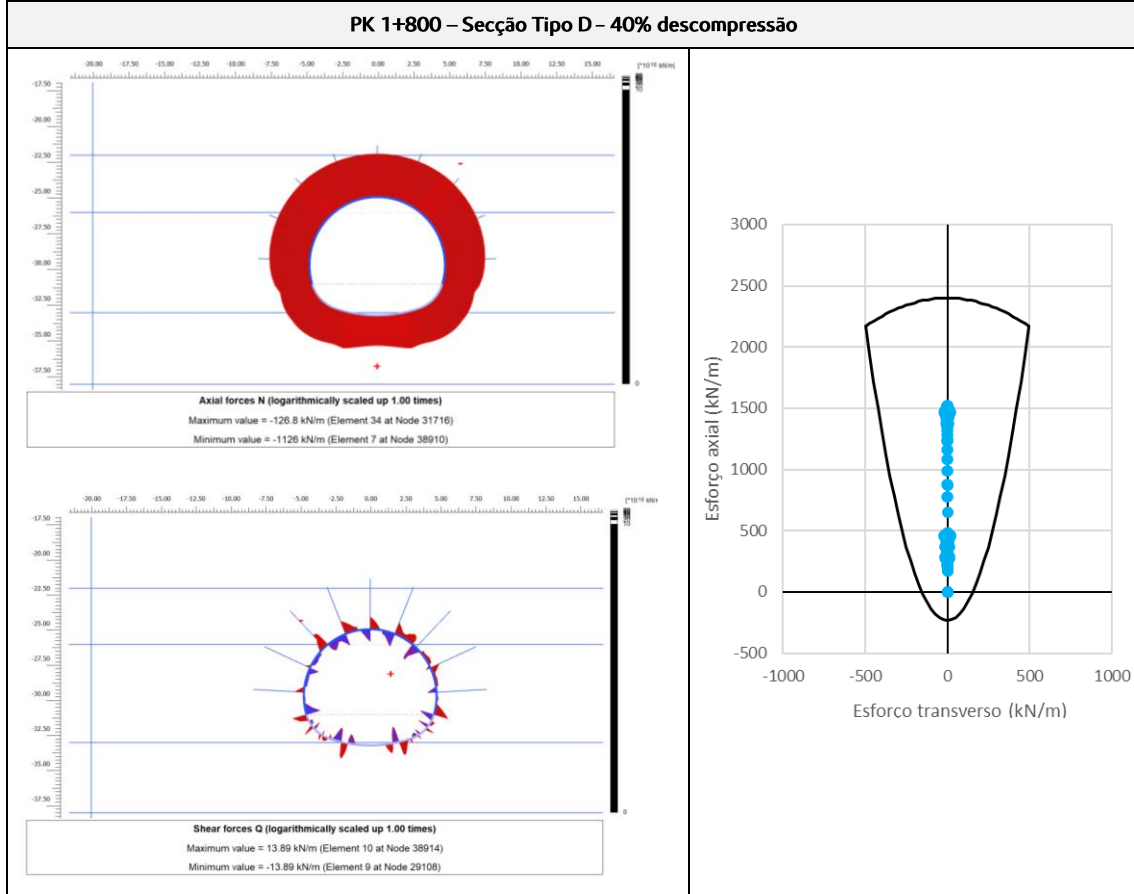
## 8.2 Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas

No Quadro 12 a Quadro 10 apresentam-se as verificações ao ELU de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas, para a fase em que a calote e o rebaixo se encontram escavados na totalidade. Os esforços apresentados nos diagramas de verificação encontram-se majorados. Os correspondentes diagramas de esforços não-majorados são também apresentados no mesmo conjunto de tabelas.

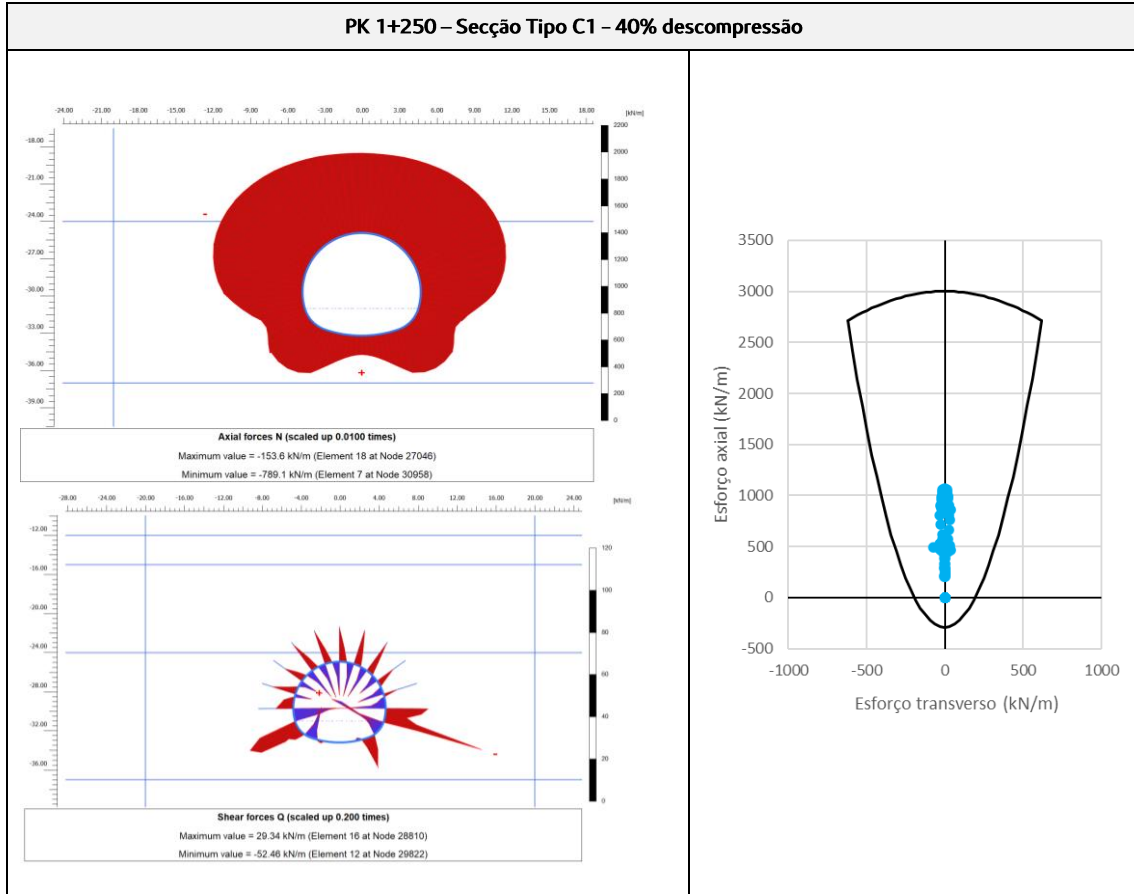
Quadro 10 - PK 2+350 - Secção Tipo B1



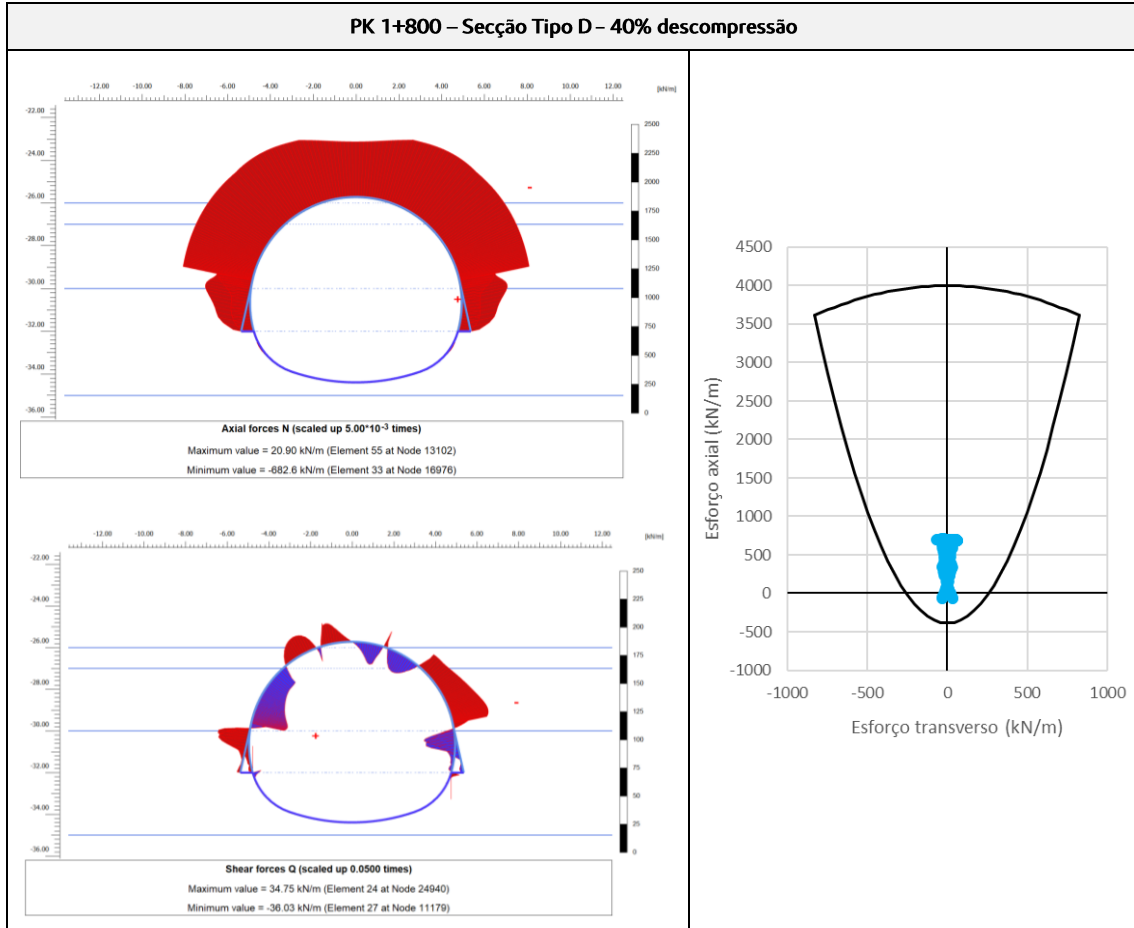
Quadro 11 - PK 0+250 - Secção Tipo B2



Quadro 12 - PK 1+250 - Secção Tipo C1



Quadro 13 – PK 1+800 – Secção Tipo D

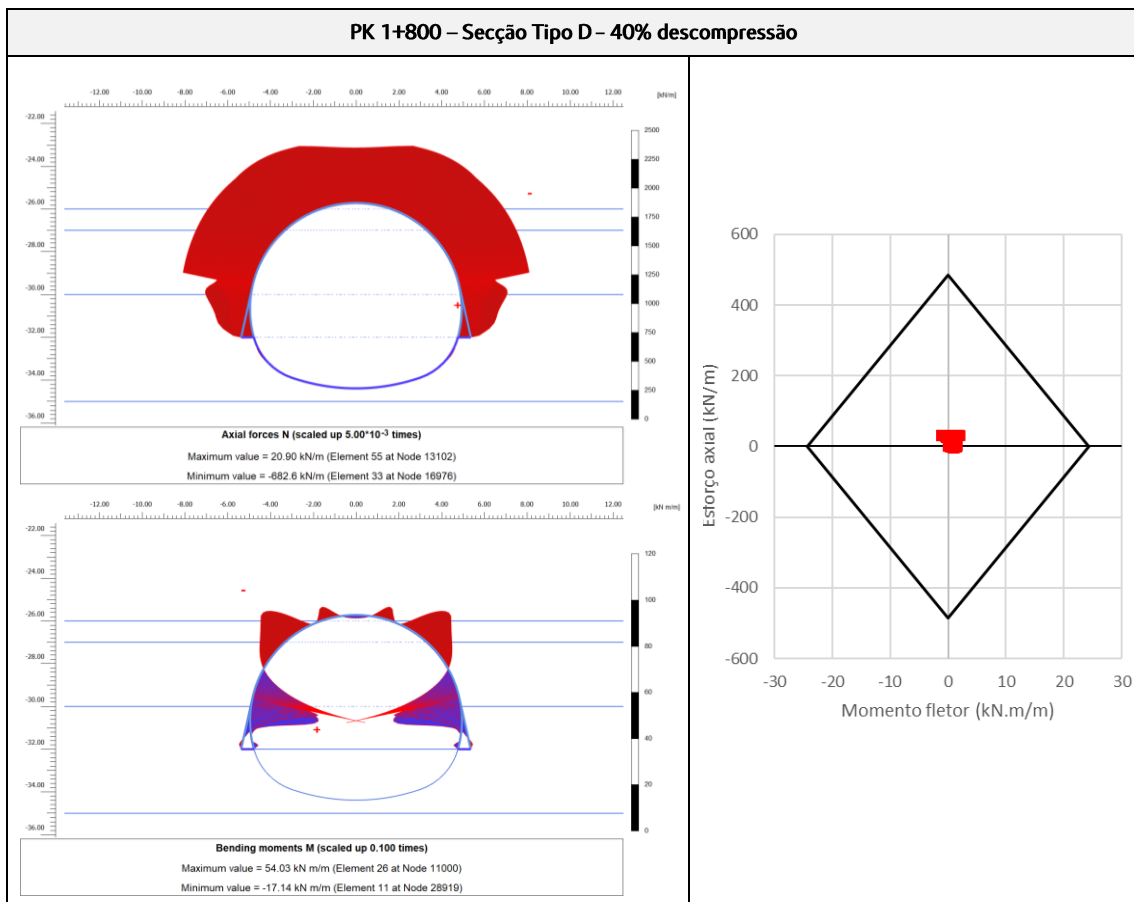




### 8.3 Estado limite último de resistência em flexão composta das cambotas

No Quadro 14 apresentam-se as verificações ao ELU de resistência em flexão composta das cambotas metálicas, para a fase em que a calote e o rebaixo se encontram escavados na totalidade. Os esforços apresentados nos diagramas de verificação encontram-se majorados.

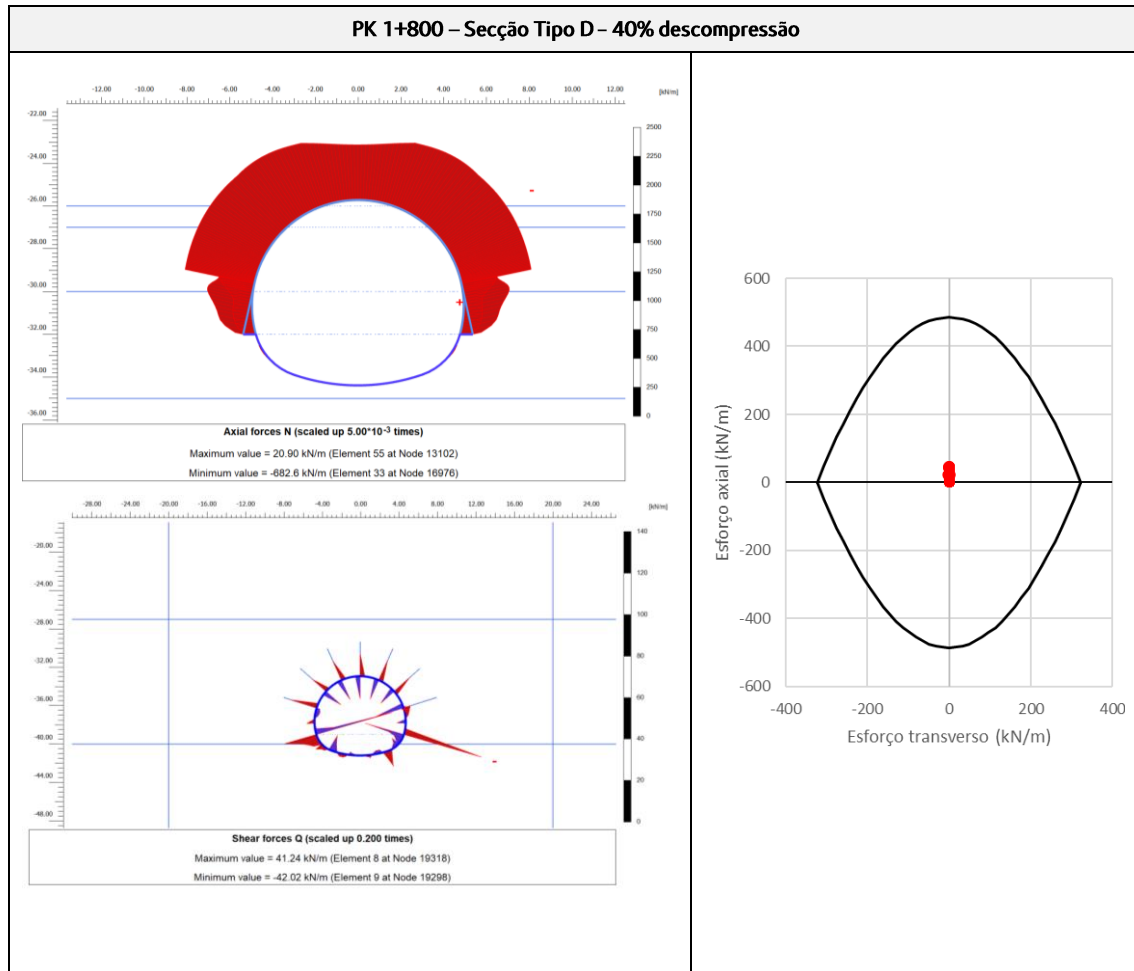
Quadro 14 – PK 1+800 – Secção Tipo D



## 8.4 Estado limite último de resistência ao esforço transverso/corte das cambotas

No Quadro 15 apresentam-se as verificações ao ELU de resistência ao esforço transverso/corte das cambotas metálicas, para a fase em que a calote e o rebaixo se encontram escavados na totalidade. Os esforços apresentados nos diagramas de verificação encontram-se majorados.

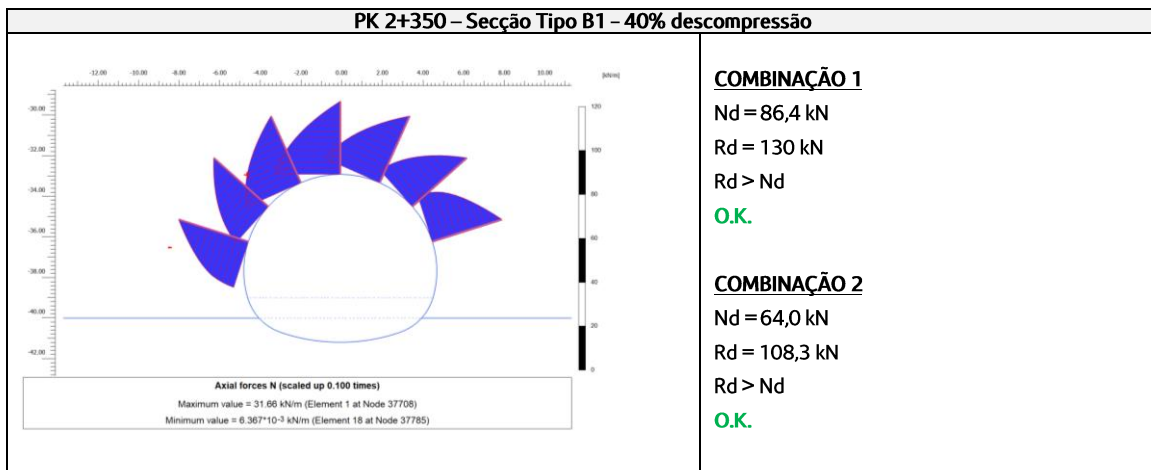
Quadro 15 - PK 1+800 - Secção Tipo D



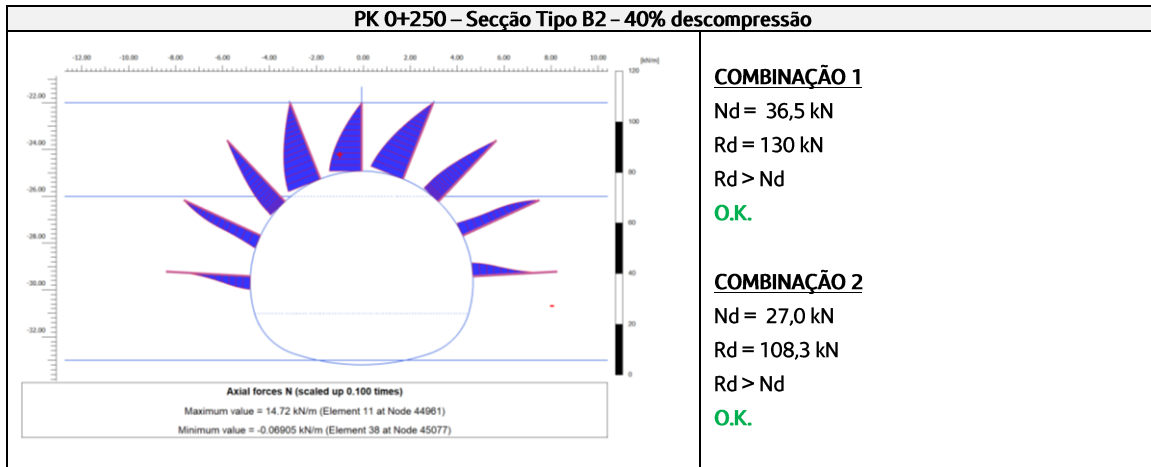
## 8.5 Estado limite último de resistência à tracção da armadura das pregagens

Na Quadro 16 a Quadro 18 apresentam-se as verificações ao ELU à tracção da armadura das pregagens, para a fase em que a secção se encontra escavada na totalidade.

Quadro 16 – PK 2+350 – Secção Tipo B1

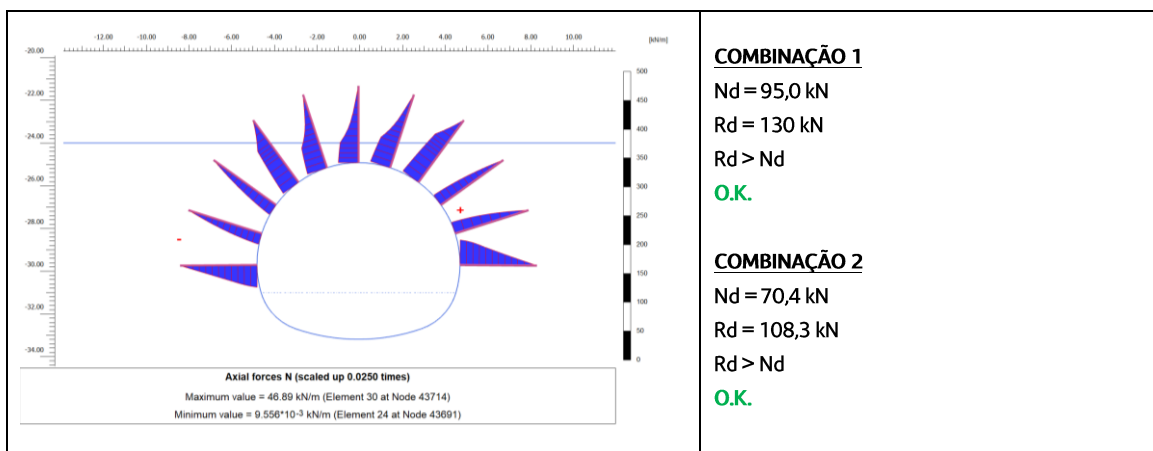


Quadro 17 – PK 0+250 – Secção Tipo B2



Quadro 18 – PK 1+250 – Secção Tipo C1

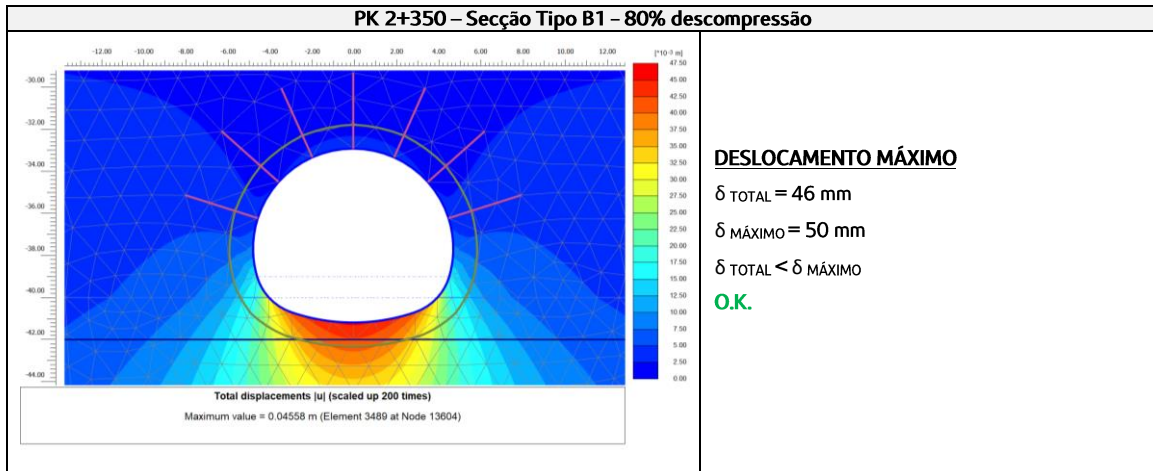




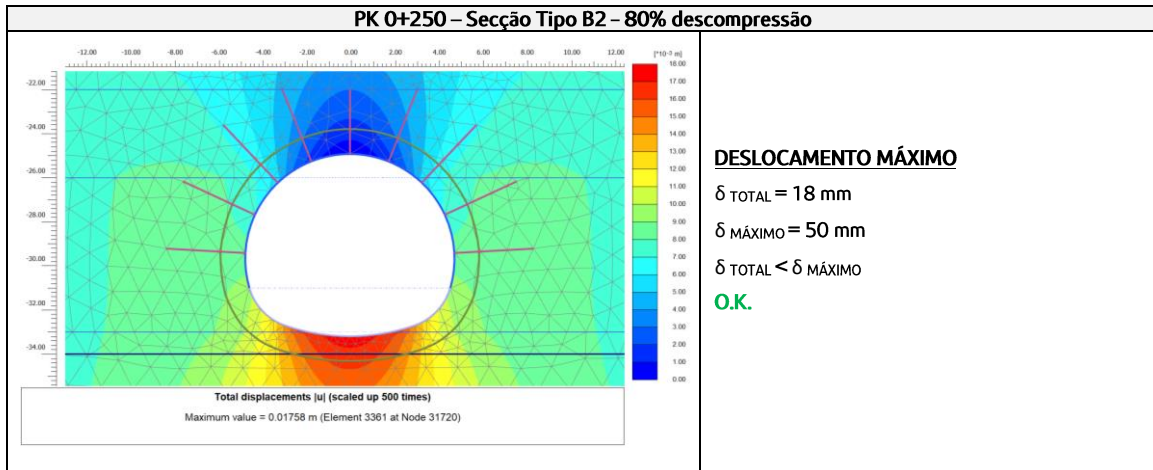
### 8.6 Estado limite de utilização – deslocamentos e convergências da secção

No Quadro 19 a Quadro 21 apresentam-se as convergências estimadas para cada secção de cálculo.

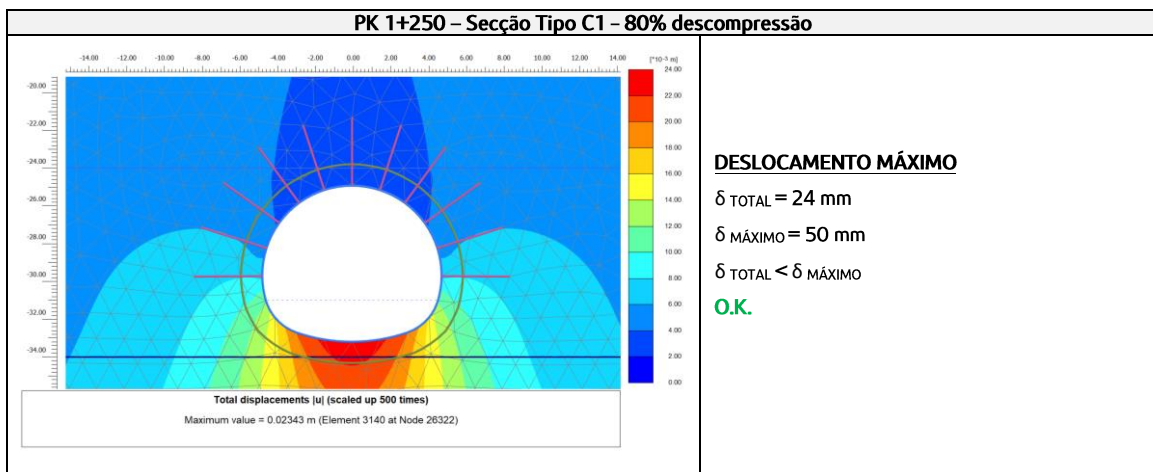
Quadro 19 – PK 2+350 – Secção Tipo B1



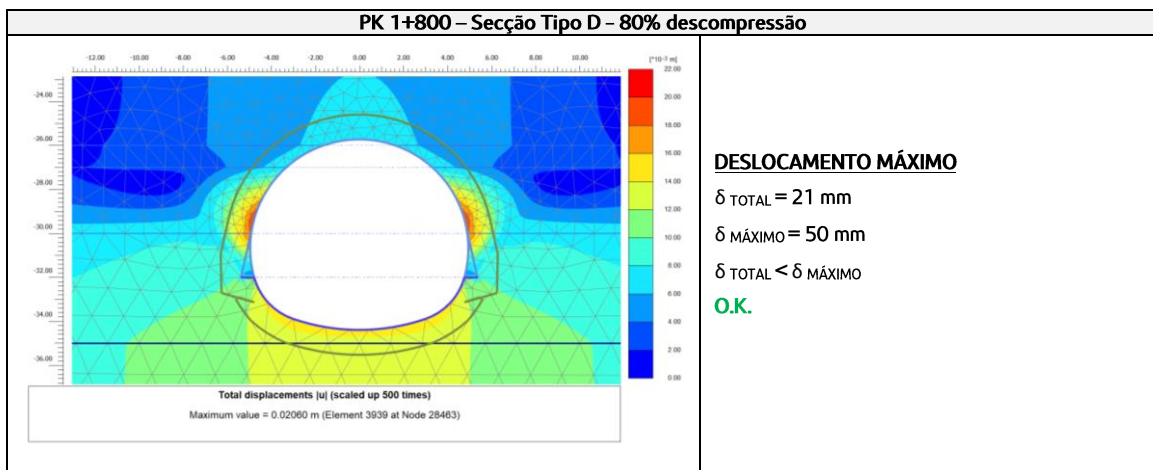
Quadro 20 - PK 0+250 - Secção Tipo B2



Quadro 21 - PK 1+250 - Secção Tipo C1



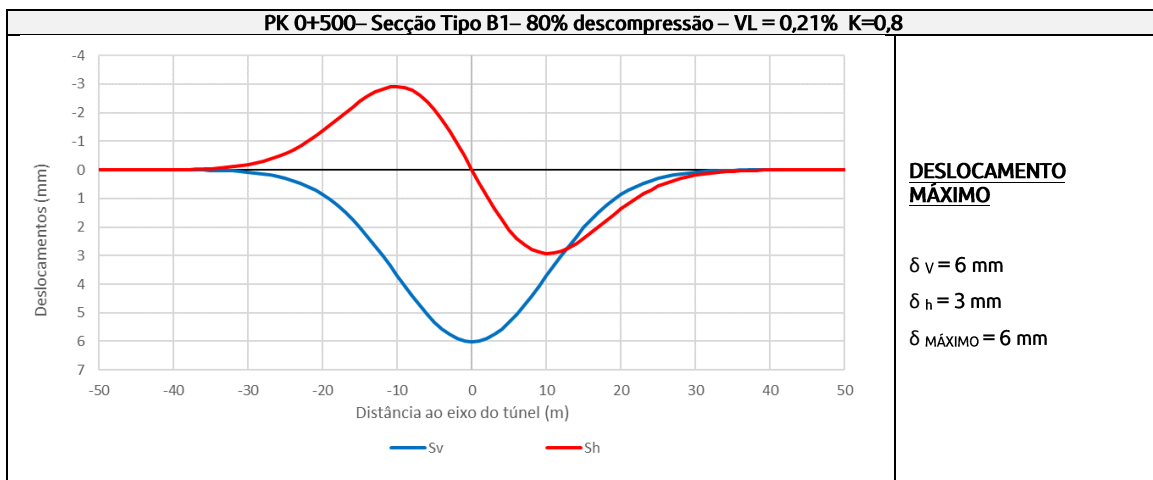
Quadro 22 - PK 1+800 - Secção Tipo D



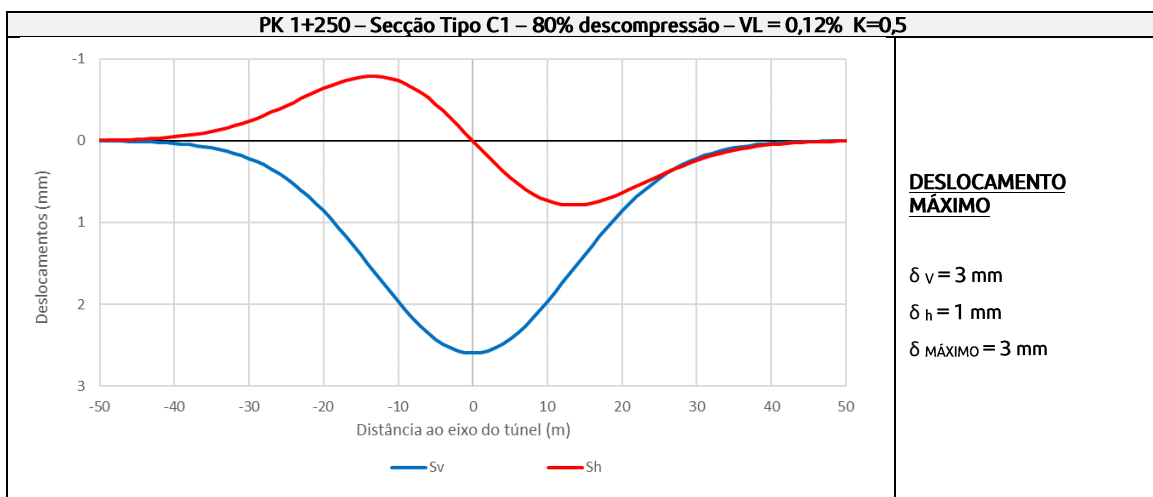
## 8.7 Estado limite de utilização dos assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação subterrânea

No Quadro 23 a Quadro 27 apresentam-se os assentamentos estimados à superfície para cada secção de cálculo.

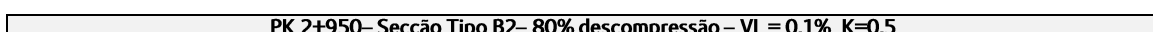
Quadro 23 – PK 0+500– Secção Tipo B1

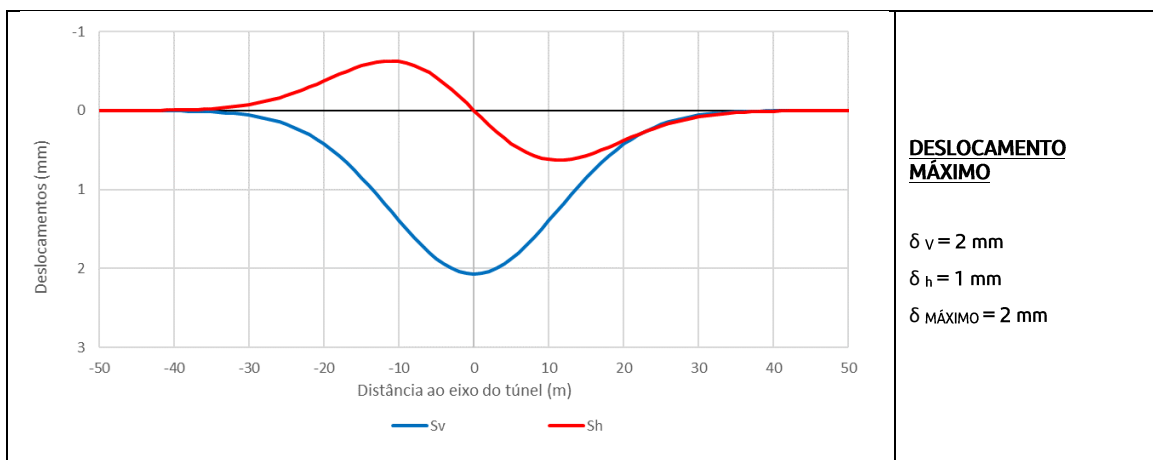


Quadro 24 – PK 1+250 – Secção Tipo C1

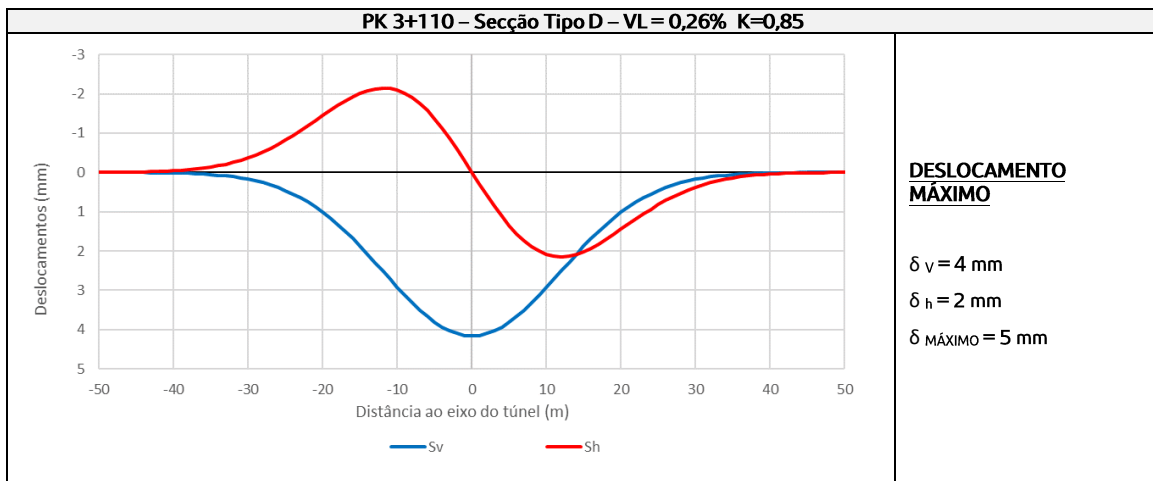


Quadro 25 – PK 2+950– Secção Tipo B2

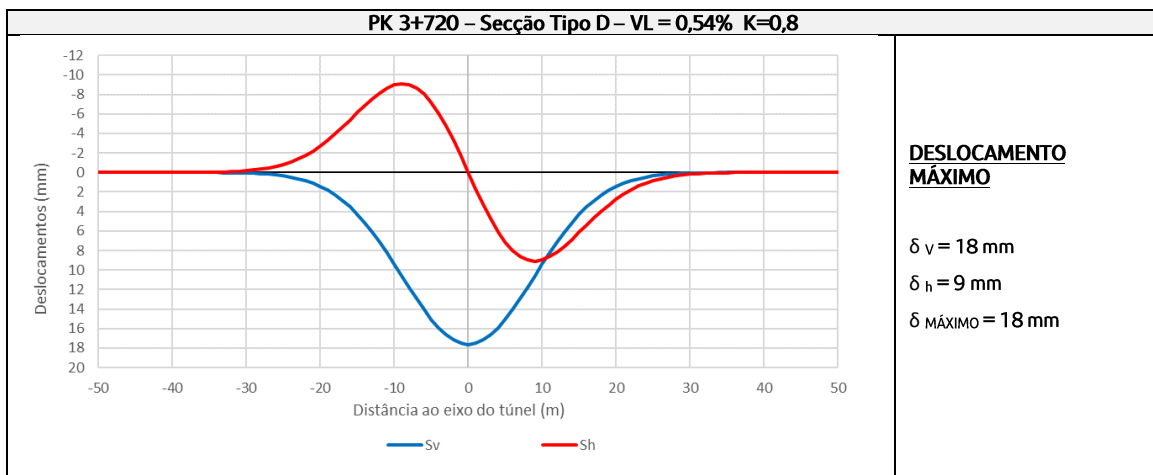




Quadro 26 - PK 3+110 - Secção Tipo D

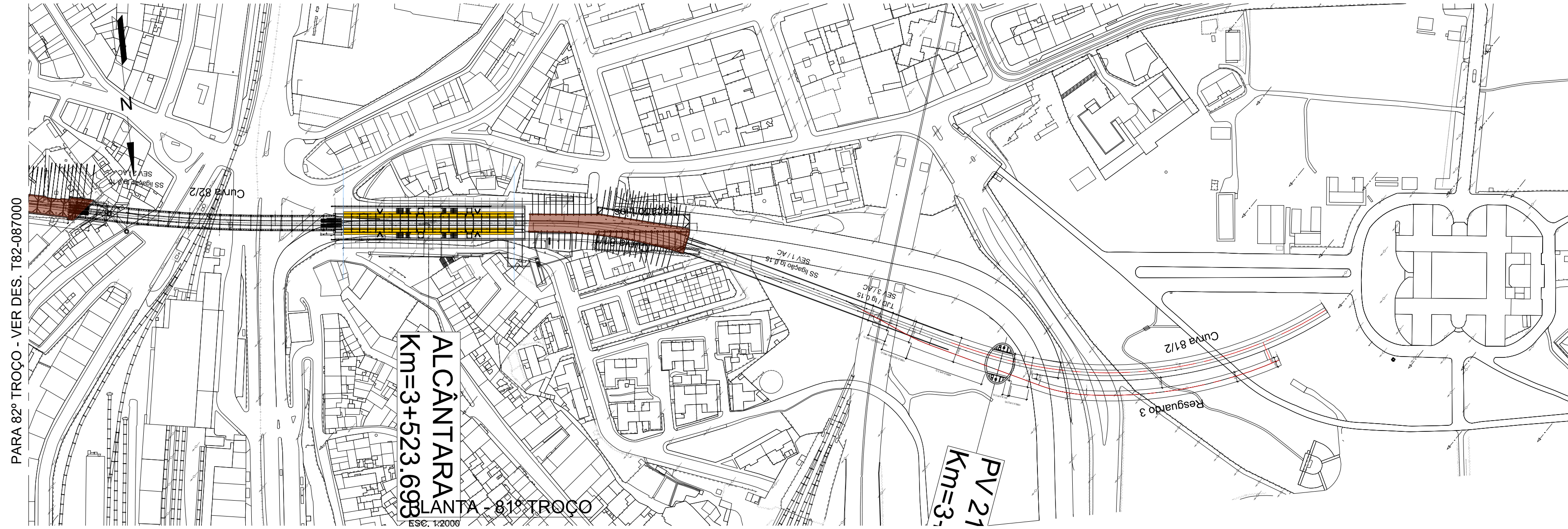


Quadro 27 - PK 3+720 - Secção Tipo D



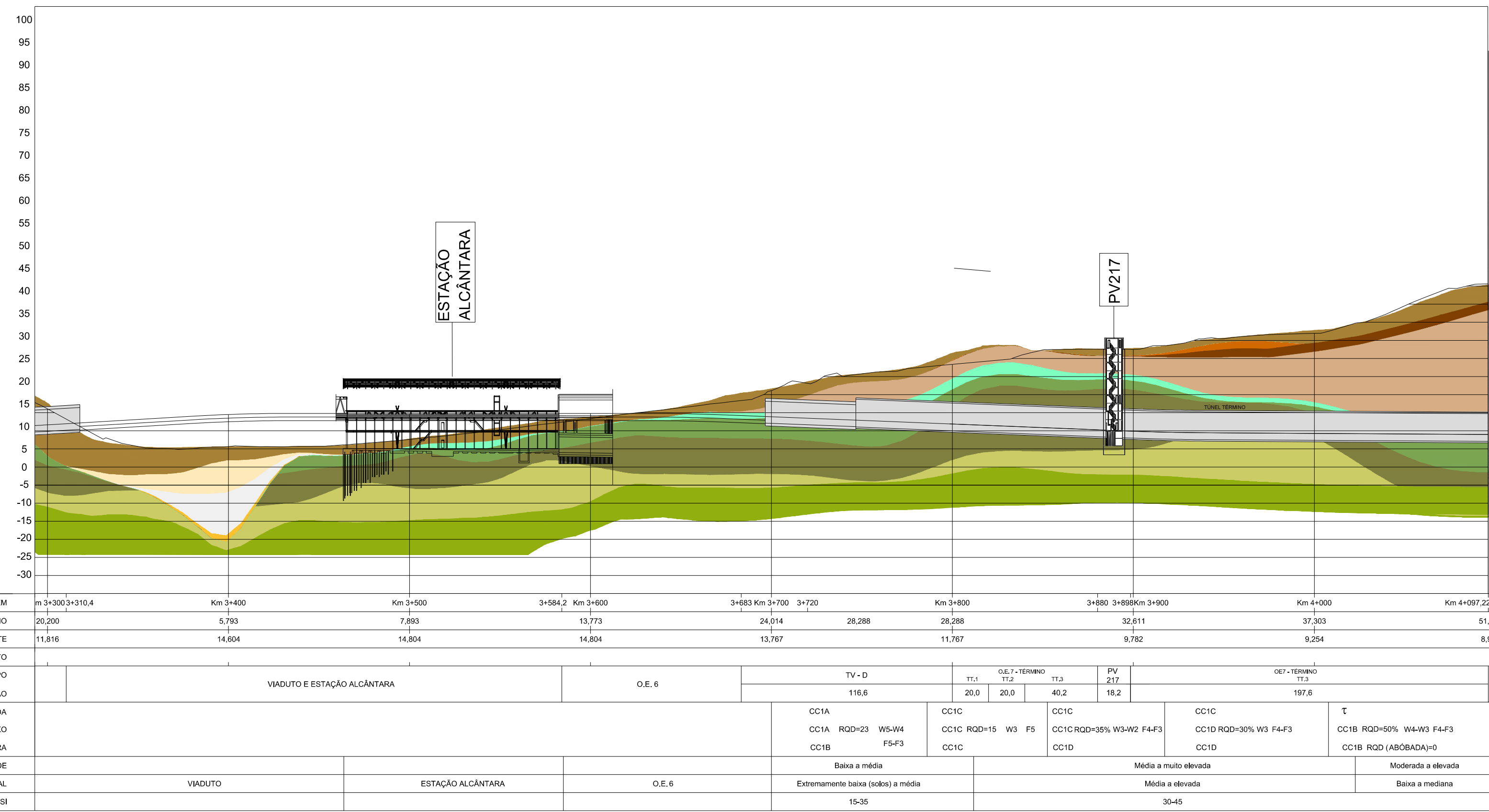






**LEGENDA**  
ESTRATIGRAFIA E CRITÉRIOS DE ZONAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO (Perfil)

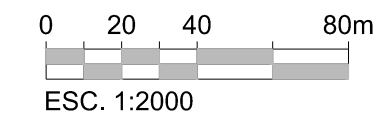
- QUATERNÁRIO - Holocénico (Recente)
- At Aterro heterogéneo, constituído por silte-arenoso, por vezes argiloso, com fragmentos líticos e cerâmicos, de cor castanho amarelado, com vestígios de vegetais.
  - a<sub>ar</sub> Aluvião arenoso (ar)
  - a<sub>ag</sub> Aluvião argiloso (ag)
  - a<sub>cg</sub> Aluvião com cascalheira (cg)
- NEOGENICO - Miocénico - "Argilas e Calcários dos Prazeres" (MPr)
- M<sub>nspt</sub> Argilas cinzentas-esverdeadas (a) NSPT ≥ 50, (b) NSPT < 50
  - M<sub>ca</sub> Calcarenitos fossilíferos, com passagens de calcários margosos
- OLIGOCÉNICO - "Formação de Benfica" (φ)
- φ Areias finas, siltosas e silto-argilosas, com seixo fino a médio. Siltos argilosos, com seixo frequente; cores acastanhadas, acinzentadas e por vezes avermelhadas.
- NEOCRETÁCICO - "Complexo vulcânico de Lisboa" (β)
- β<sub>1</sub> Basalto, com veios calcíticos, muito a medianamente alterado, intensamente a muito fracturado, cinzento escuro, por vezes com passagens de solo residual areno argiloso. (Presença de Serpentina/Talco) (a) Rocha w2 a w3-4 GSI >40, (b) Estrutura rochosa parcialmente visível localmente SPTs 60, w4 a solo
  - τ Tufos vulcânicos silto-margosos, avermelhados com veios esbranquiçados, por vezes silto-arenoso, com passagens fortemente argilosas. Ocorrem por vezes passagens fortemente argilosas de elevada plasticidade, de origem sedimentar. Tufos por vezes brechóides e brechas vulcânicas.
- CRETÁCICO
- Cenomaniano Superior - "Formação de Bica" (C<sub>3</sub><sup>o</sup>)
- C<sub>3a</sub> Argila margosa e/ou margas argilosas esbranquiçada a amarelada.
  - C<sub>3b</sub> Calcário nodular, amarelado a esbranquiçado com inclusões margosas frequentes; passando a calcário rosado, amarelado, esbranquiçado por vezes carsificado, umas vezes compacto outras vezes margoso, com passagens argilosas.
  - C<sub>3c</sub> Calcário semicristalino a cristalino com rudistas, apresentando nódulos a leitos de silix, pouco alterado a medianam. alterado, fracturas medianam. afastadas a muito próximas.
  - C<sub>3d</sub> Calcário compacto branco e bege, fendilhado com prealveolinas, pouco alterado a medianamente alterado, com passagens muito alteradas a decompostas, fraturas medianamente afastadas a próximas.
- Albiano superior e Cenomaniano médio - "Formação de Caneças" (C<sub>2</sub><sup>o</sup>)
- C<sub>2</sub> Calcário por vezes margoso, com geoides no topo e com passagens argilosas por vezes com gesso na base. (C<sub>22</sub>)



PERFIL - 81º TROÇO  
ESC. 1:2000

- NOTAS:**
- As secções tipo encontram-se distribuídas ao longo do traçado segundo o indicado nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN T81 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T82 DW 087000, LVSSA AP AP STR TUN T83 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T84 DW 087000 e LVSSA MSA AP STR TUN T85 DW 087000.
  - Os materiais encontram-se definidos nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087001 e LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087002.

ALTEAÇÕES					
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TAS	RVR	
		DATA	DES.	VERIF.	
<p>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCANTARA</p> <p>PROJETO DE EXECUÇÃO</p> <p>ESTRUTURAS 81º TROÇO: EST. ALCANTARA/ TÉRMINO ALCANTARA</p> <p>TÚNEL IMPLANTAÇÃO GERAL - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL</p>					
Data:					Escalas:
Aprov.:					Des. nº: 133653
Verif.:					F. / /
Proj.:					Alter.:
Des.:					Substituído
					Nº SAP
					Versão
					Folha
<p>MOTAENÇIL ENGENHARIA</p> <p>COBA / JET S.J. / J.LCM / TALPROJECTO</p> <p>Identificação Empresa Proprietária: COBA / JET S.J. / J.LCM / TALPROJECTO</p> <p>Escalas: 1/2000</p> <p>Folha: / /</p>					
Aprov.:	RP				
Verif.:	RVR				
Proj.:	FAB				
Des.:	TNC	Desenho nº: LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087000 0			
		Alter.:			



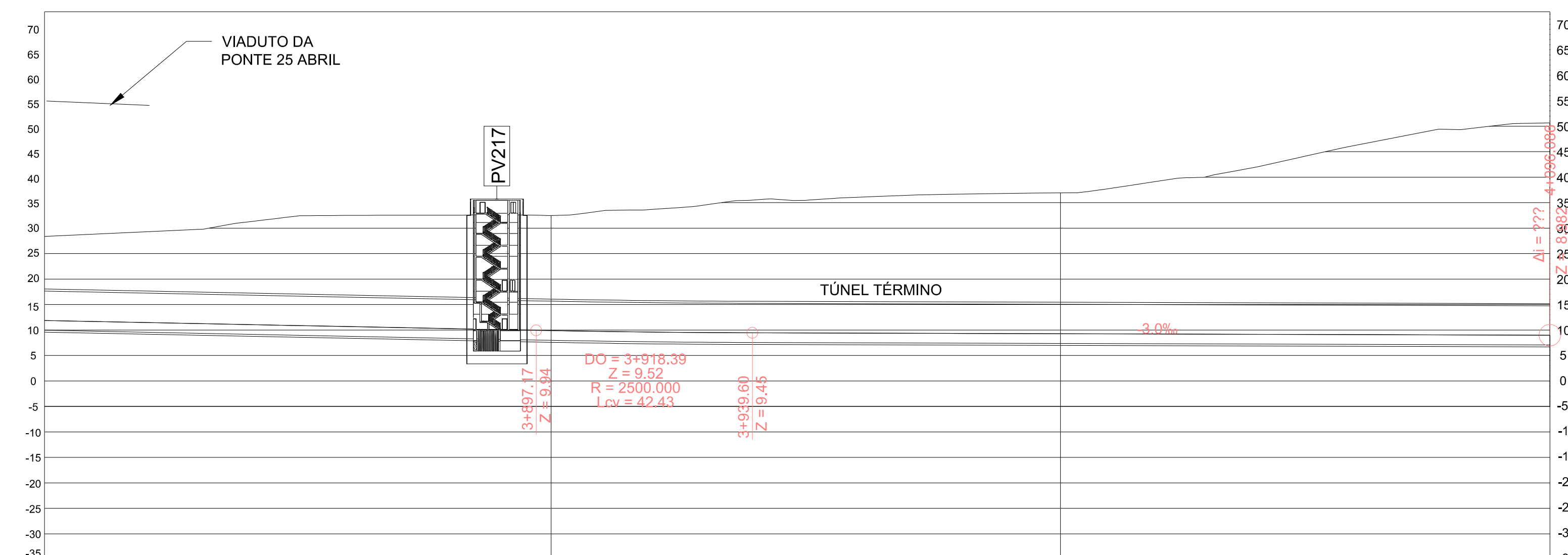
PARA 81º TROÇO - 2/2 - VER DES. T81-087002

SEV 3 / AC  
TJD / tg 0.15

PV 217  
Km=3+889,338

Túnel Término

PLANTA 81º TROÇO - 1/2  
ESC. 1:750



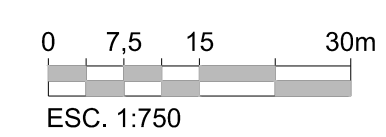
QUILOMETRAGEM	+800 3+898	3+880	3+898	Km 3+900	Km 4+000	Km 4+097,224
COTA DO TERRENO	288			32,611	37,303	51,025
COTA DA RASANTE	167			9,782	9,254	8,982
SECÇÃO TIPO	O.E. 7 - TÉRMINO		PV 217	OE7 - TÉRMINO		
EXTENSÃO			18,2	197,6		
MÉTODO DE ESCAVAÇÃO	NATM		NATM	NATM		

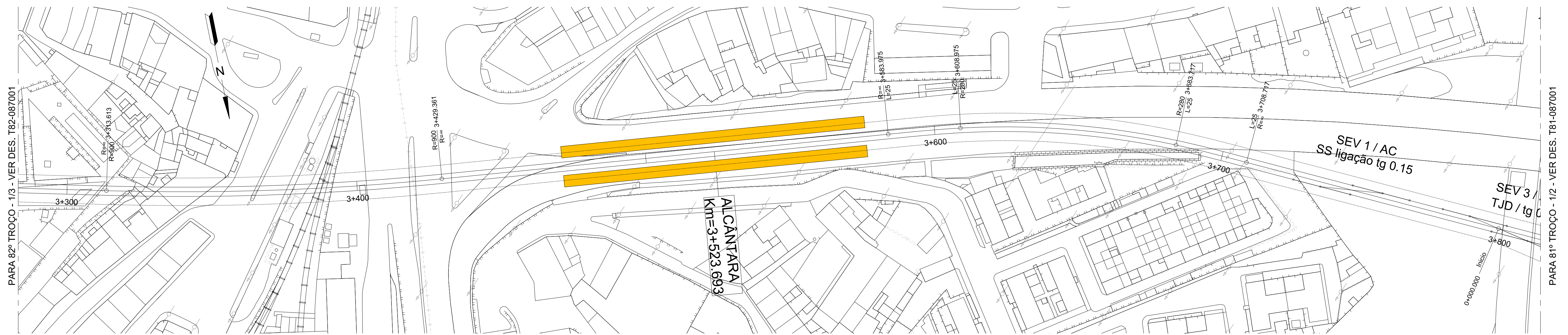
PERFIL LONGITUDINAL  
Escala 1:750

NOTAS:

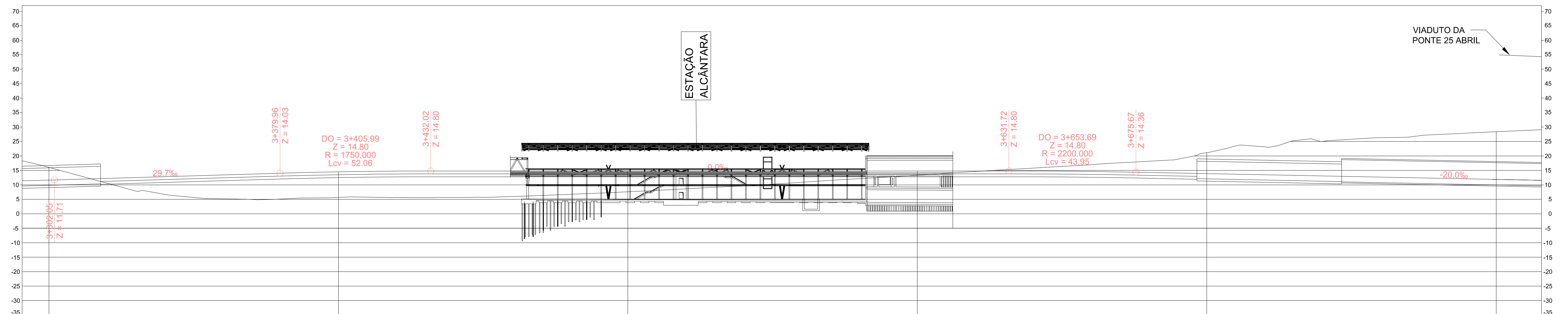
- As secções tipo encontram-se distribuídas ao longo do traçado segundo o indicado nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN T81 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T82 DW 087000, LVSSA AP AP STR TUN T83 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T84 DW 087000 e LVSSA MSA AP STR TUN T85 DW 087000.
- Os materiais encontram-se definidos nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087001 e LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087002.

ALTERAÇÕES					
0		EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TAS	RVR
		DATA	DES.	VERIF.	
Data:		PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA		Metropolitano de Lisboa	
Aprov.:		ESTRUTURAS		Escala: Des. nº 133654 F. /	
Verif.:		81º TROÇO		Alter.:	
Proj.:		TÚNEL		Substituído	
Des.:		1/2 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		Nº SAP	
				Versão	
				Folha	
Aprov.:		MOTAENÇIL ENGENHARIA		COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO	
Verif.:		RVR		Escala: 1/750	
Proj.:		FAB		Folha:	
Des.:		TNC		Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087001 0	
				Alter.:	





PLANTA 81º TROÇO - 2/2  
ESC. 1:750

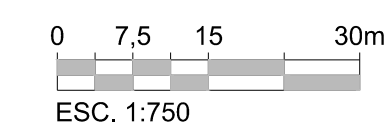


QUILOMETRAGEM	Km 3+300	3+310,4	Km 3+400	Km 3+500	3+584,2	Km 3+600	3+683	Km 3+700	Km 3+800	3+898
COTA DO TERRENO	20,200		5,793	7,893		13,773		24,014	28,288	28,288
COTA DA RASANTE	11,816		14,604	14,804		14,804		13,767		11,767
SECÇÃO TIPO			VIADUTO E ESTAÇÃO ALCANTARA				O.E. 6		TV - D	
EXTENSÃO									124,3	
MÉTODO DE ESCAVAÇÃO	TO								NATM	

PERFIL LONGITUDINAL  
Escala 1:750

NOTAS:

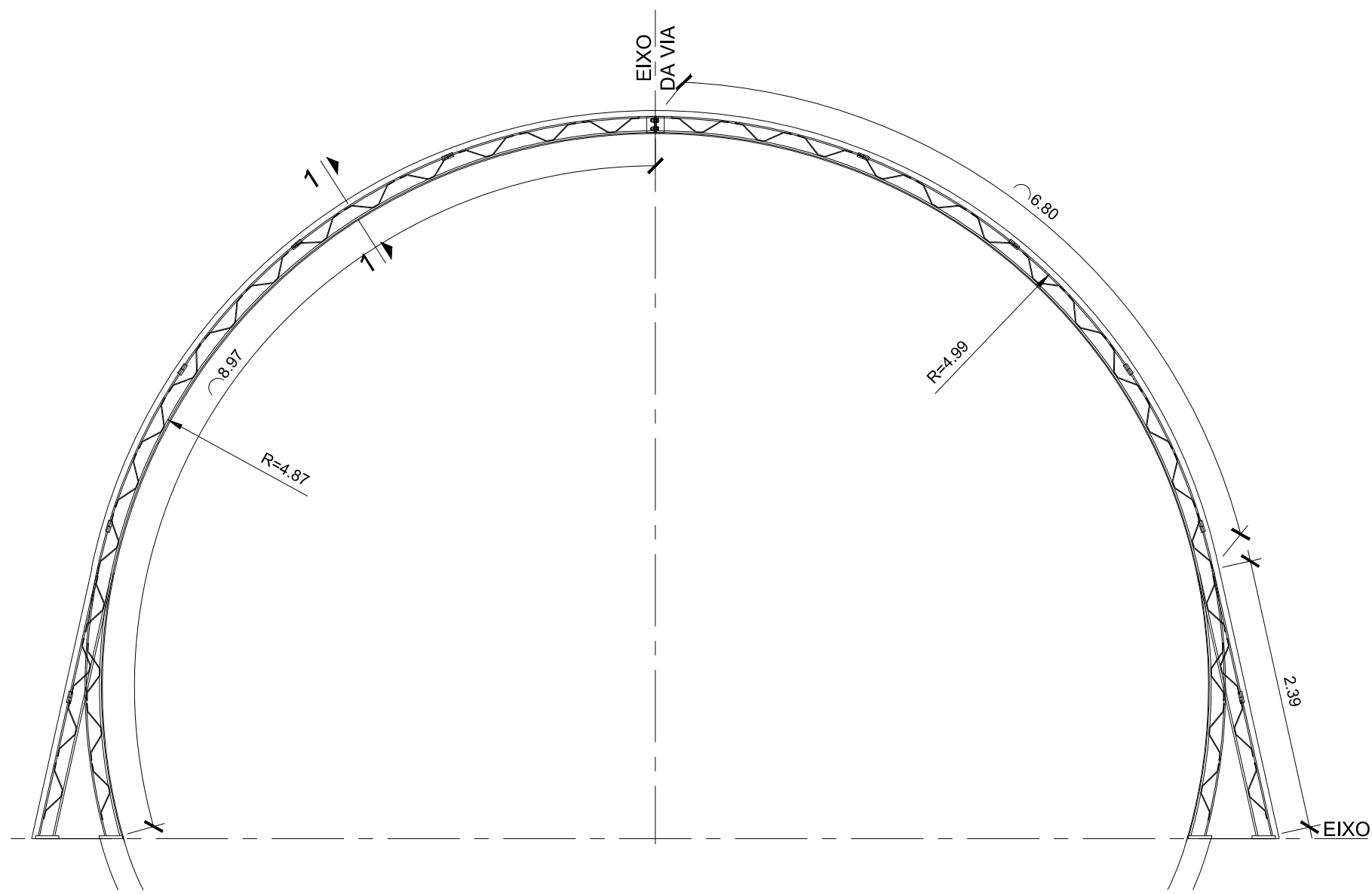
- As secções tipo encontram-se distribuídas ao longo do traçado segundo o indicado nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN T81 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T82 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T83 DW 087000, LVSSA MSA AP STR TUN T84 DW 087000 e LVSSA MSA AP STR TUN T85 DW 087000.
- Os materiais encontram-se definidos nos desenhos LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087001 e LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087002.



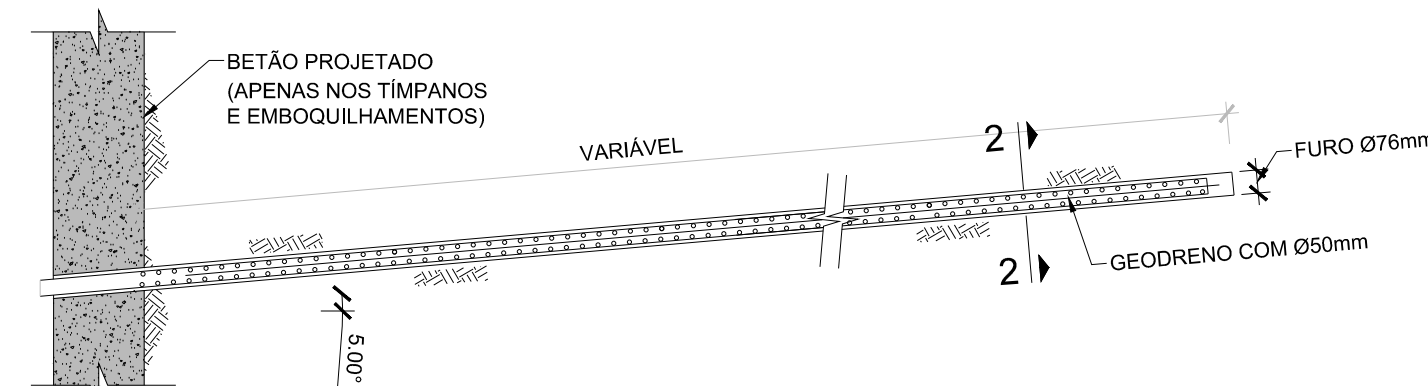
ALTERAÇÕES					
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TAS	RVR	
		DATA	DES.	VERIF.	
Data: _____ Aprov. _____ Verif. _____ Proj. _____ Des. _____		<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA</b> <b>S. SEBASTIÃO - ALCANTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO ESTRUTURAS 81º TROÇO TÚNEL 2/2 - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL		 Escalas: Des. nº 133655 F. / / Alter. _____ Substituído _____ Nº SAP _____ Versão _____ Folha _____	
Aprov. RP _____ Verif. RVR _____ Proj. FAB _____ Des. TNC _____		 Identificação Empresa Proponente: COBA / JET S.J. / JLCM / TALPROJECTO Escalas: 1/750 Folha: _____		Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087002 0 Alter.   0	

Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.

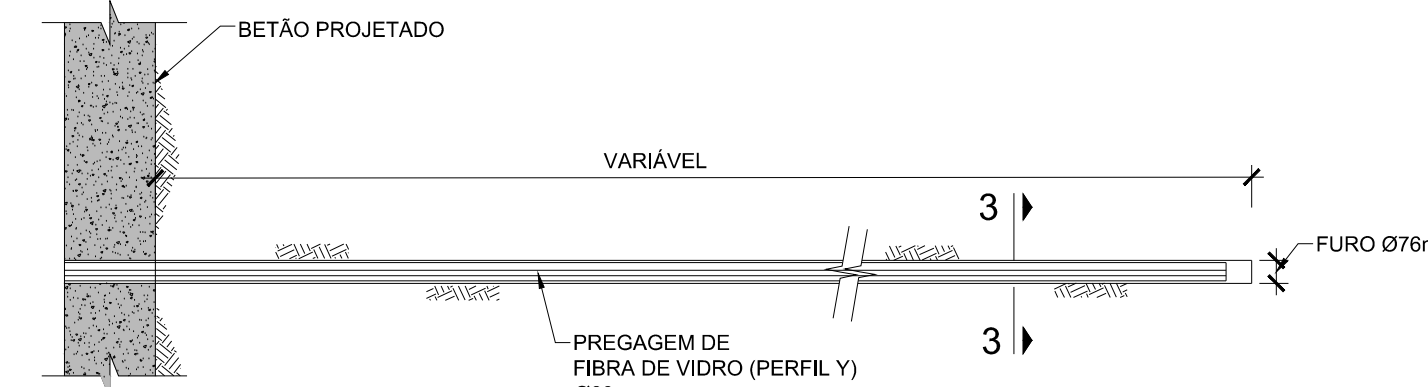




**PORMENOR TIPO - CAMBOTA DA SEÇÃO TV-D**  
ESC. 1:50



**PORMENOR DE EXECUÇÃO DOS GEODRENOS NA FRENTE DE ESCAVAÇÃO, EMBOQUILHAMENTOS E TÍMPANOS**  
ESC. 1:100



**PORMENOR DE EXECUÇÃO DAS PREGAGENS DE FIBRA DE VIDRO NOS EMBOQUILHAMENTOS E TÍMPANOS**  
ESC. 1:100

**MATERIAIS:**

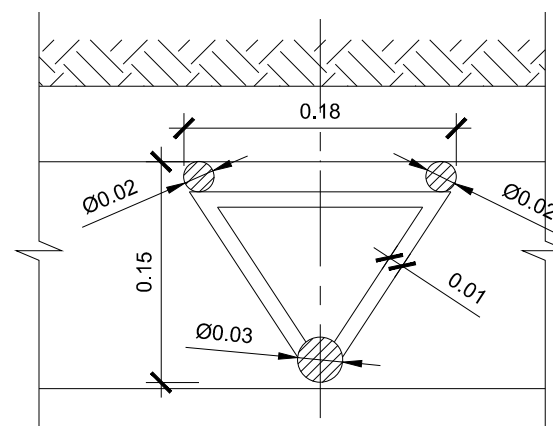
<b>BETÃO (NP EN 206-1):</b>	
Betão projetado (via húmida)	C30/37 XC4(P) CL 0.4 D <sub>MAX</sub> 10 S5
Regularização/Enchimento	C12/15 XC0(P) CL 1.0 D <sub>MAX</sub> 25 S3
<b>FIBRAS METÁLICAS:</b>	
Resistência à tração	1500 MPa
Comprimento (extremidade em gancho)	< 35mm
Esbelteza, L/D	65
Dosagem mínima de fibras	25 kg/m <sup>3</sup>
Classe de absorção de energia	E700
<b>AÇO:</b>	
Chapas e perfis metálicos	S 355 JR
Cambotas treliçadas	A500 NR
Rede eletrossoldada	A 500 ER
Enfilagens	S 355 JR
Elementos de fixação metálica	CLASSE 8.8
No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no REAE, NP 1515 E NP EN 1993	

**PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO**

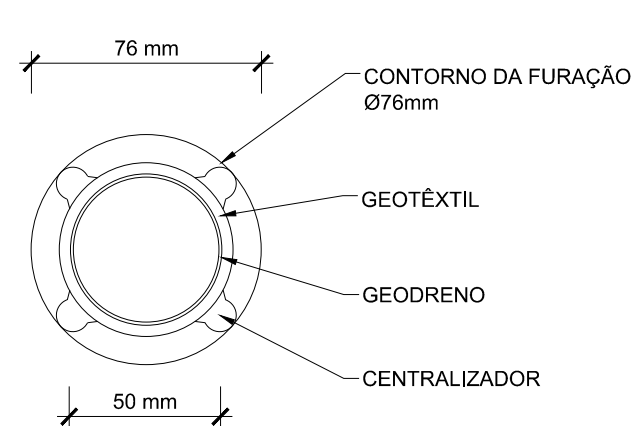
Carga mínima de cedência	Py = 130 kN
Tipo de aço	S 355 MC
<b>FIBRA DE VIDRO:</b>	
Resistência à tração	≥ 2000 MPa
Carga nominal de rotura	430 kN
<b>CALDA DE CIMENTO:</b>	
f <sub>ck</sub> (7 dias)	EQUIVALENTE A C25/30
Relação A/C	A/C = 0,45
<b>GEODRENOS:</b>	
Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	SN2
<b>GEOTÊXTIL DO GEODRENO:</b>	
Massa por unidade de área (EN 9864)	150 g/m <sup>2</sup>
Espessura (EN ISO 9863-1)	2mm
Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m
Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80 %
Punção estática (EN ISO12236)	≥ 700 N
Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28mm
Durabilidade: Duração estimada de, no mínimo, 25 anos em terreno com 4 < PH < 9 e temperaturas < 25°C (tempo de exposição máximo de 1 semana após instalação)	

**NOTAS:**

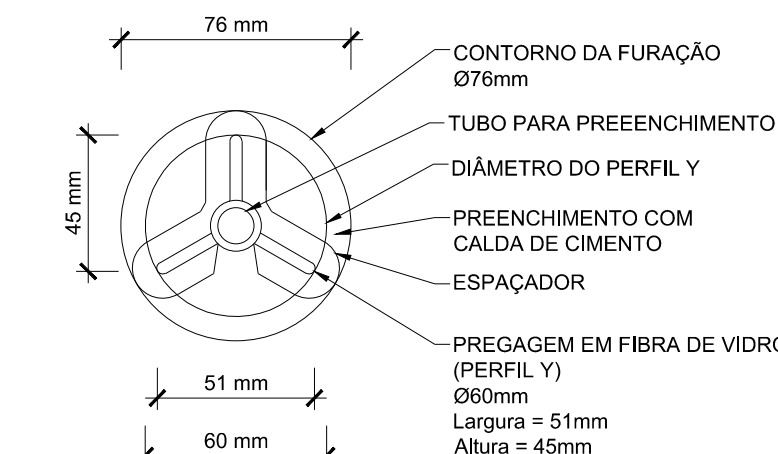
- O ganho de resistência médio do betão projetado em 24 horas deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 10 MPa; em 3 dias deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 24 MPa; em 7 dias deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 30 MPa; em 28 dias deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 37 MPa.
- Caso o material da frente de escavação apresente carácter evolutivo e/ou maciço muito fraturado, deverá proceder-se à proteção da frente com betão projetado.
- Conforme definido, prevê-se a colocação de geodrenos nos hastelões, abóbada e frente de escavação do suporte primário. Função da realidade hidrogeológica efetivamente encontrada durante a obra, poderá existir a necessidade de realizar elementos adicionais.
- Os avanços definidos no projeto serão a confirmar, em função das reais condições geológicas e geotécnicas encontradas durante a obra e também, em função dos resultados obtidos ao nível da monitorização. Caso se justifique a solução definida pode ter que ser ajustada.



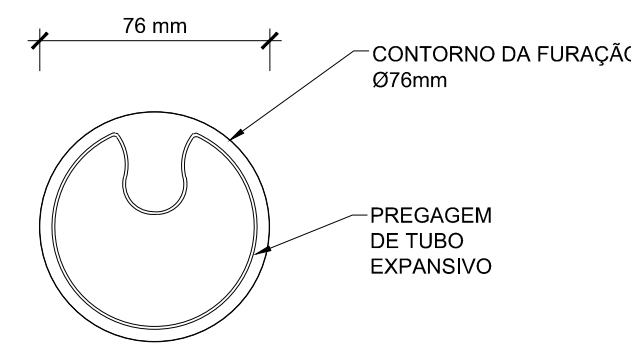
**CORTE 1-1**  
ESC. 1:5



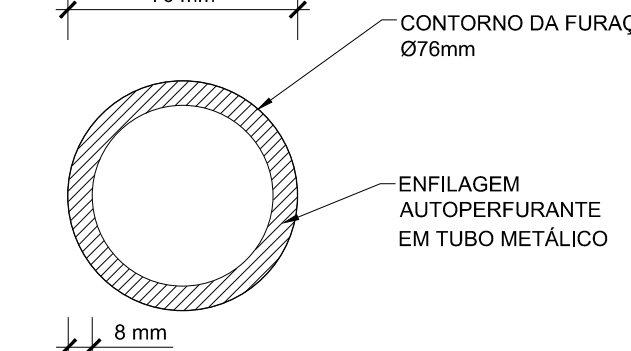
**CORTE 2-2**  
ESC. 1:2,5



**CORTE 3-3**  
ESC. 1:2,5

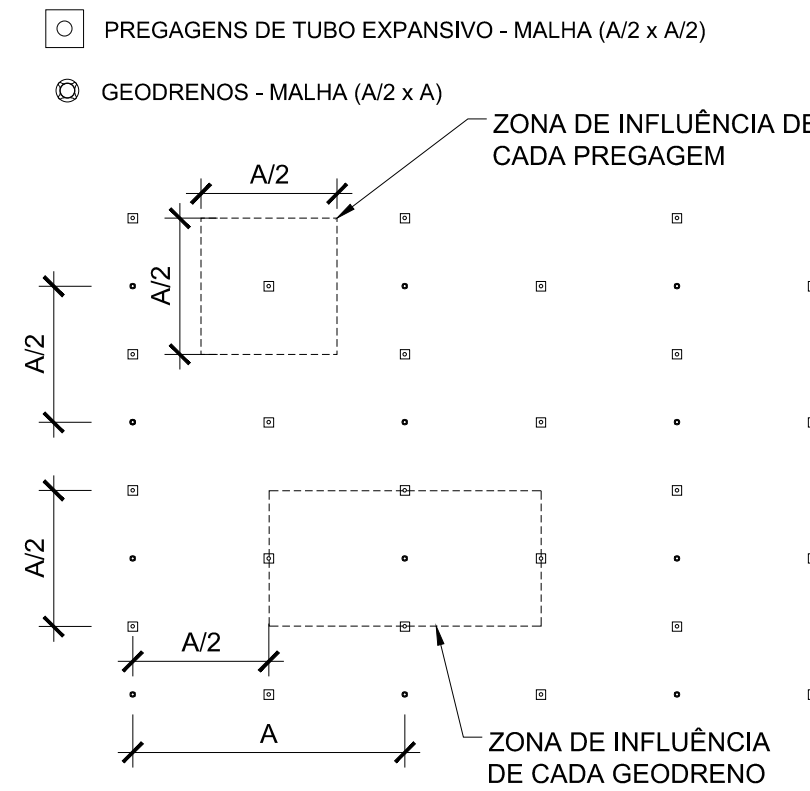


**CORTE 4-4**  
ESC. 1:2,5

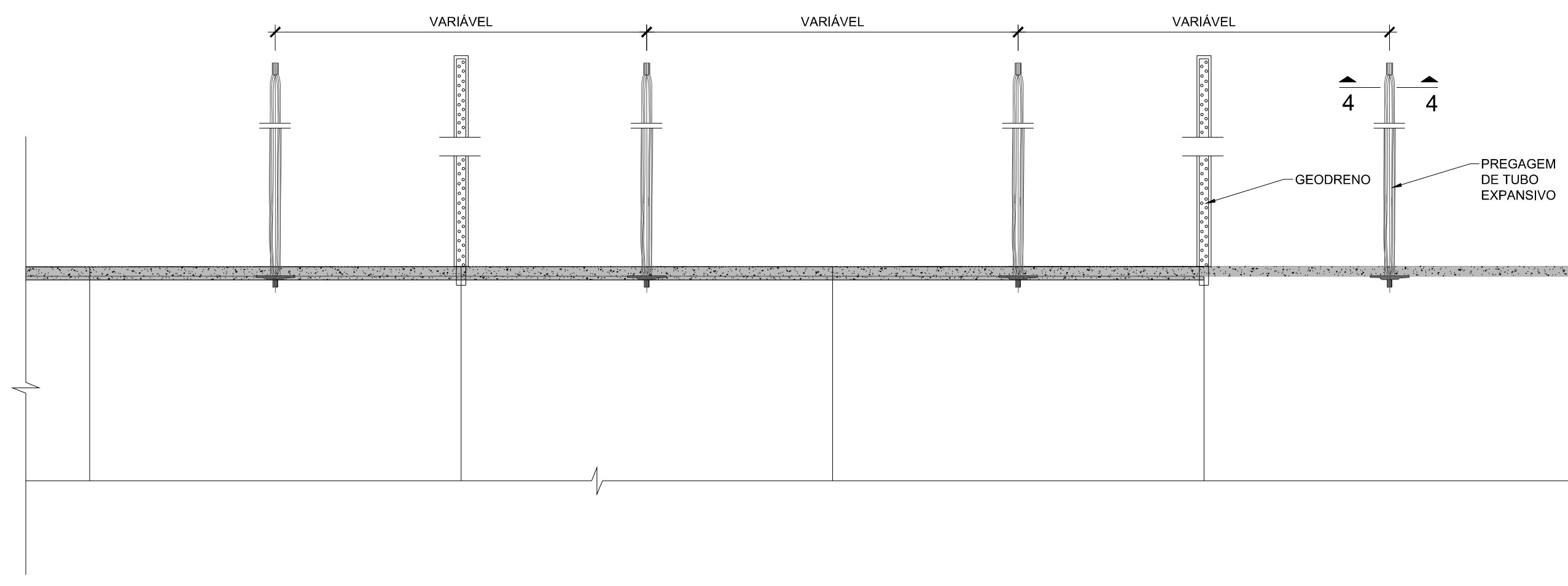


**CORTE 5-5**  
ESC. 1:2,5

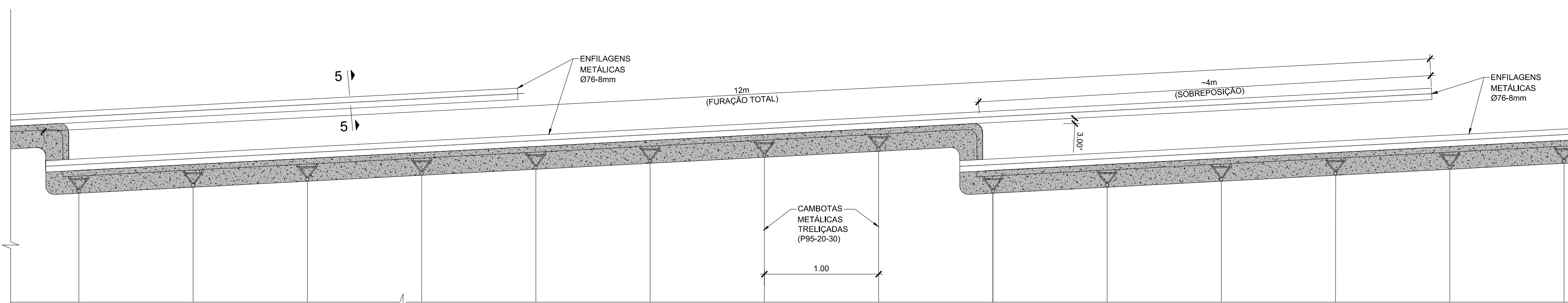
**LEGENDA**



**DISPOSIÇÃO DA MALHA DE PREGAGENS E GEODRENOS**  
ESC. 1:100

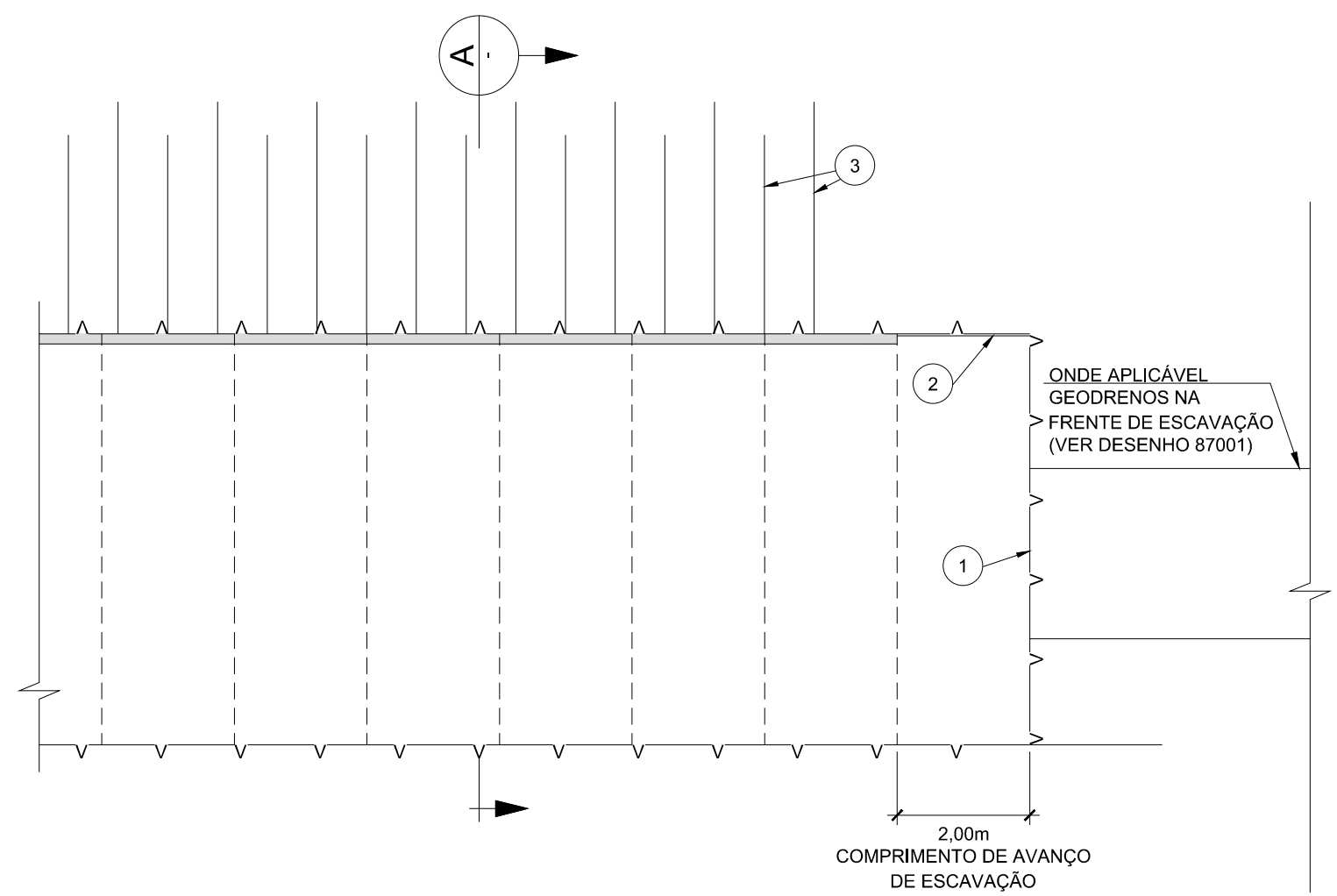


**PORMENOR DE EXECUÇÃO DAS PREGAGENS EXPANSIVAS E GEODRENOS - SECÇÕES TV-B1, TV-B2, TV-C1, TV-B1\* E TV-B2\***  
ESC. 1:100

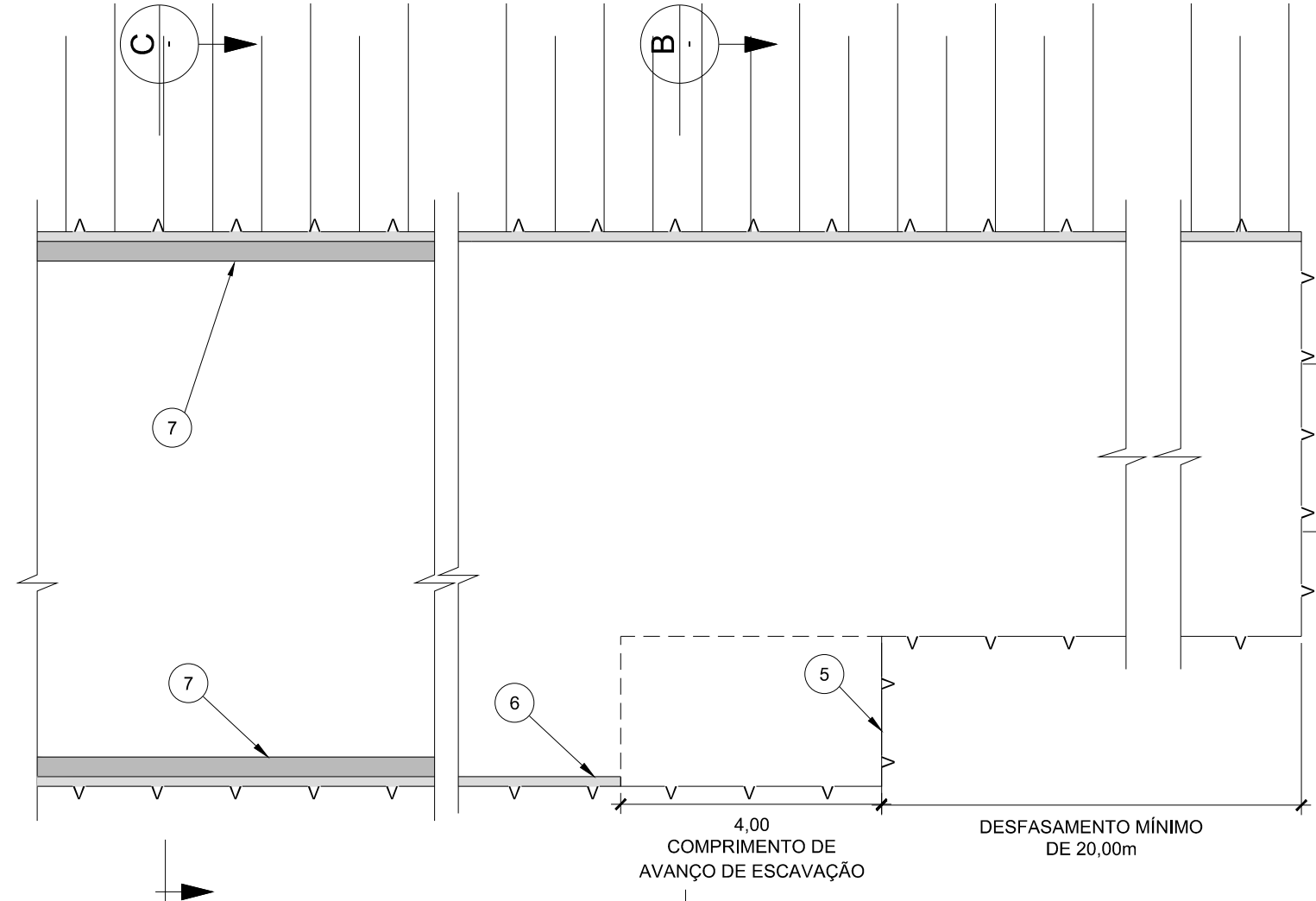


**PORMENOR DE EXECUÇÃO DAS ENFILAGENS - SECÇÃO TV-D**  
ESC. 1:100

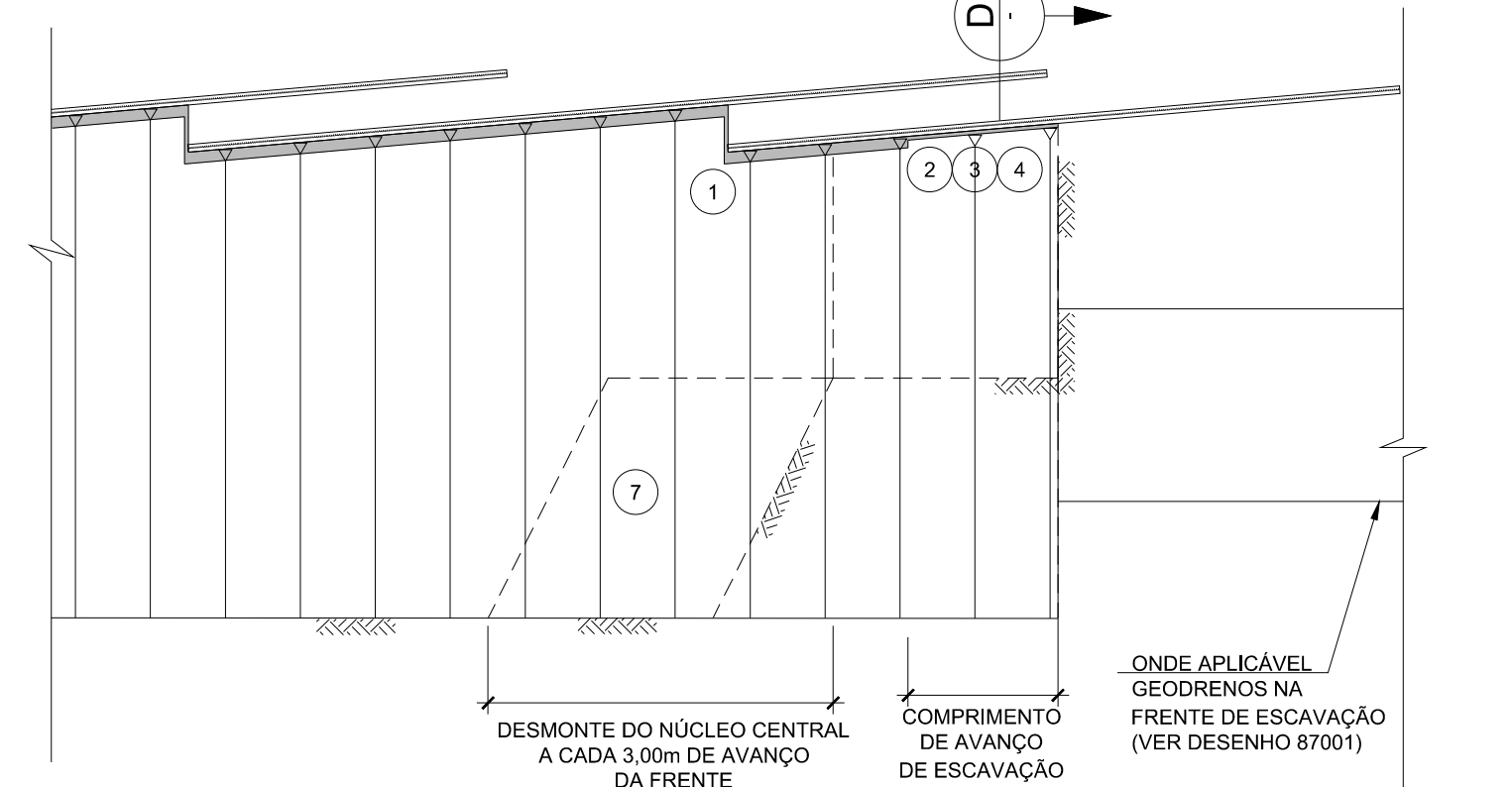
ALTERAÇÕES			
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TAS RVR
		DATA	DES. VERIF.
<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA</b> <b>S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO ESTRUTURAS TROÇOS 81, 82, 83, 84 E 85 TÚNEL SECÇÃO TIPO D, CAMBOTA			
Data:		Escalas:	Des. nº 133657 F. /
Aprov.:		Alter.:	
Verif.:		Substituído:	
Proj.:		Substituído:	
Des.:		Nº SAP:	Versão:
APROV. RP VERIF. RVR PROJ. FAB DES. TNC		MOTACENIL ENGENHARIA COBA JET JLCM Identificação Empresa Proprietária: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECITO Escalas: AS INDICADAS Folha:	
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087004 0		Alter. 0	



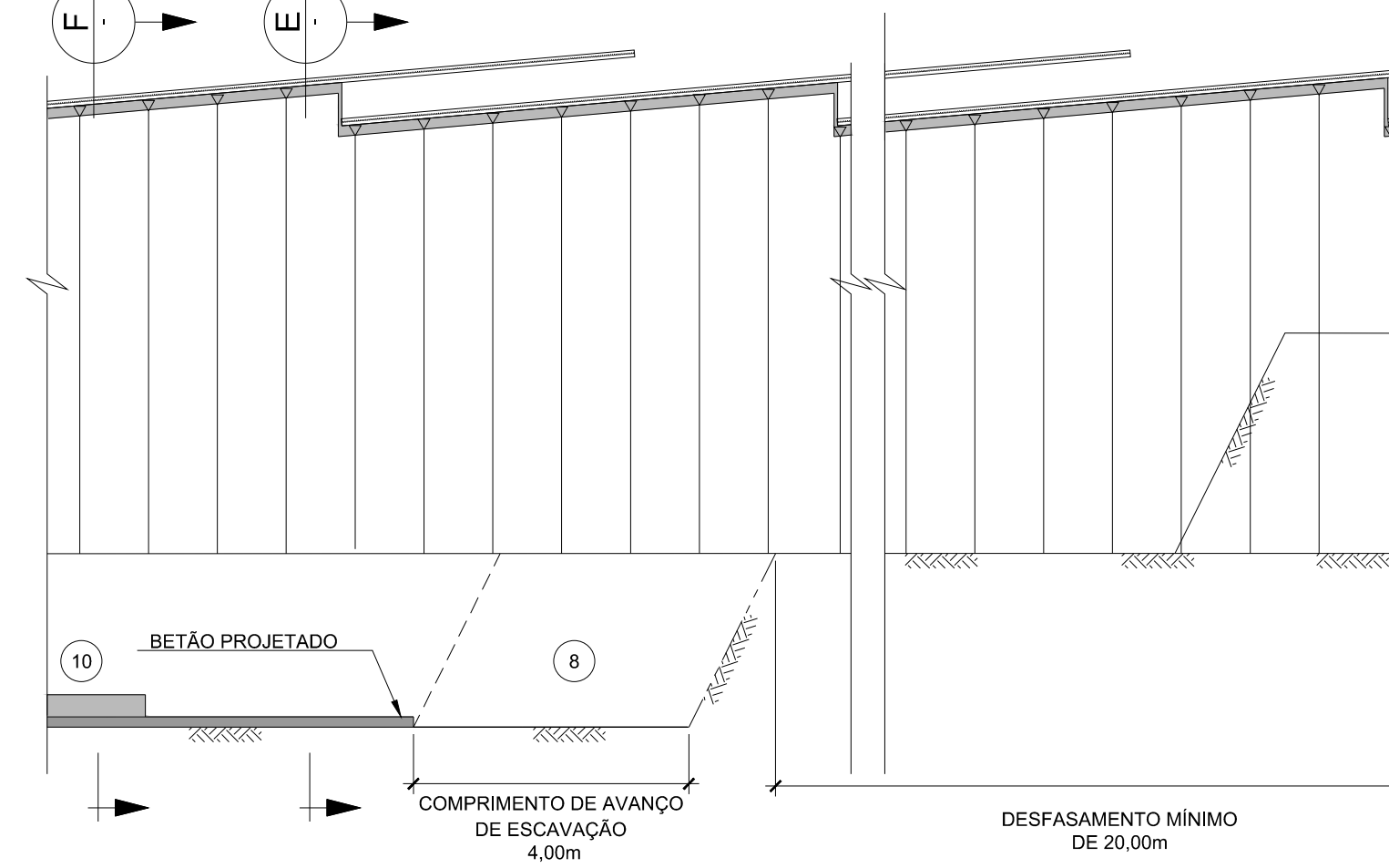
**PERFIL LONGITUDINAL TIPO - SECÇÃO B1 / TV-B1\* / TV-B2 / TV-B2\* / TV-C1**  
ESC. 1:100



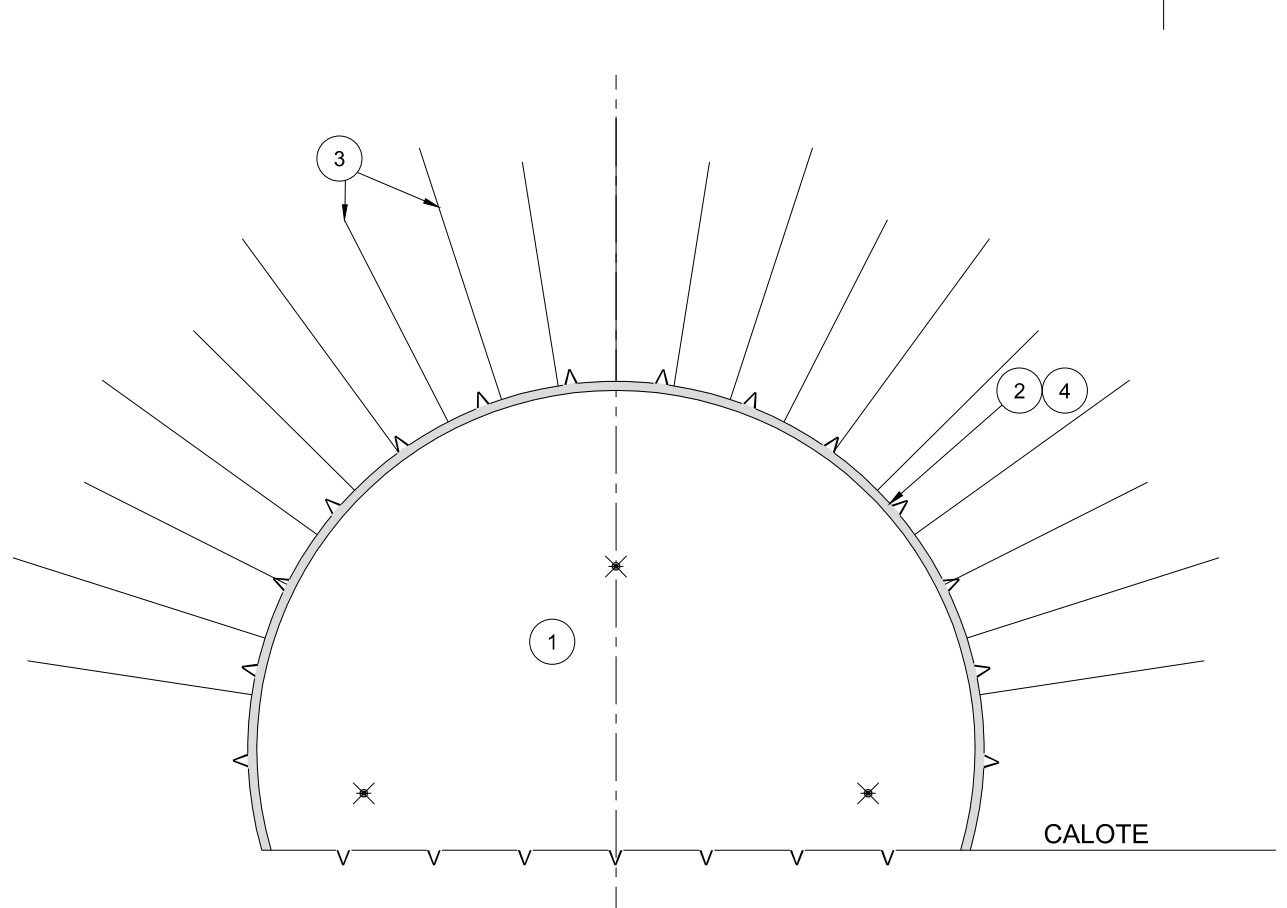
**PERFIL LONGITUDINAL TIPO - SECÇÃO TV-B1 / TV-B1\* / TV-B2 / TV-B2\* / TV-C1**  
ESC. 1:100



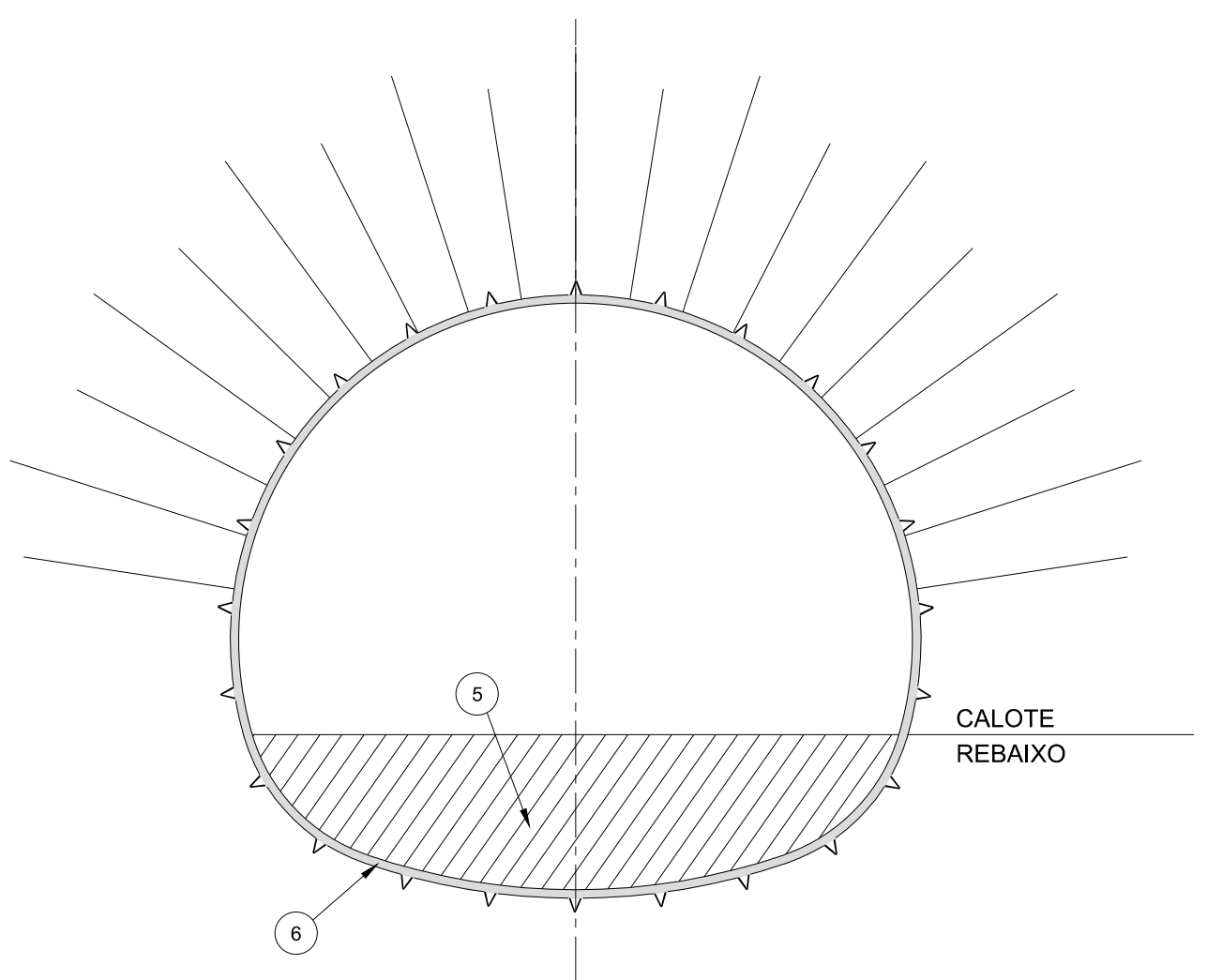
**PERFIL LONGITUDINAL TIPO - SECÇÃO TV-D**  
ESC. 1:100



**PERFIL LONGITUDINAL TIPO - SECÇÃO TV-D**  
ESC. 1:100



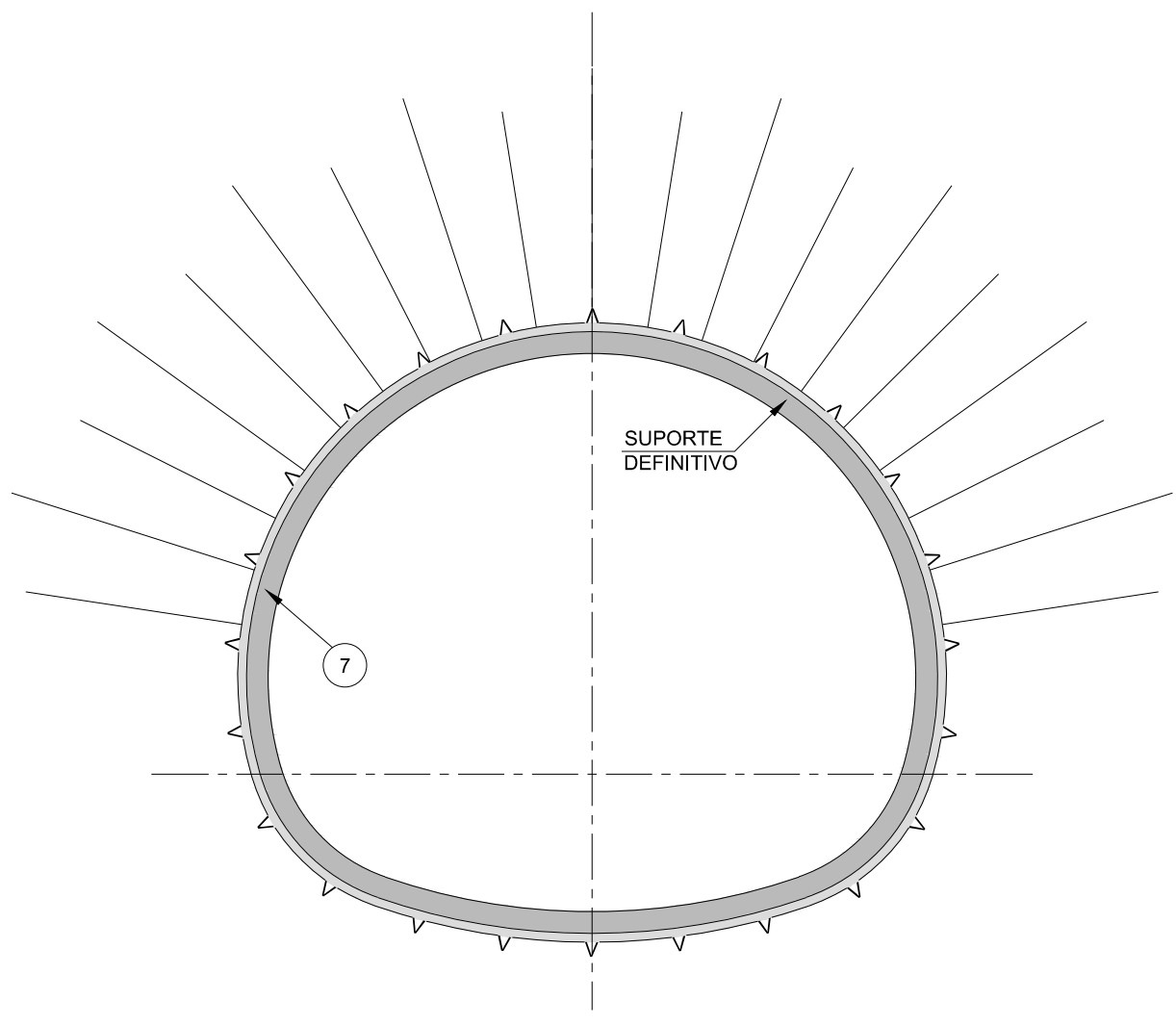
**A SECÇÃO TV-B1 / TV-B1\* / TV-B2 / TV-B2\* / TV-C1**  
ESC. 1:100



**B SECÇÃO TV-B1 / TV-B1\* / TV-B2 / TV-B2\* / TV-C1 1ª FASE**  
ESC. 1:100

**MÉTODO CONSTRUTIVO - SECÇÕES B1, B1\*, B2, B2\* e C1**

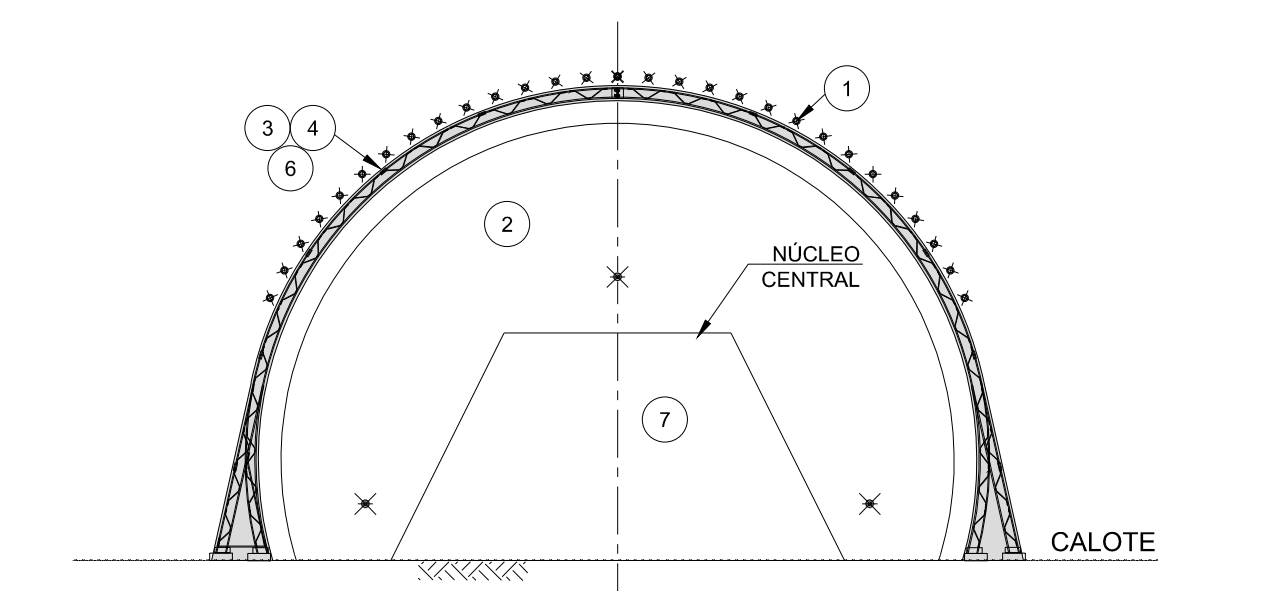
- 1a FASE**
- 1 - ESCAVAÇÃO DA FASE 1 EM AVANÇOS DE 2,00m (AJUSTÁVEL EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS ENCONTRADAS);
  - 2 - EXECUÇÃO DE UMA CAMADA DE 5cm EM BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS IMEDIATAMENTE APÓS A ESCAVAÇÃO PARA MINUIÇÃO DA DESCOMPRESSÃO E REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE
  - 3 - EXECUÇÃO DE PREGAGENS E DOS GEODRENOS (ONDE APLICÁVEL) E INSTALAÇÃO DE PRISMAS DE CONVERGÊNCIA PARA MONITORIZAÇÃO DA DEFORMAÇÃO DO SUPORTE PRIMÁRIO;
  - 4 - APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE 5cm DE BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
- 2a FASE**
- 5 - ESCAVAÇÃO DE AVANÇOS DE 4,00m DA 2ª FASE COM UM DESFASAMENTO MÍNIMO DE 20,00m RELATIVAMENTE À 1ª FASE;
  - 6 - APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE 5cm DE BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
  - 7 - COLOCAÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO E EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO DEFINITIVO.



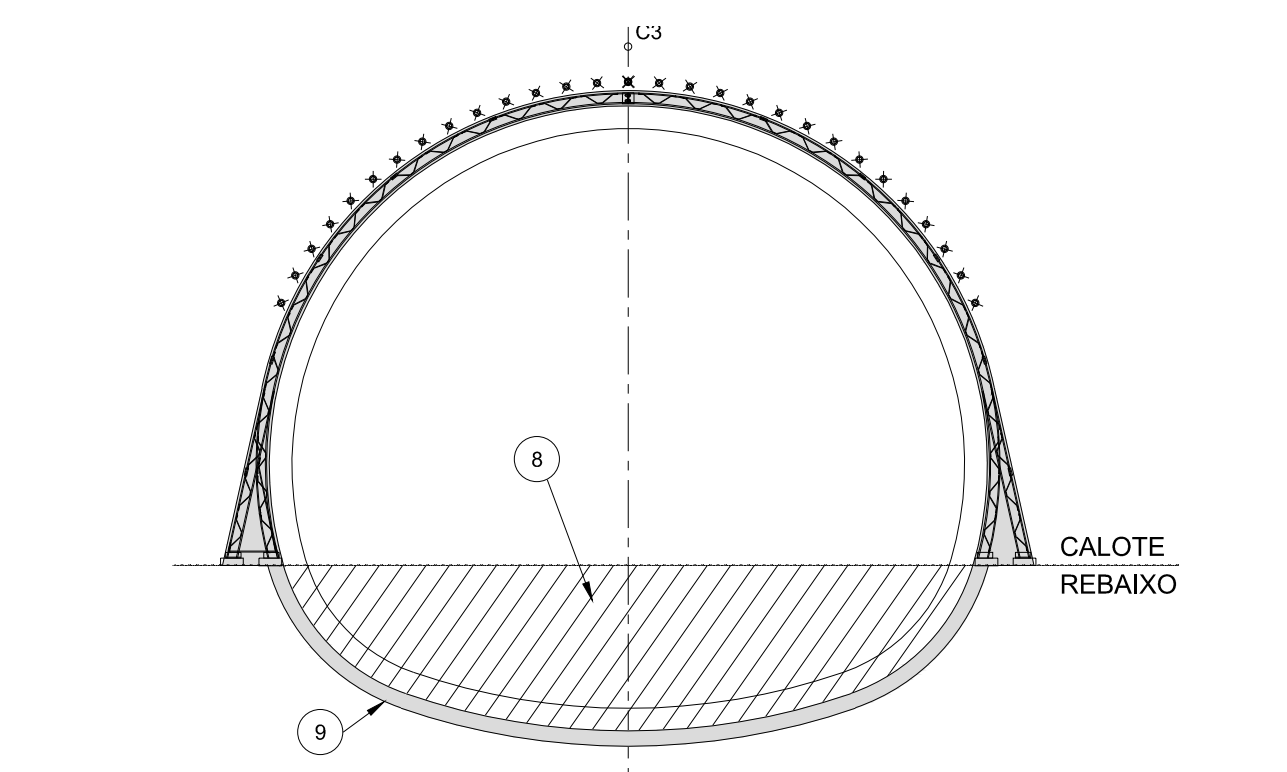
**C SECÇÃO TV-B1 / TV-B1\* / TV-B2 / TV-B2\* / TV-C1 2ª FASE**  
ESC. 1:100

**MÉTODO CONSTRUTIVO - SECÇÃO D**

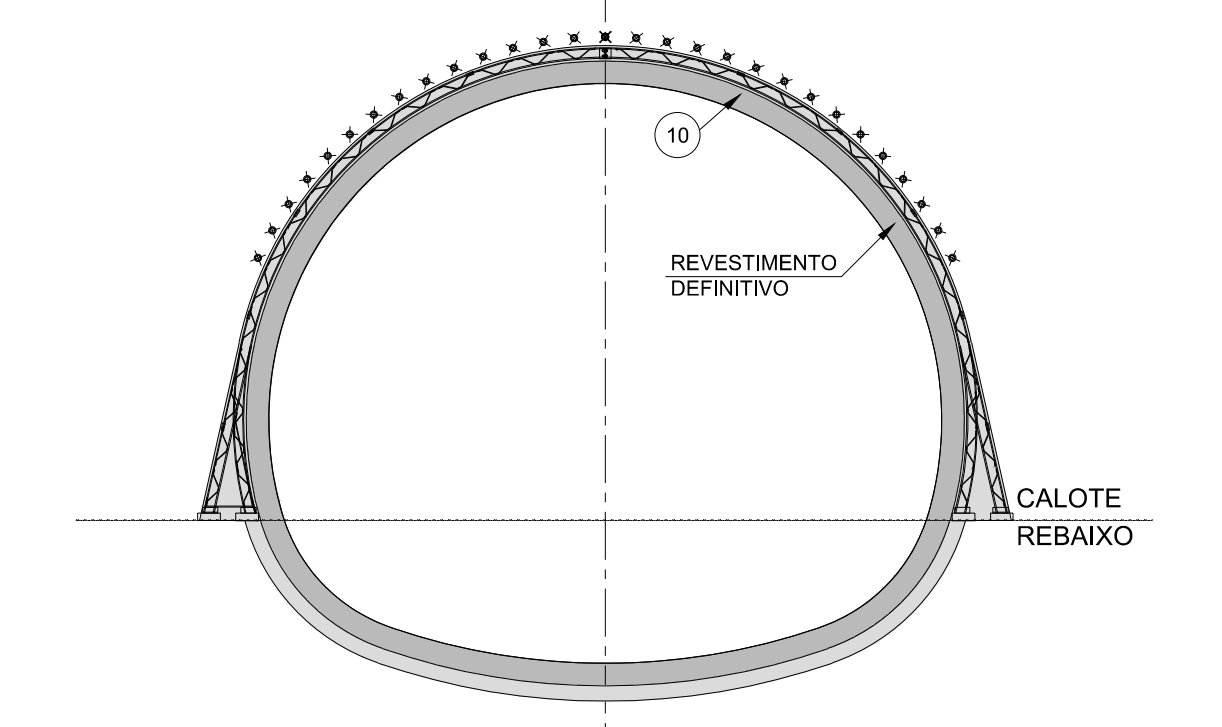
- 1a FASE**
- 1 - EXECUÇÃO DE UM CHAPÉU TRONCOCÔNICO DE ENFILAGENS METÁLICAS;
  - 2 - ESCAVAÇÃO DA 1ª FASE EM AVANÇOS DE 2,00m (AJUSTÁVEL EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS ENCONTRADAS);
  - 3 - EXECUÇÃO DE UMA CAMADA DE 5cm EM BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS IMEDIATAMENTE APÓS A ESCAVAÇÃO PARA MINUIÇÃO DA DESCOMPRESSÃO E REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE
  - 4 - INSTALAÇÃO DE CÂMBOTAS METÁLICAS TRELICADAS A CADA 1,00m;
  - 5 - EXECUÇÃO DE GEODRENOS (ONDE APLICÁVEL) E INSTALAÇÃO DE PRISMAS DE CONVERGÊNCIA PARA MONITORIZAÇÃO DA DEFORMAÇÃO DO SUPORTE PRIMÁRIO;
  - 6 - APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE 5cm DE BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
- 2a FASE**
- 7 - DESMONTA DO NÚCLEO CENTRAL A CADA AVANÇO DE 3,00m;
- 3a FASE**
- 8 - ESCAVAÇÃO DA 3ª FASE EM AVANÇOS DE 4,00m RELATIVAMENTE À 1ª FASE COM UM DESFASAMENTO MÍNIMO DE 20,00m
  - 9 - APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE 5cm DE BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
  - 10 - COLOCAÇÃO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO E EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO DEFINITIVO.



**D SECÇÃO TV-D 1ª E 2ª FASES**  
ESC. 1:100



**E SECÇÃO TV-D 3ª FASE**  
ESC. 1:100



**F SECÇÃO TV-D 3ª FASE**  
ESC. 1:100

**MATERIAIS:**

<b>BETÃO (NP EN 206-1):</b>	
Betão projetado (via húmida)	C30/37 XC4(P) CL 0.4 D <sub>MAX</sub> 10 S5
Regularização/Enchimento	C12/15 XC0(P) CL 1.0 D <sub>MAX</sub> 25 S3
<b>FIBRAS METÁLICAS:</b>	
Resistência à tração	1500 MPa
Comprimento (extremidade em gancho)	< 35mm
Esbelteza, L/D	65
Dosagem mínima de fibras	25 kg/m <sup>3</sup>
Classe de absorção de energia	E700
<b>AÇO:</b>	
Chapas e perfis metálicos	S 355 JR
Cambotas treliçadas	A500 NR
Rede eletrossoldada	A 500 ER
Enfilagens	S 355 JR
Elementos de fixação metálica	CLASSE 8.8
No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no REAE, NP 1515 E NP EN 1993	
<b>PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO</b>	
Carga mínima de cedência	Py = 130 kN
Tipo de aço	S 355 MC
<b>FIBRA DE VIDRO:</b>	
Resistência à tração	≥ 2000 MPa
Carga nominal de rotura	430 kN
<b>CALDA DE CIMENTO:</b>	
f <sub>ck</sub> (7 dias)	EQUIVALENTE A C25/30
Relação A/C	A/C = 0,45
<b>GEODRENOS:</b>	
Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	SN2
<b>GEOTÊXTIL DO GEODRENO:</b>	
Massa por unidade de área (EN 9864)	150 g/m
Espessura (EN ISO 9863-1)	2mm
Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m
Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80 %
Punção estática (EN ISO 12236)	≥ 700 N
Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28mm
Durabilidade: Duração estimada de, no mínimo, 25 anos em terreno com 4 < PH < 9 e temperaturas < 25°C (tempo de exposição máximo de 1 semana após instalação)	

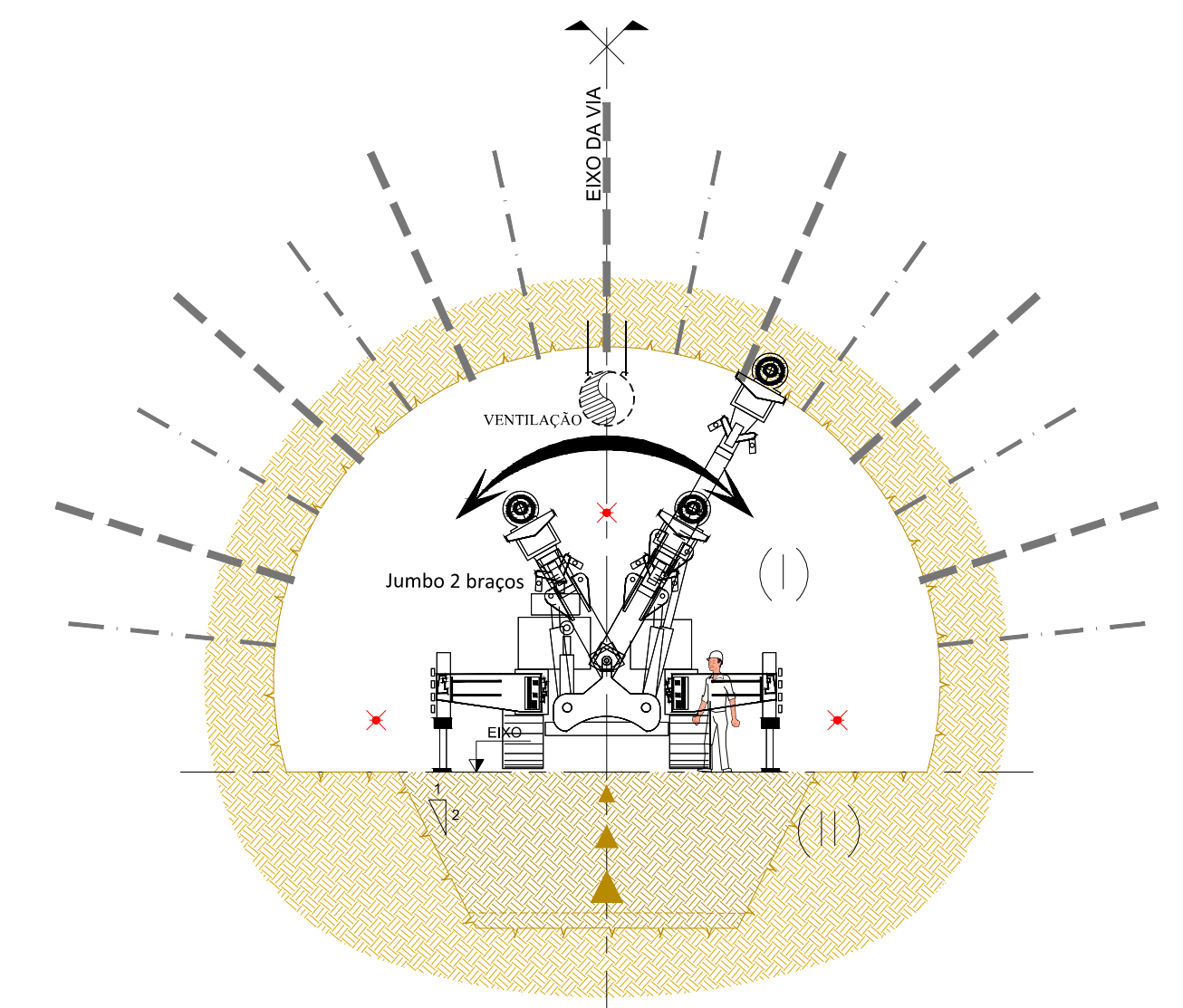
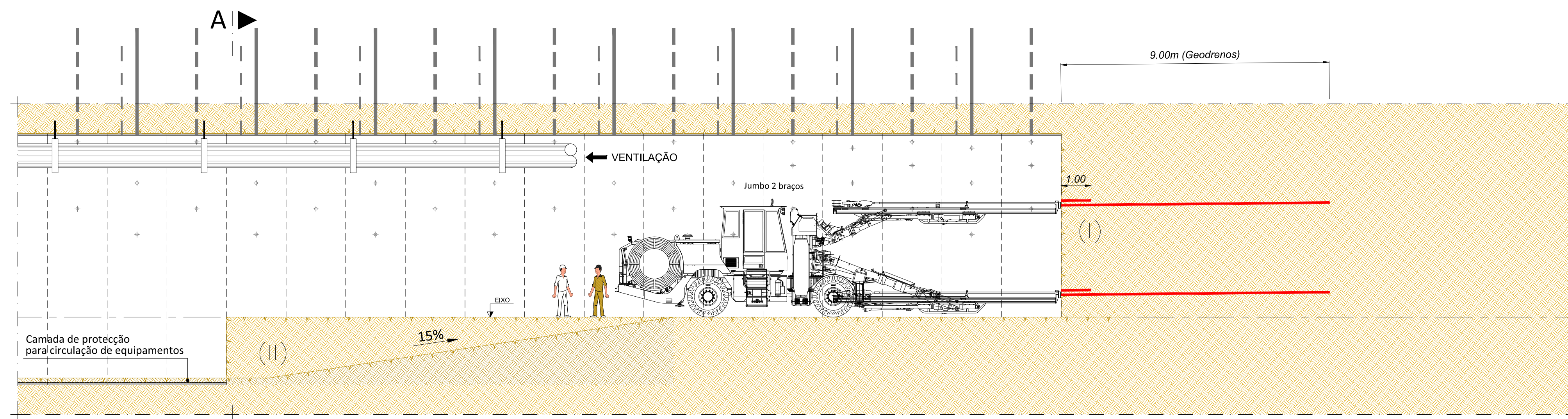
**NOTAS:**

1. O ganho de resistência médio do betão projetado em 24 horas deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 10 MPa; em 3 dias deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 24 MPa; em 7 dias deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 30 MPa; em 28 dias deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 37 MPa.
2. Caso o material da frente de escavação apresente carácter evoluto e/ou maciço muito fraturado, deverá proceder-se à proteção da frente com betão projetado.
3. Conforme definido, prevê-se a colocação de geodrenos nos hasteais, abóbada e frente de escavação do suporte primário. Função da realidade hidrogeológica efetivamente encontrada durante a obra, poderá existir a necessidade de realizar elementos adicionais.
4. Os avanços definidos no projeto serão a confirmar, em função das reais condições geológicas e geotécnicas encontradas durante a obra e também, em função dos resultados obtidos ao nível da monitorização. Caso se justifique a solução definida pode ter que ser ajustada.

ALTERAÇÕES			
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TAS RVR
	DATA	DES.	VERIF.
<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA</b> <b>S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO ESTRUTURAS TROÇOS 81, 82, 83, 84 e 85 TÚNEL SECÇÕES TIPO TV-B, TV-C E TV-D, MÉTODO CONSTRUTIVO		 Escalas: Des. nº 133658 F. / Alter. / Substituído / Nº SAP / Versão / Folha /	
Aprox. RP Verif. RVR Proj. FAB Des. TNC		    Identificação Empresa Proponente: COBA / JET S.J. / J.C.M. / TALPROJECTO Escalas: 1/100 Folha: / Des. nº LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087005 0 Alter. 0	

Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.

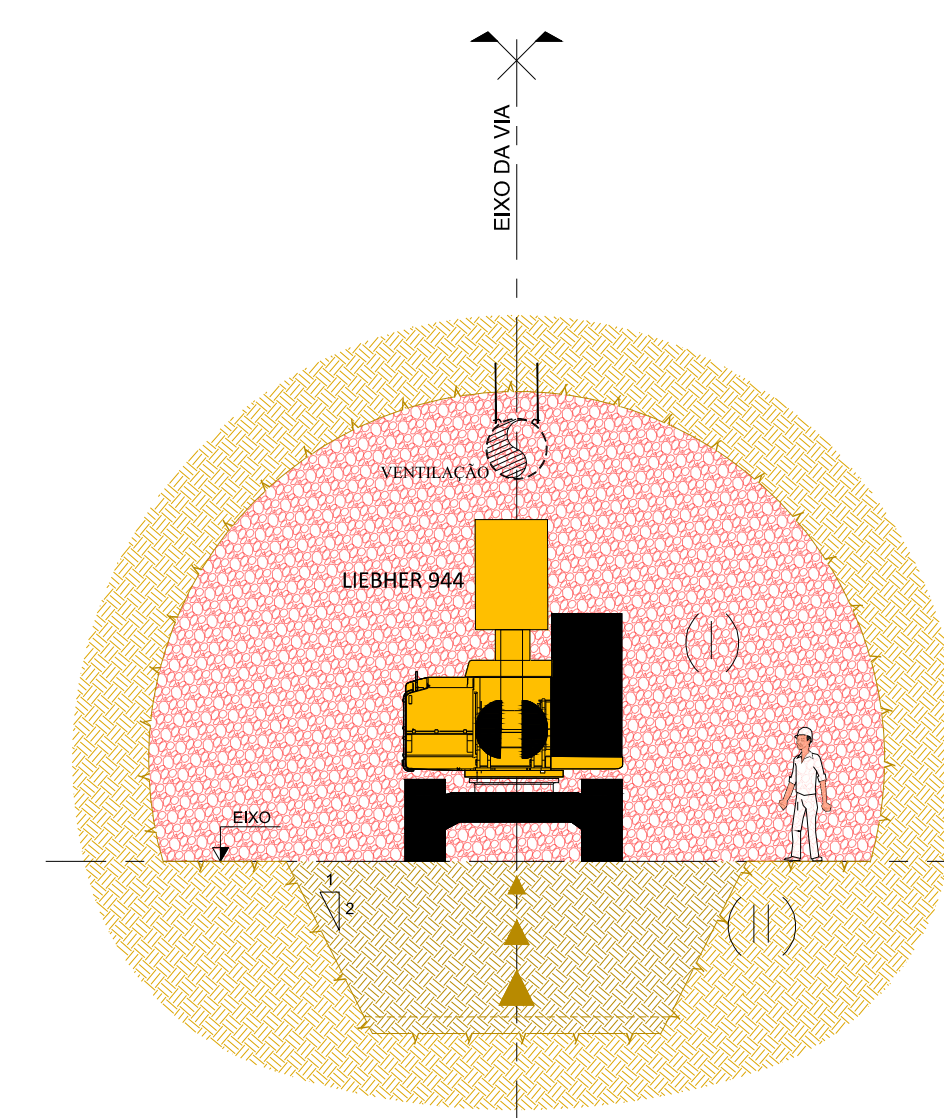
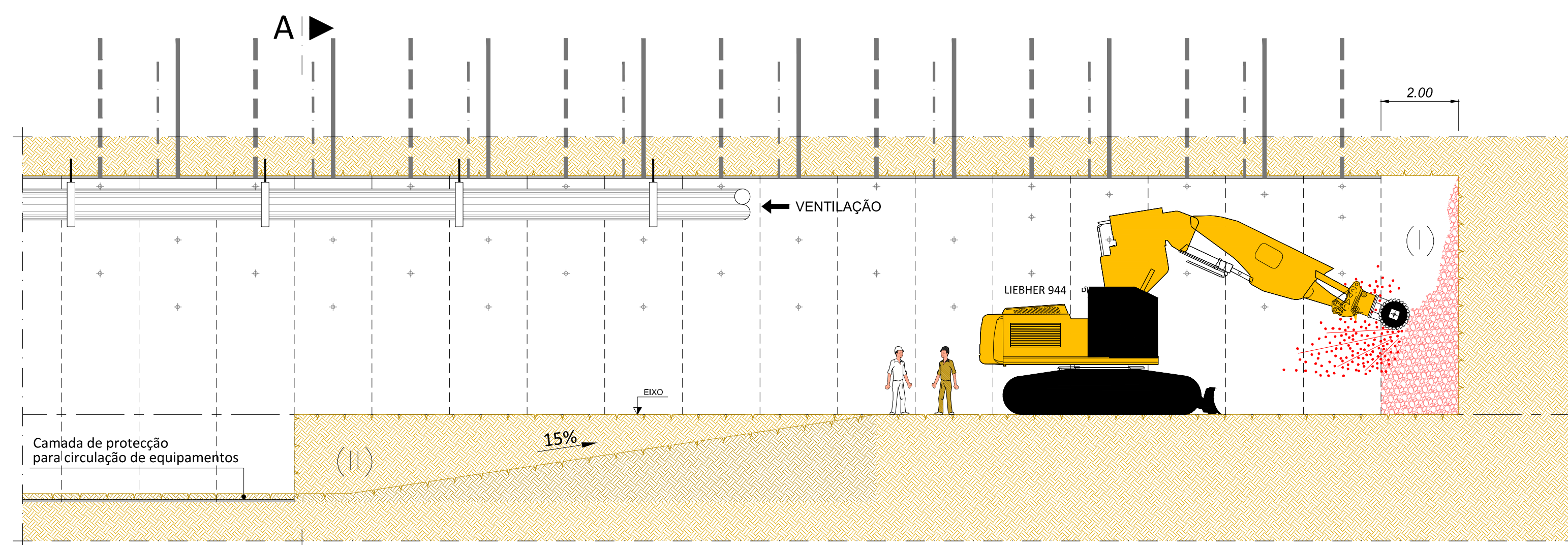
## SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1\*, TV-B2, TV-B2\* e TV-C1



### Fase 1: A ▶

- Execução de 3 geodrenos na frente (nas zonas assinaladas com \*\*\*)  $\varnothing 50\text{mm}$  L=9,00m e furação  $\varnothing 76\text{mm}$  e sobreposição de 1.00m, com jumbo de 2 braços.

## SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1\*, TV-B2, TV-B2\* e TV-C1

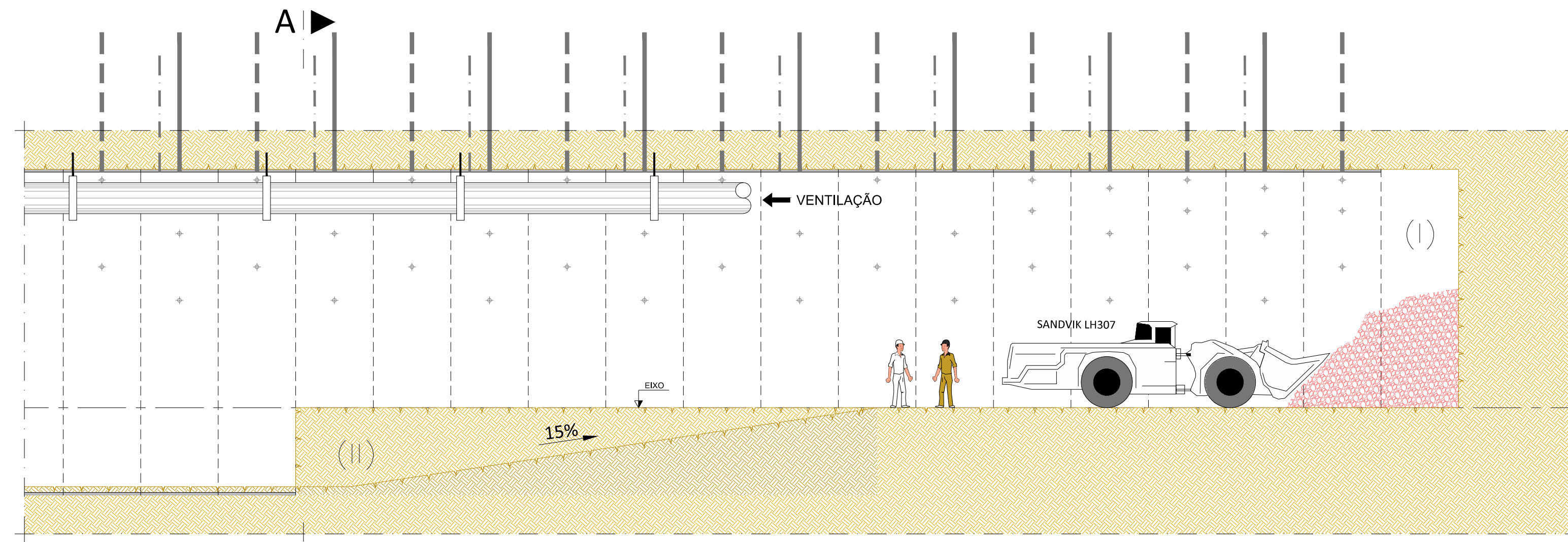


### Fase 2: A ▶

- Escavação de avanço de 2.00m, da abóbada (I), com escavadora do tipo LIEBHERR 944 com cabeça roçadora

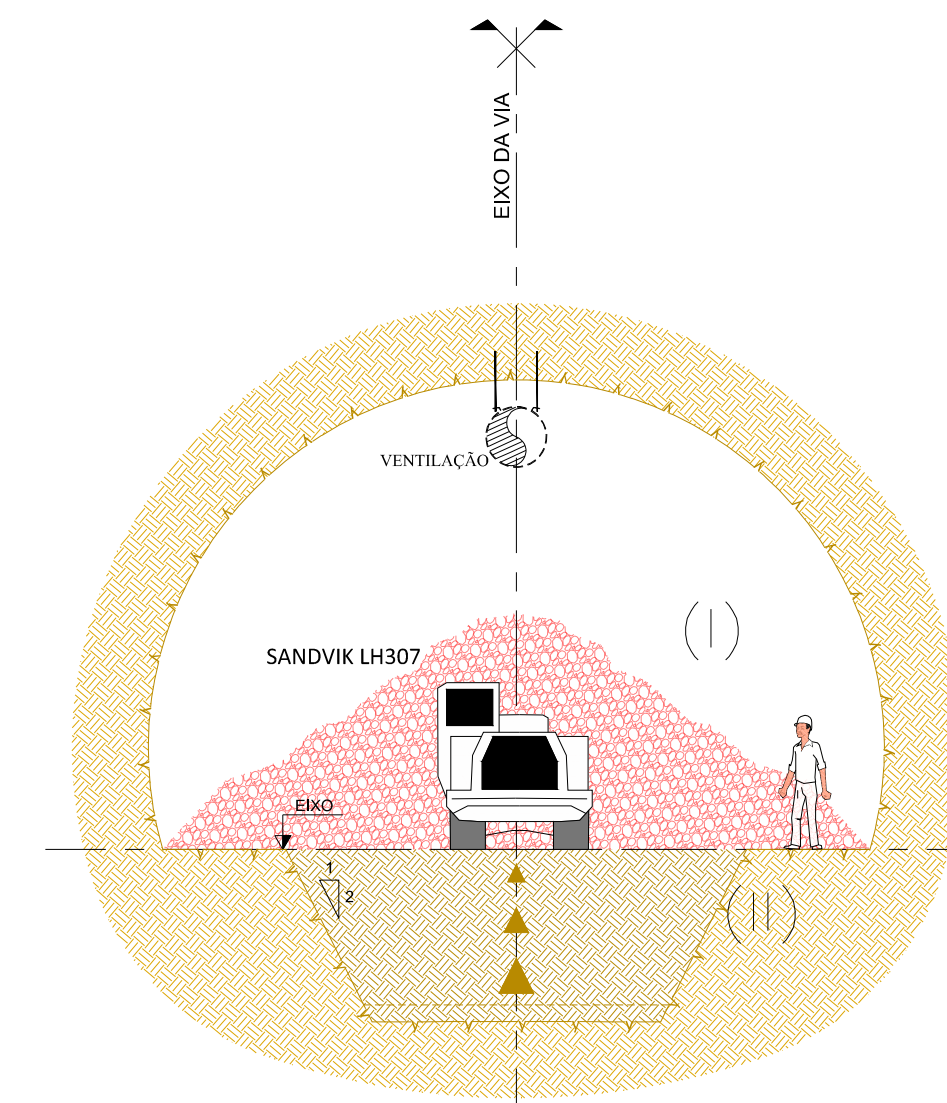
ALTERAÇÕES		DATA		DES.		VERIF.	
0	EMIÇÃO INICIAL	03/10/2024	TNC	RVR			
<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÁNTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO		Des. n.º <b>133659</b>					
Estruturas Metodologia de Execução Seções Tipo: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		Escalas:		Des. n.º: 133659 Alter.: Substituído: Nº SAP: Versão: Folha:			
Aprov. RVP 05/07/2024 Verif. RVR 05/07/2024 Proj. FAB 05/07/2024 Des. TNC 05/07/2024		Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO		Escalas: 1/100 Folha: 1 / 6			
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087900 0		Alter.: 0		16			

### SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1\*, TV-B2, TV-B2\* e TV-C1



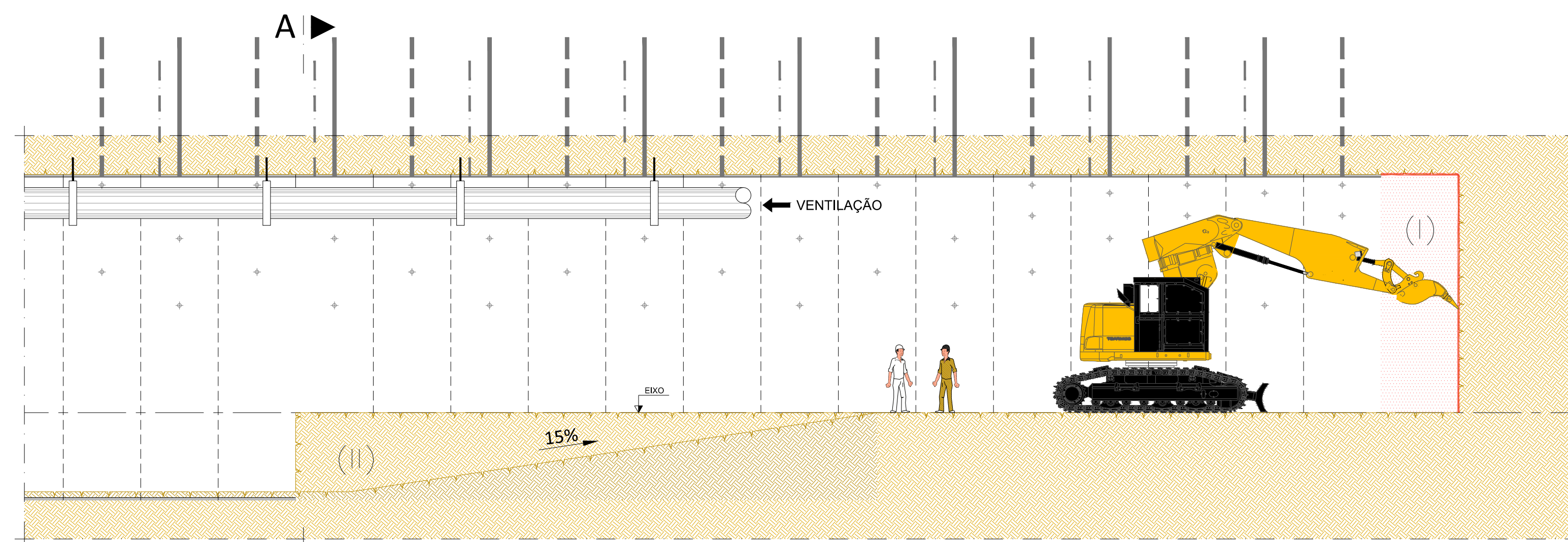
#### Fase 3: A ▶

- Remoção dos escombros com pá mineira do tipo SANDVIK LH307.



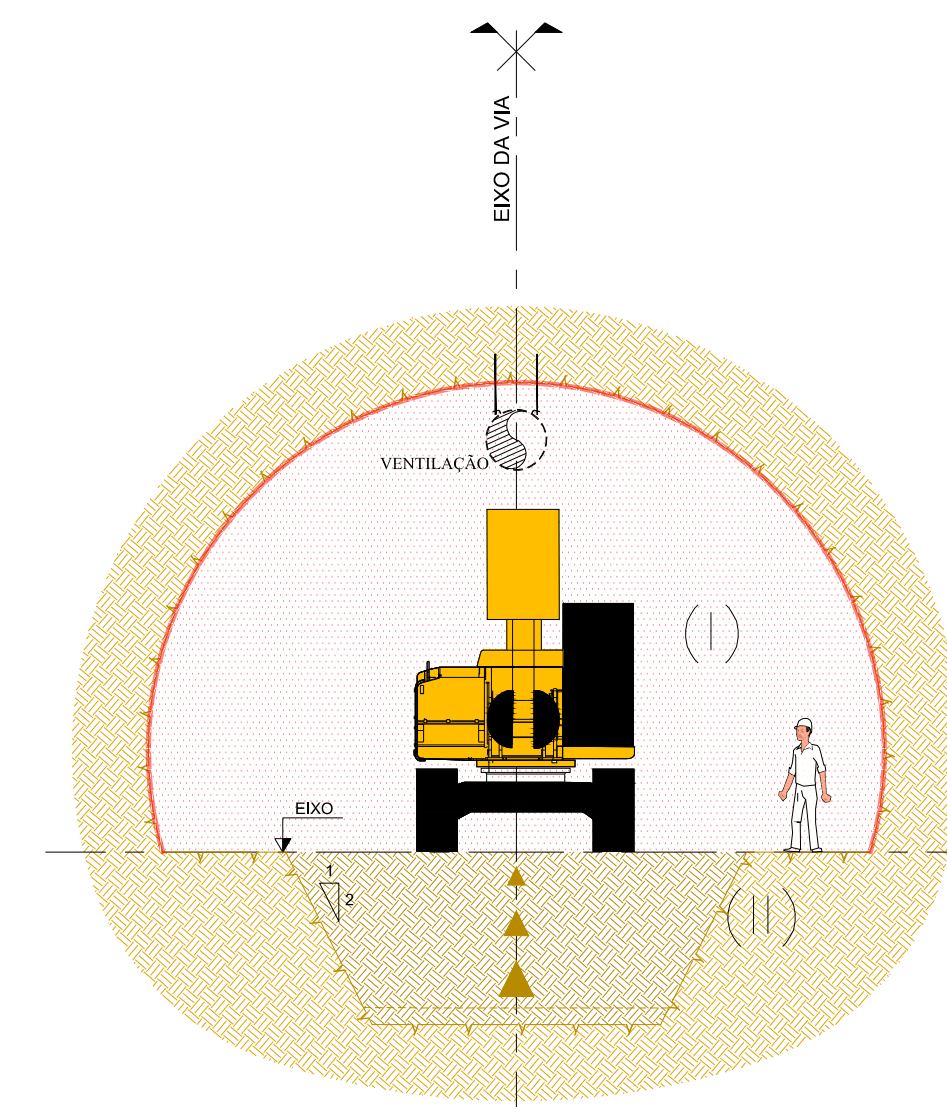
Corte A  
(Escala: 1/100)

### SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1\*, TV-B2, TV-B2\* e TV-C1



#### Fase 4: A ▶

- Saneamento do terreno.



Corte A  
(Escala: 1/100)

ALTERAÇÕES		DATA		DES.		VERIF.	
0	EMIÇÃO INICIAL	03/10/2024	TNC	RVR			

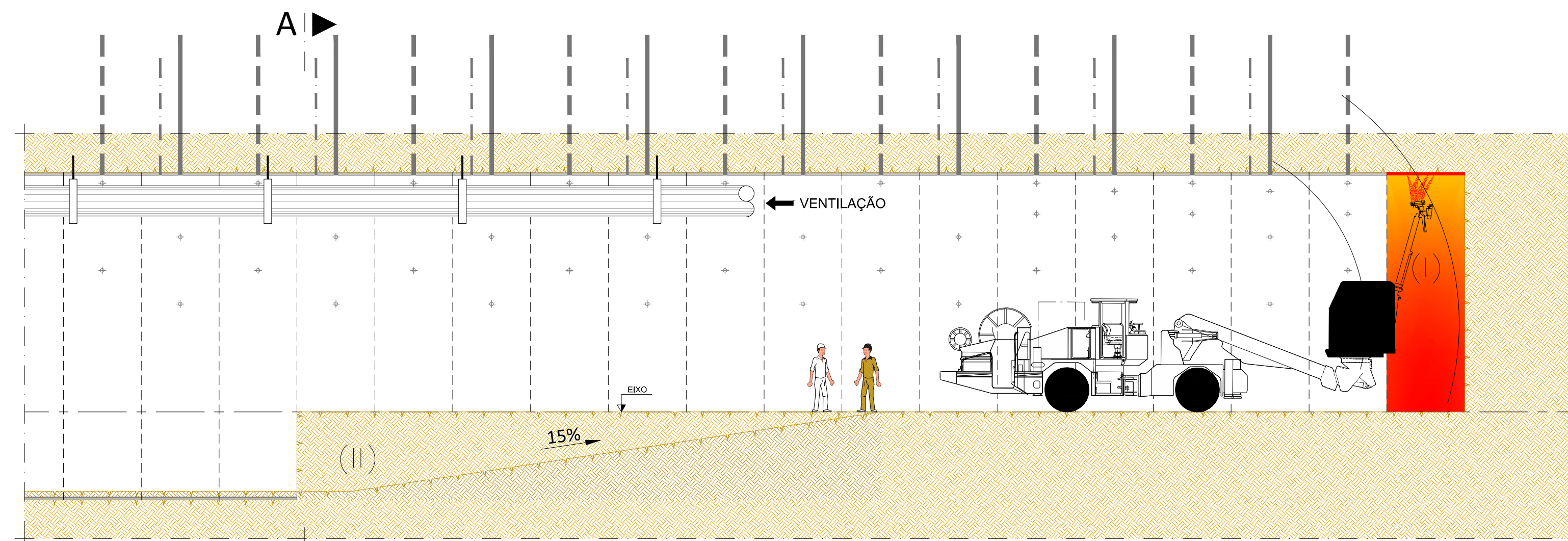
  

Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara PROJETO DE EXECUÇÃO		
ESTRUTURAS TÚNEL DE VIA METODOLOGIA DE EXECUÇÃO SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		
Data: Aprov. Verif. Proj. Des.	Escalas: Des. n.º 133660 Alter. Substituído Nº SAP Versão Folha	   
Aprov. RVP 05/07/2024 Verif. RVR 05/07/2024 Proj. FAB 05/07/2024 Des. TNC 05/07/2024	Escalas: 1/100 Folha: 2 / 6	Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLGM / TALPROJECTO Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087901 0

Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara do Metropolitano de Lisboa. E.P.E.

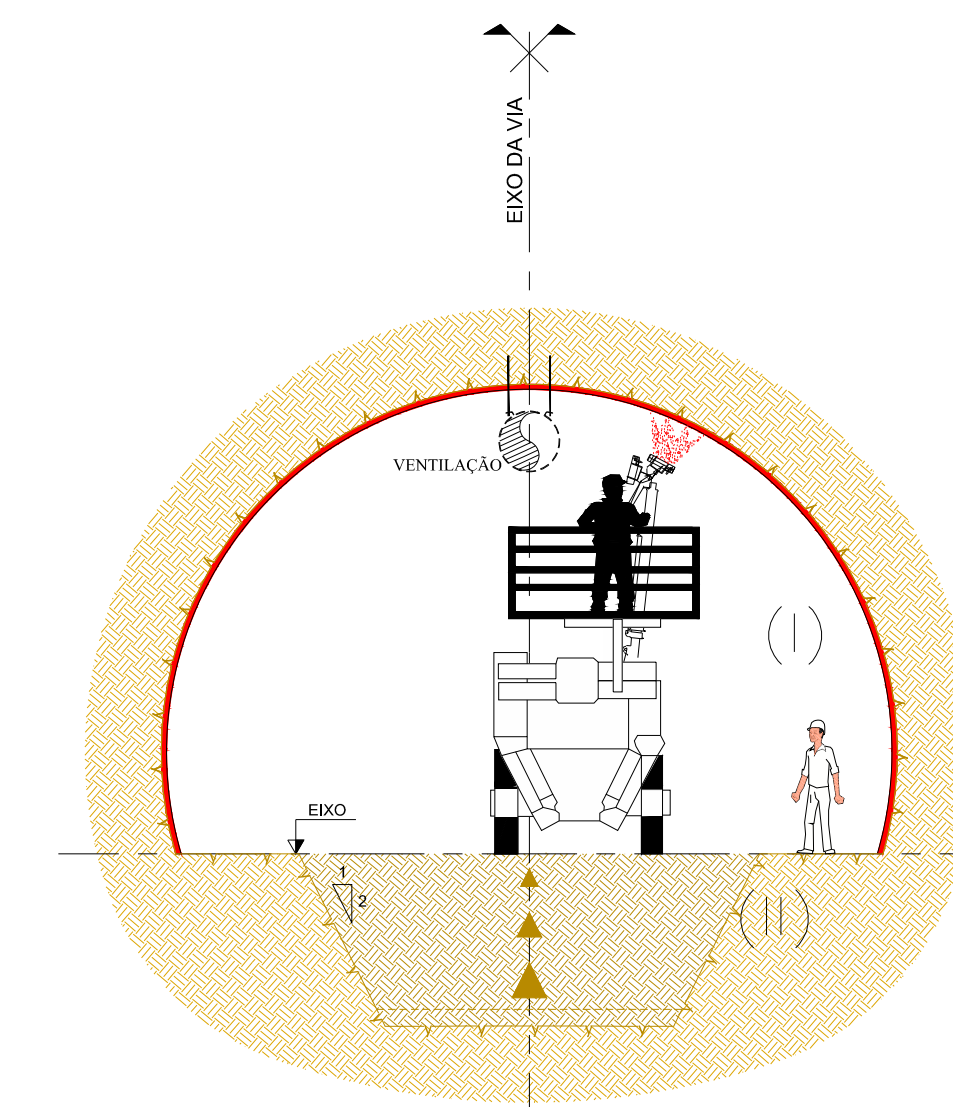


## SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1\*, TV-B2, TV-B2\* e TV-C1



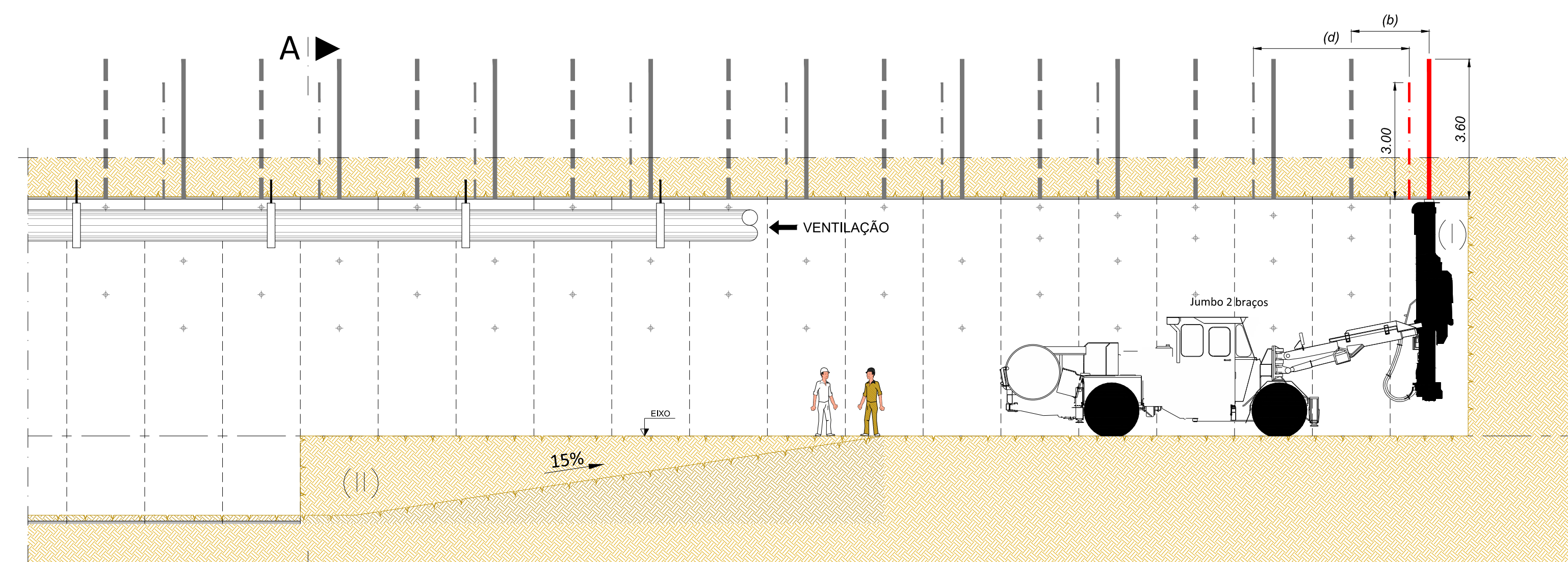
### Fase 5: A ▶

- Aplicação de camada de regularização de betão projetado com fibras metálicas, na abóbada, com robot de projecção.



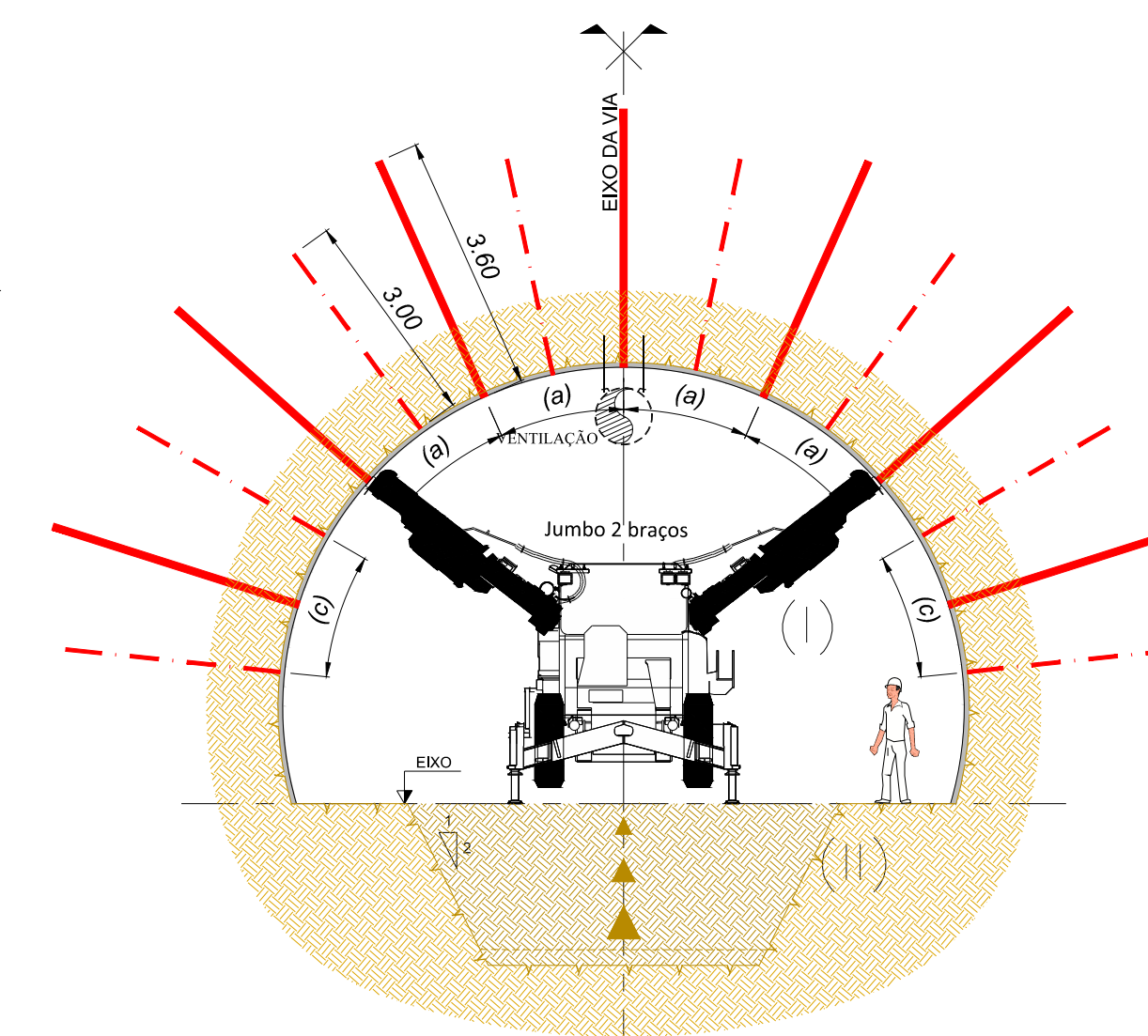
Corte A  
(Escala: 1/100)

## SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1\*, TV-B2, TV-B2\* e TV-C1



### Fase 6: A ▶

- Instalação de pregagens de tubo expansivo L=3,60m, com jumbo de 2 braços.
  - Secção TV-B1: = Dispostas em malha 2.00m(a) x 2.00m(b) em quincôncio
  - Secção TV-B2: = Dispostas em malha 1.80m(a) x 1.80m(b) em quincôncio
  - Secção TV-C1: = Dispostas em malha 1.50m(a) x 1.50m(b) em quincôncio
- Execução de geodrenos (nas zonas assinaladas com \*\*) quando aplicável. Ø50mm L=3,00m furação Ø76mm, com jumbo de 2 braços.
  - Secção TV-B1: = Dispostas em malha 2.00m(c) x 4.00m(d)
  - Secção TV-B2: = Dispostas em malha 1.80m(c) x 3.60m(d)
  - Secção TV-C1: = Dispostas em malha 1.50m(c) x 3.00m(d)



Corte A  
(Escala: 1/100)

ALTERAÇÕES		DATA		DES.		VERIF.	
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TNC	RVR			

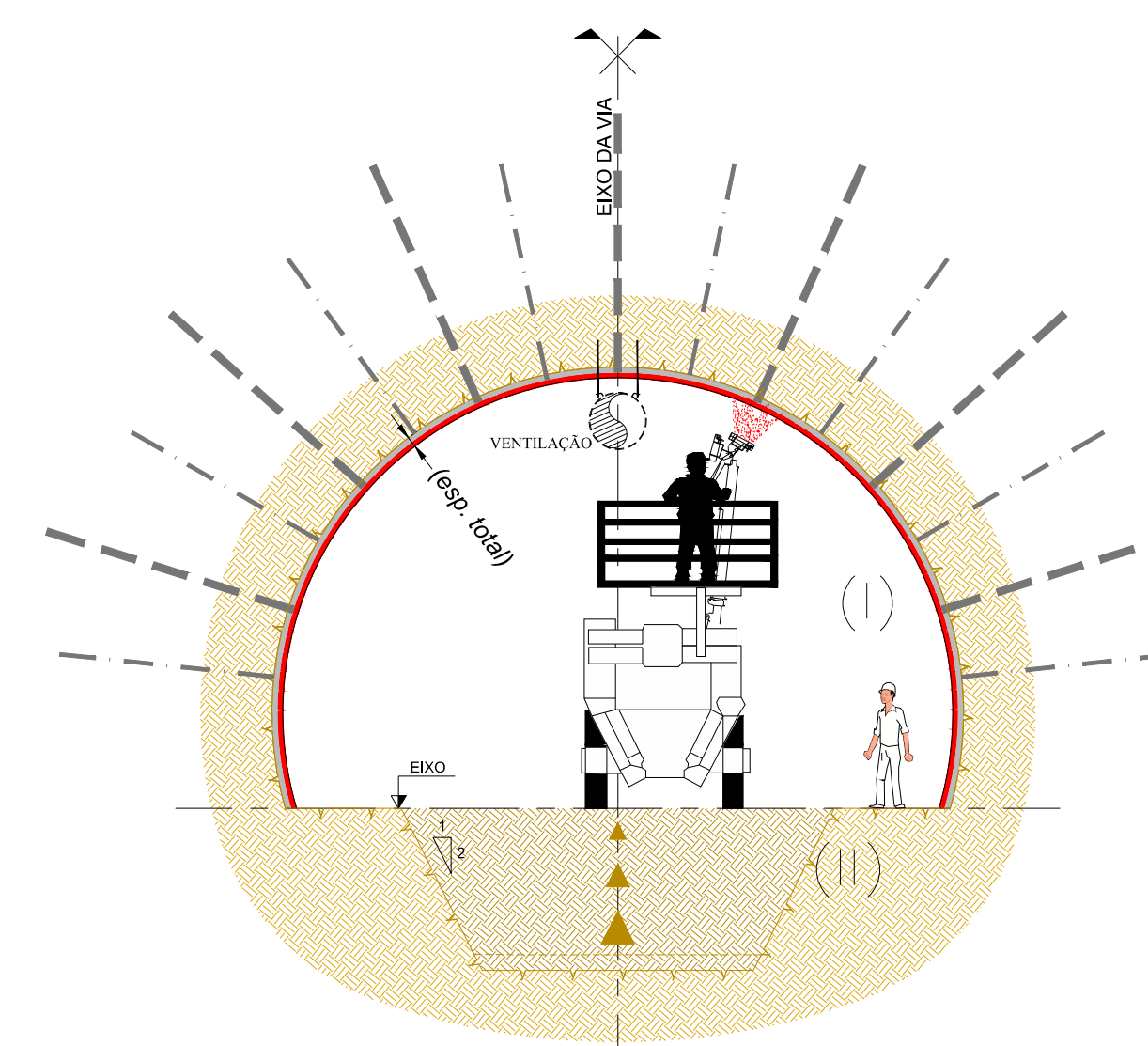
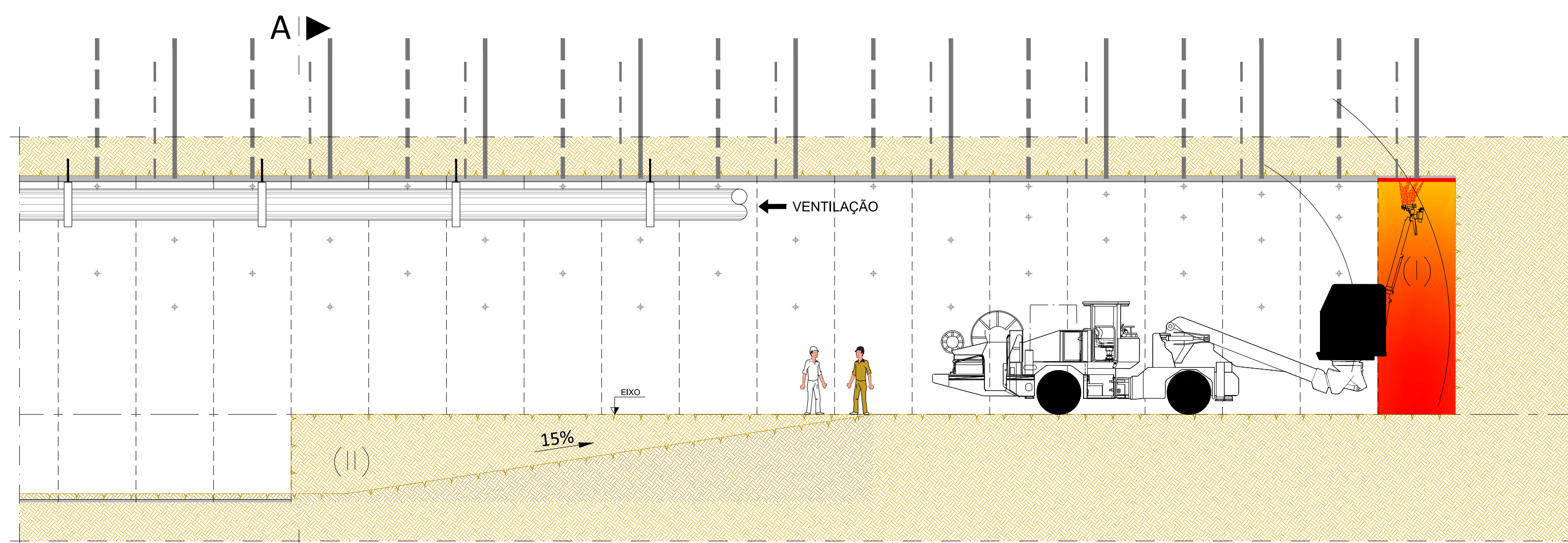
  

Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara			
PROJETO DE EXECUÇÃO			
ESTRUTURAS		Escalas: Des. n.º 133661 F. /	
TÚNEL DE VIA		Alter.:	
METODOLOGIA DE EXECUÇÃO		Substituído	
SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		N.º SAP	
		Versão	
		Folha	

Aprov. RVP 05/07/2024			
Verif. RVR 05/07/2024			
Proj. FAB 05/07/2024			
Des. TNC 05/07/2024			
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087902 0		Identificação Empresa Projeção: COBA / JET S.J. / JLCM / TALPROJECTO	
		Escalas: 1/100	
		Folha: 3 / 6	
		Alter.: 0	

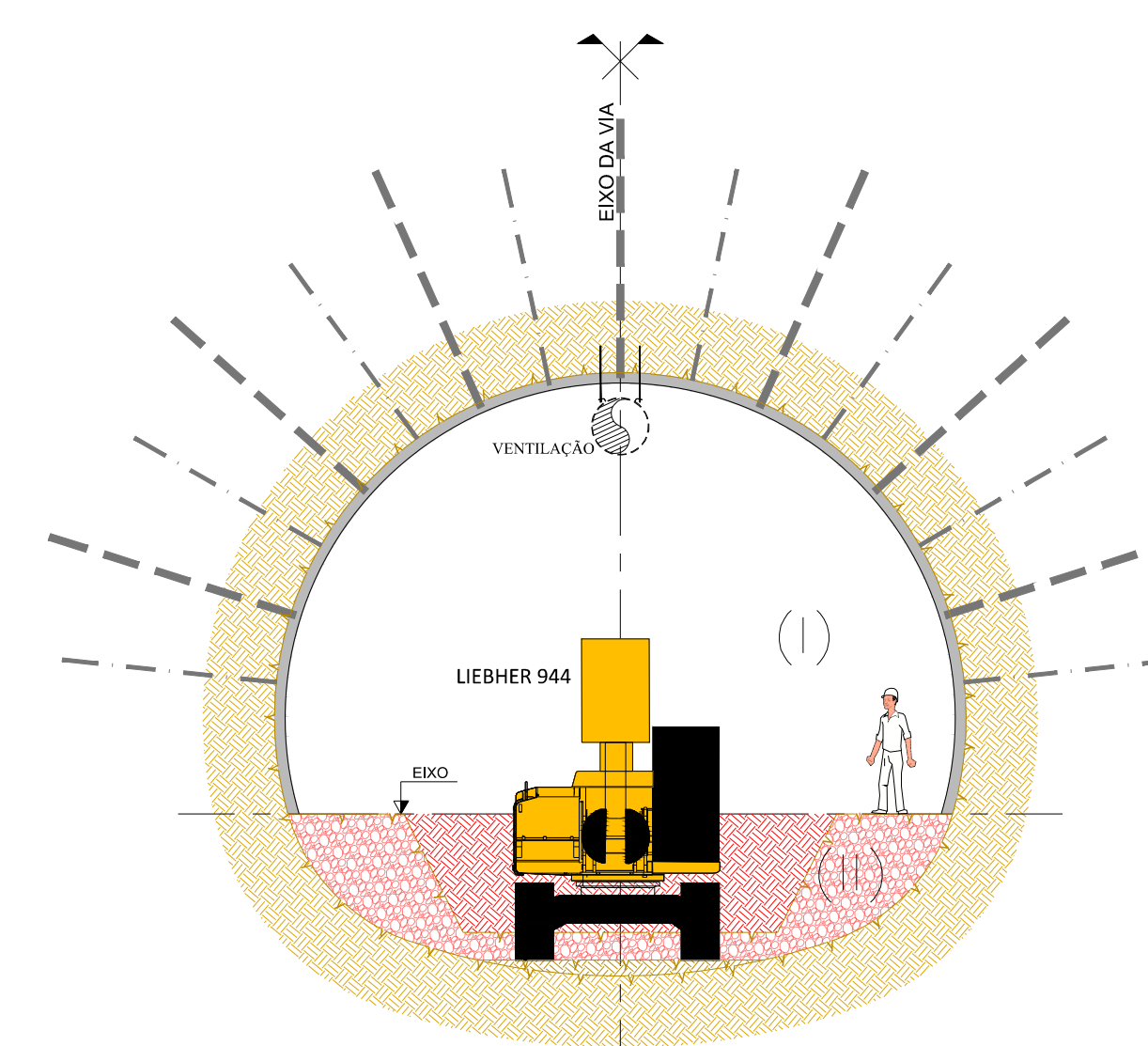
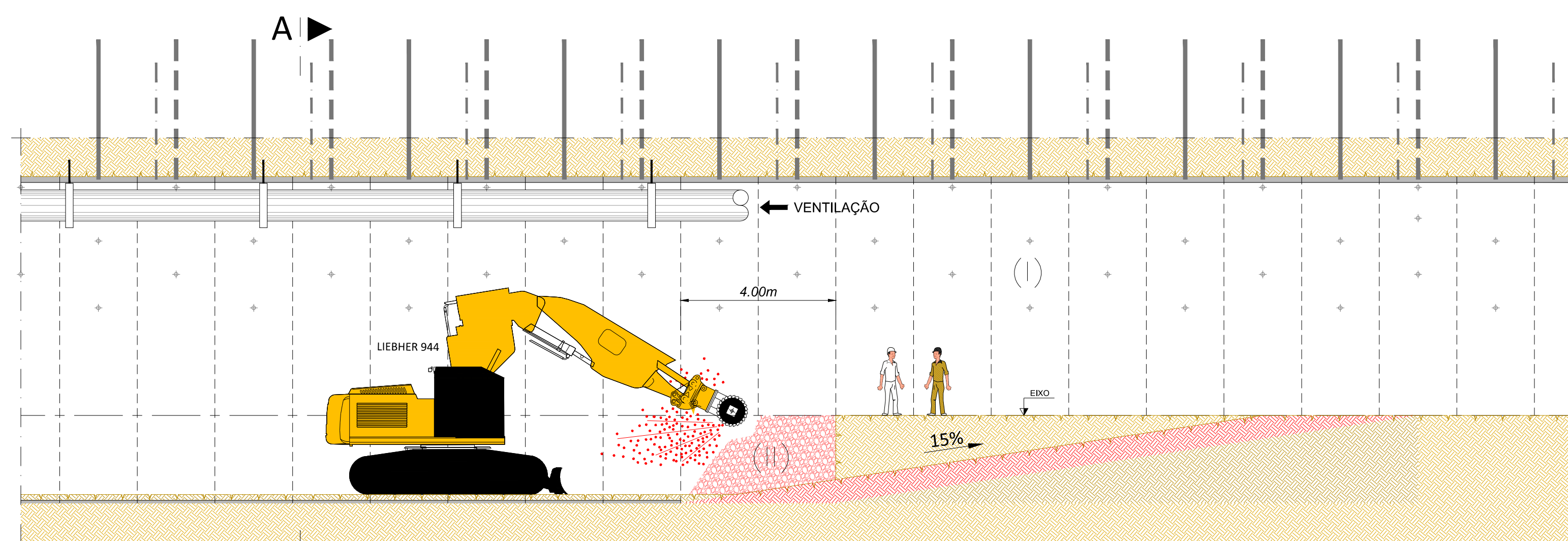
## SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1\*, TV-B2, TV-B2\* e TV-C1



### Fase 7: A ▶

- Aplicação sucessiva de camadas de betão projetado com fibras metálicas, na abóbada, até atingir a espessura total de projeto.
  - Secção TV-B1: (esp. total) = 7cm
  - Secção TV-B2: (esp. total) = 12cm
  - Secção TV-C1: (esp. total) = 15cm

## SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1\*, TV-B2, TV-B2\* e TV-C1



### Fase 8: A ▶

- Escavação da soleira (II), com avanço de 4.00m e reposicionamento da rampa de acesso provisório, com escavadora do tipo Liebherr 944, com cabeça roçadora.

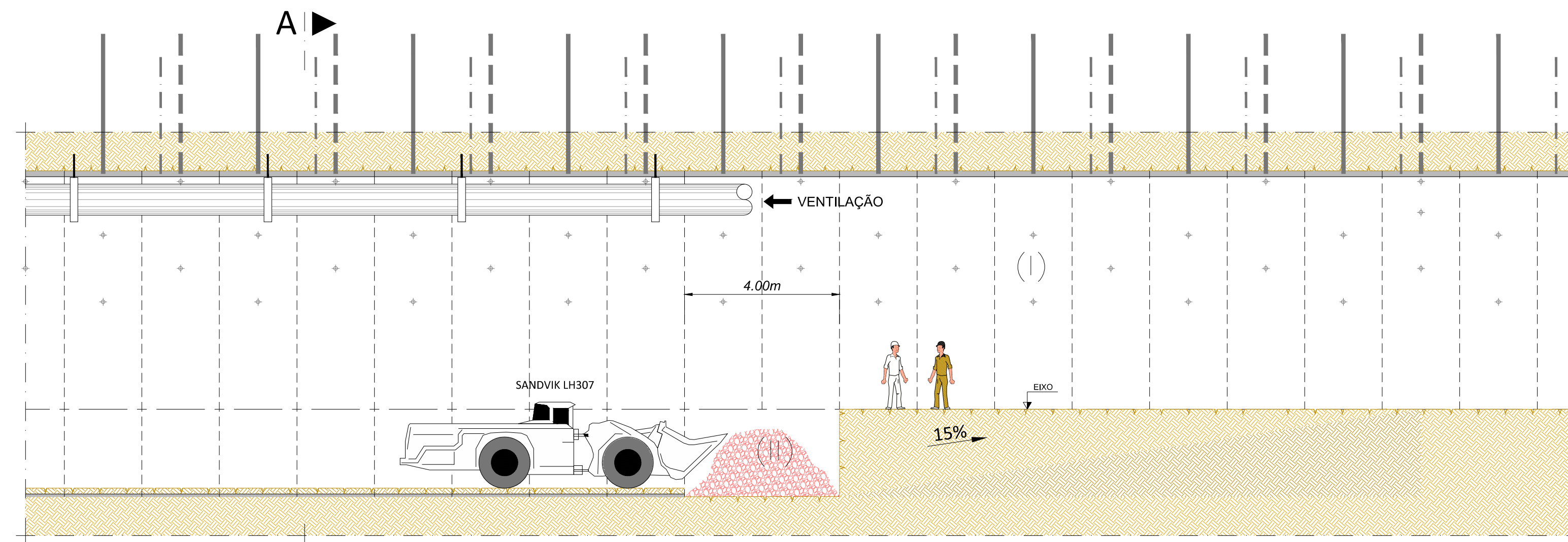
ALTERAÇÕES		DATA		DES.		VERIF.	
0	EMIÇÃO INICIAL	03/10/2024	TNC	RVR			

Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara PROJETO DE EXECUÇÃO		
ESTRUTURAS TÚNEL DE VIA METODOLOGIA DE EXECUÇÃO SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		
Data: Aprov. Verif. Proj. Des.	Escalas: Des. n.º 133662 Alter. Substituído Nº SAP Versão Folha	   
Aprov. RVP 05/07/2024 Verif. RVR 05/07/2024 Proj. FAB 05/07/2024 Des. TNC 05/07/2024	Identificação Empresa Projeto: COBA / JET S.J. / JLGM / TALPROJECTO Escalas: 1/100 Folha: 4 / 6	Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087903 0 Alter. 0

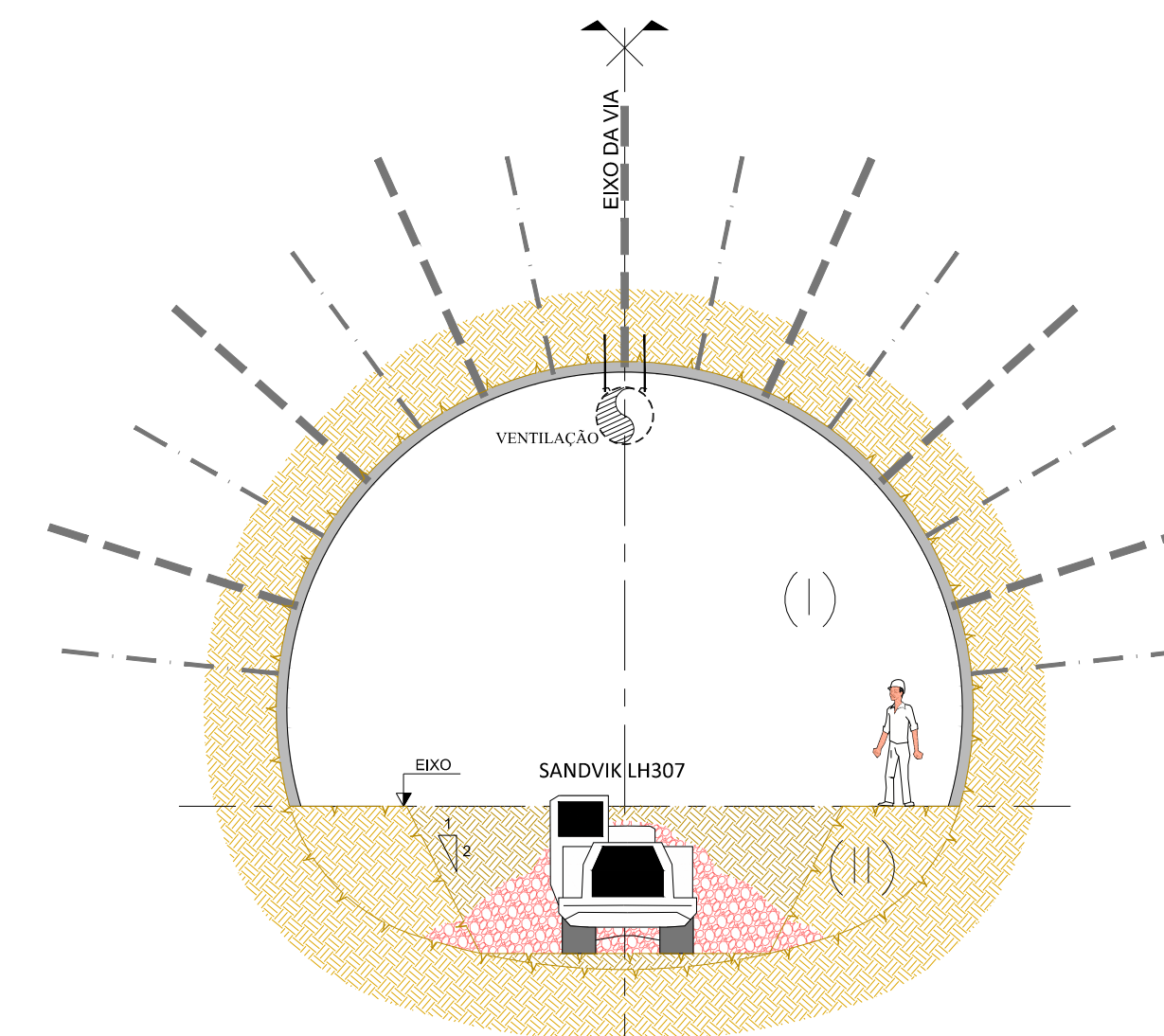
Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.

### SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1\*, TV-B2, TV-B2\* e TV-C1



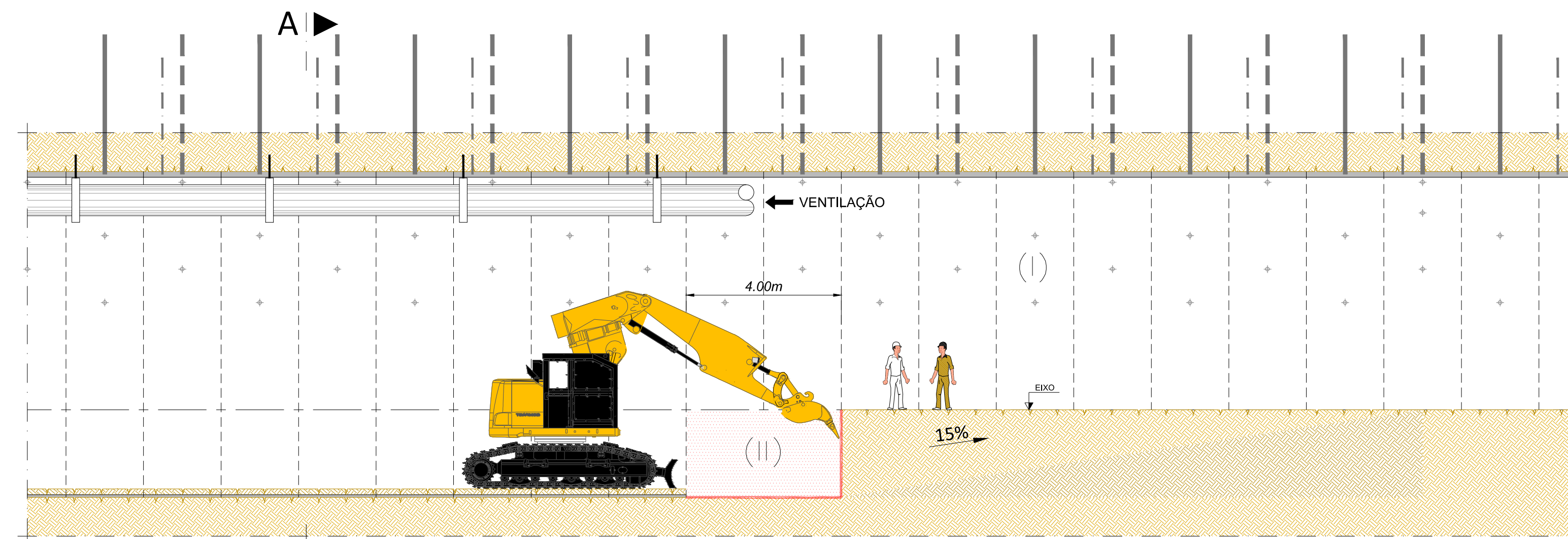
#### Fase 9: A ▶

- Remoção dos escombros com pá mineira do tipo SANDVIK LH307.



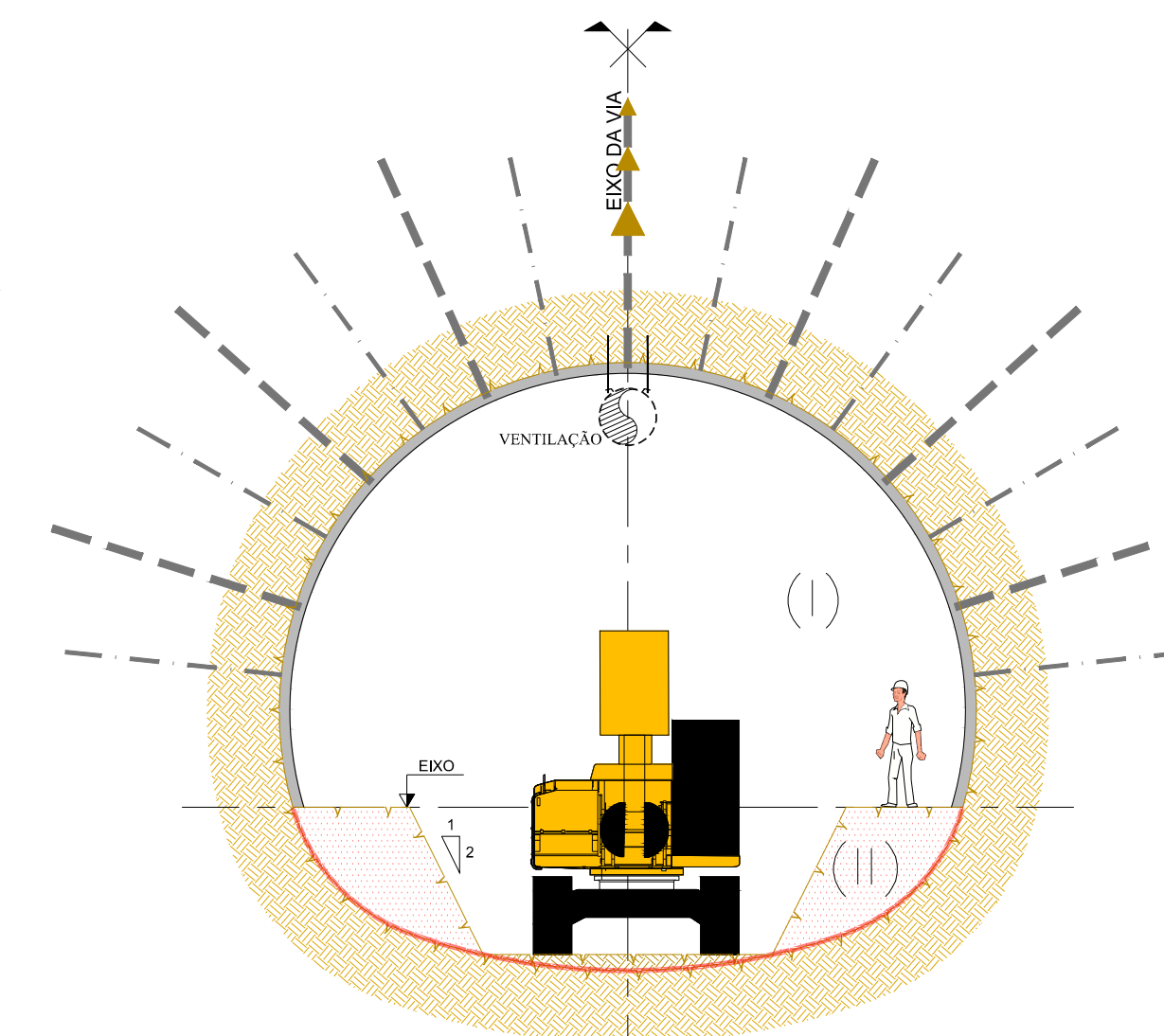
Corte A  
(Escala: 1/100)

### SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1\*, TV-B2, TV-B2\* e TV-C1



#### Fase 10: A ▶

- Saneamento do terreno.

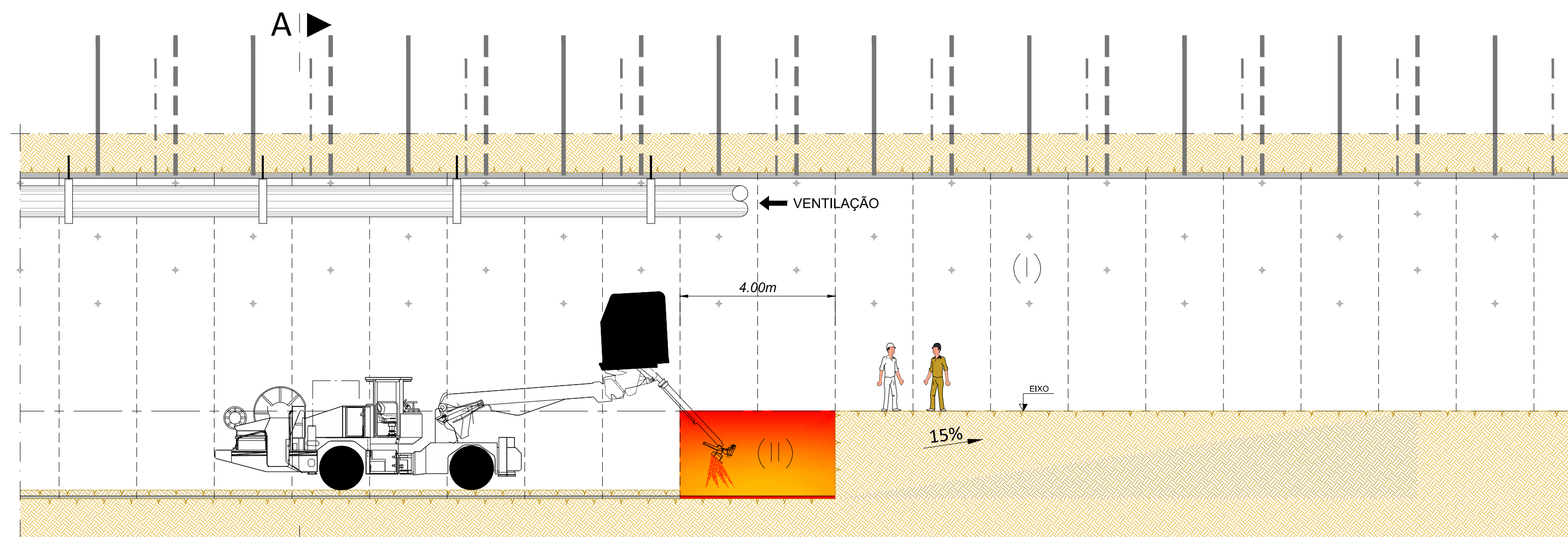


Corte A  
(Escala: 1/100)

ALTERAÇÕES					
0 EMISSÃO INICIAL		03/10/2024	TNC	RVR	
		DATA	DES.	VERIF.	
Data: _____ Aprov. _____ Verif. _____ Proj. _____ Des. _____		PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO			
Estruturas Metodologia de Execução Seções Tipo: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		Escalas: Des. n.º 133663 F. / / Alter. _____ Substituído _____ Nº SAP _____ Versão _____ Folha _____			
Identificação Empresa Projeto: COBA / JET S.J. / JLCM / TALPROJECTO		Escalas: 1/100		Folhas: 5 / 6	
Des. TNC 05/07/2024		Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087904 0		Alter.   0	

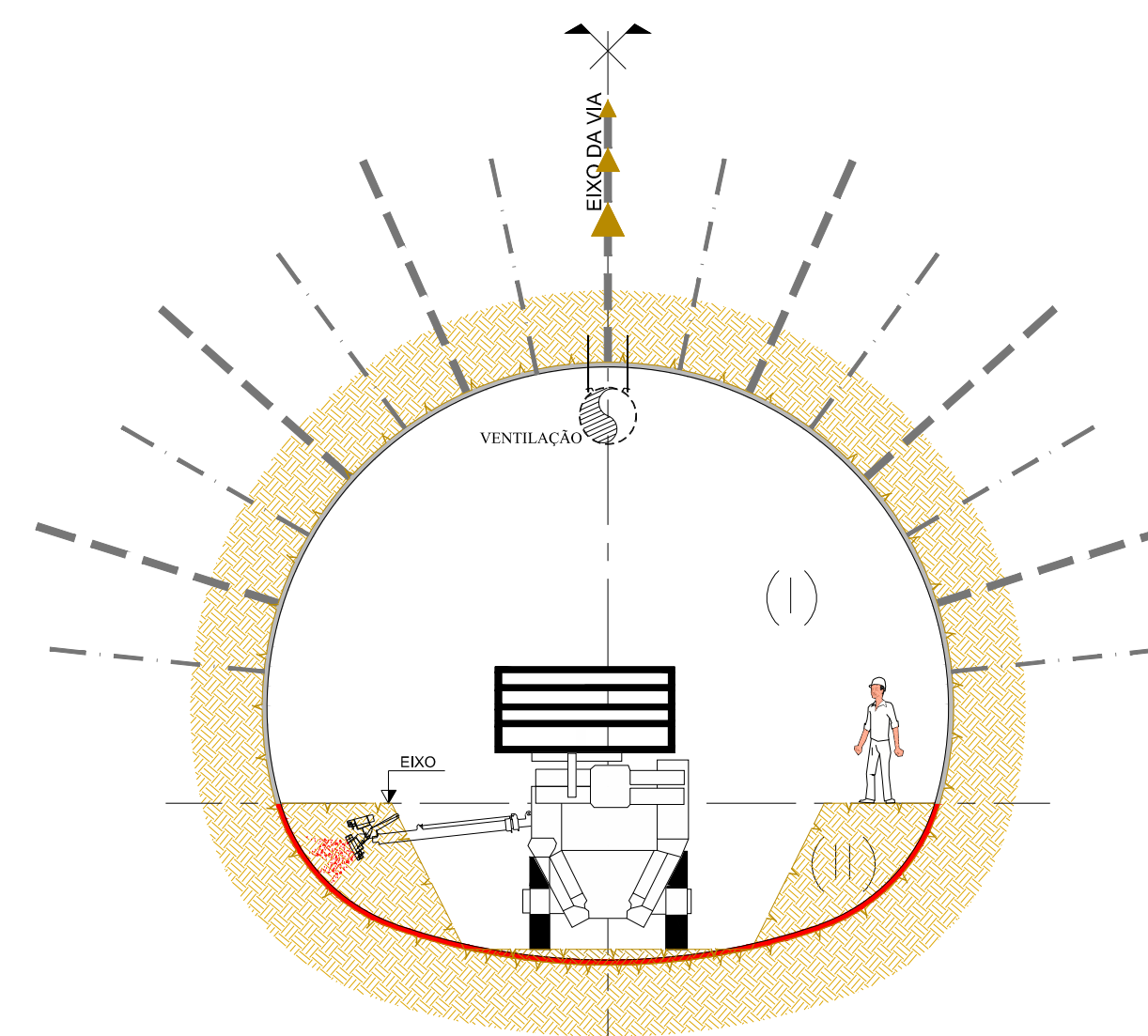
Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.

## SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1\*, TV-B2, TV-B2\* e TV-C1



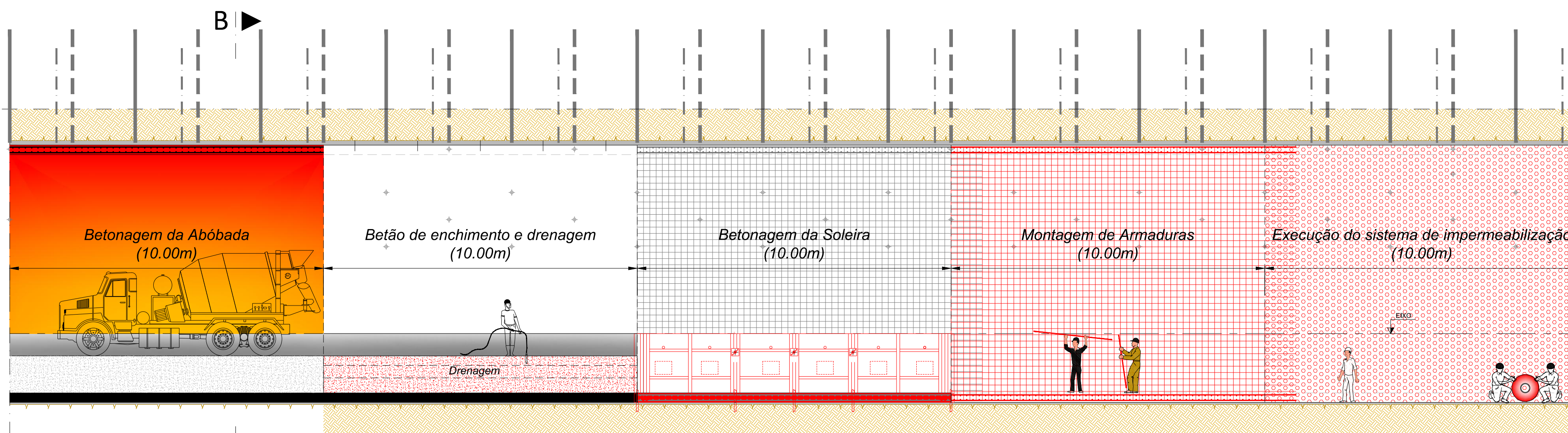
### Fase 11: A ▶

- Aplicação de camada de betão projetado com fibras metálicas, na soleira, com robot de projecção.
- Secção TV-B1: (esp. total) = 7cm
- Secção TV-B1\*: (esp. total) = 5cm (Betão simples para regularização)
- Secção TV-B2: (esp. total) = 12cm
- Secção TV-B2\*: (esp. total) = 5cm (Betão simples para regularização)
- Secção TV-C1: (esp. total) = 15cm



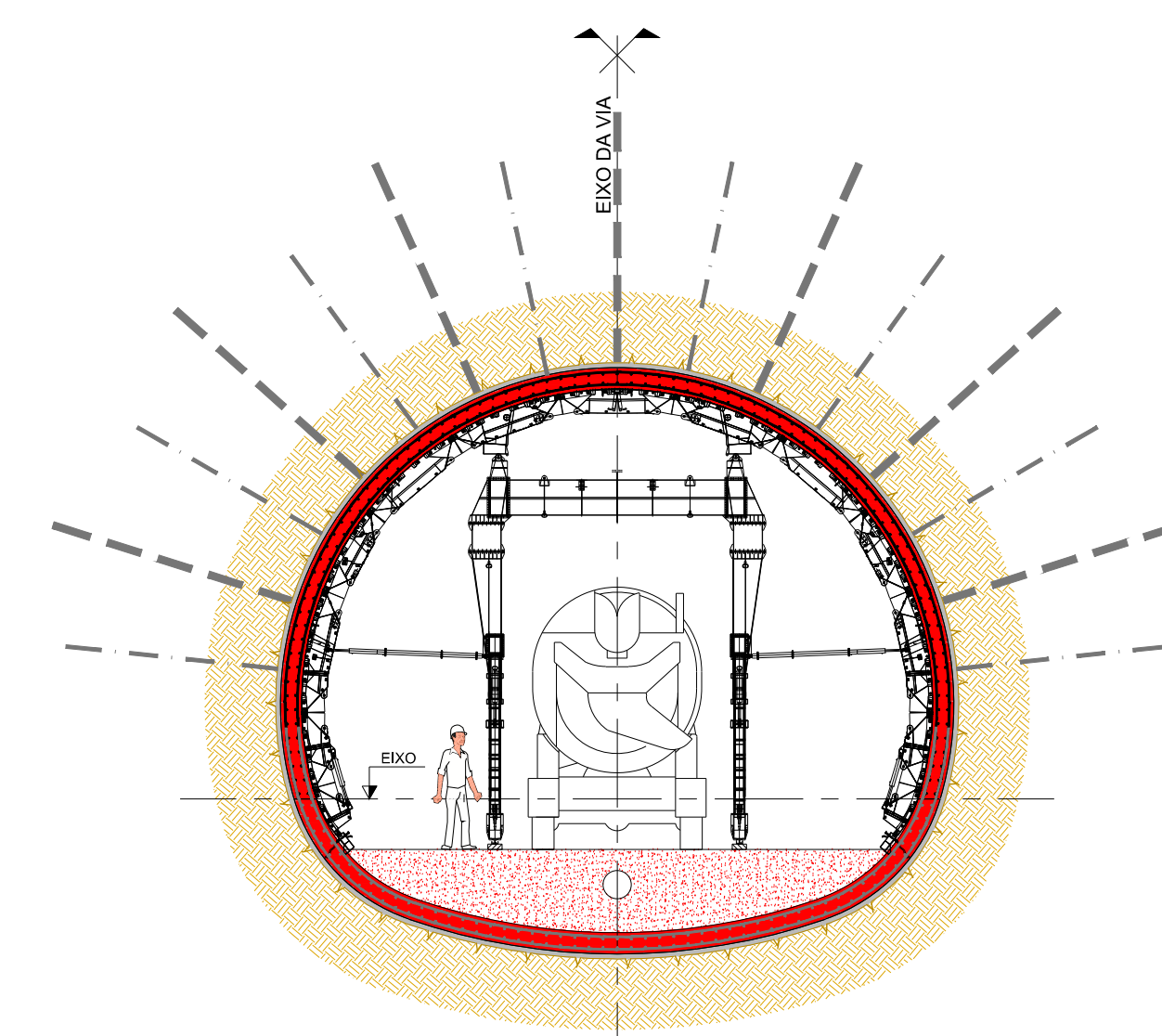
Corte A  
(Escala: 1/100)

## SECÇÕES TIPO: TV-B1, TV-B1\*, TV-B2, TV-B2\* e TV-C1



### Fase 12: B ▶

- 1º Execução do sistema de impermeabilização
- 2º Montagem de armaduras
- 3º Betonagem da soleira
- 4º Betão de enchimento e sistema de drenagem
- 5º Betonagem da abóbada



Corte B  
(Escala: 1/100)

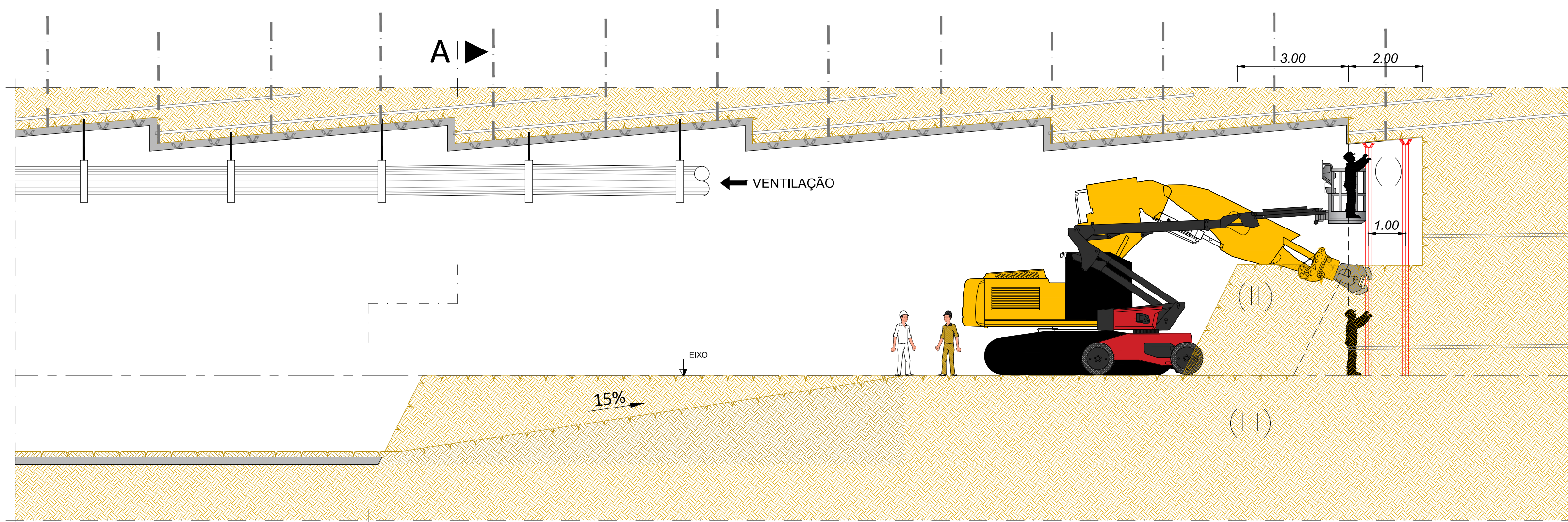
ALTERAÇÕES		DATA		DES.		VERIF.	
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	TAS	RVR			
<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÁNTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO		Escalas: Des. n.º <b>133664</b> F. / /					
Estruturas Túnel de Via Metodologia de Execução Secções Tipo: TV-B1, TV-B1*, TV-B2, TV-B2* e TV-C1		Identificação Empresa Projeto: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO		Escalas: 1/100		Folhas: 6 / 6	
Aprov.	RVP	05/07/2024					
Verif.	RVR	05/07/2024					
Proj.	FAB	05/07/2024					
Des.	TNC	05/07/2024					
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087905 0		Alter.: 0					





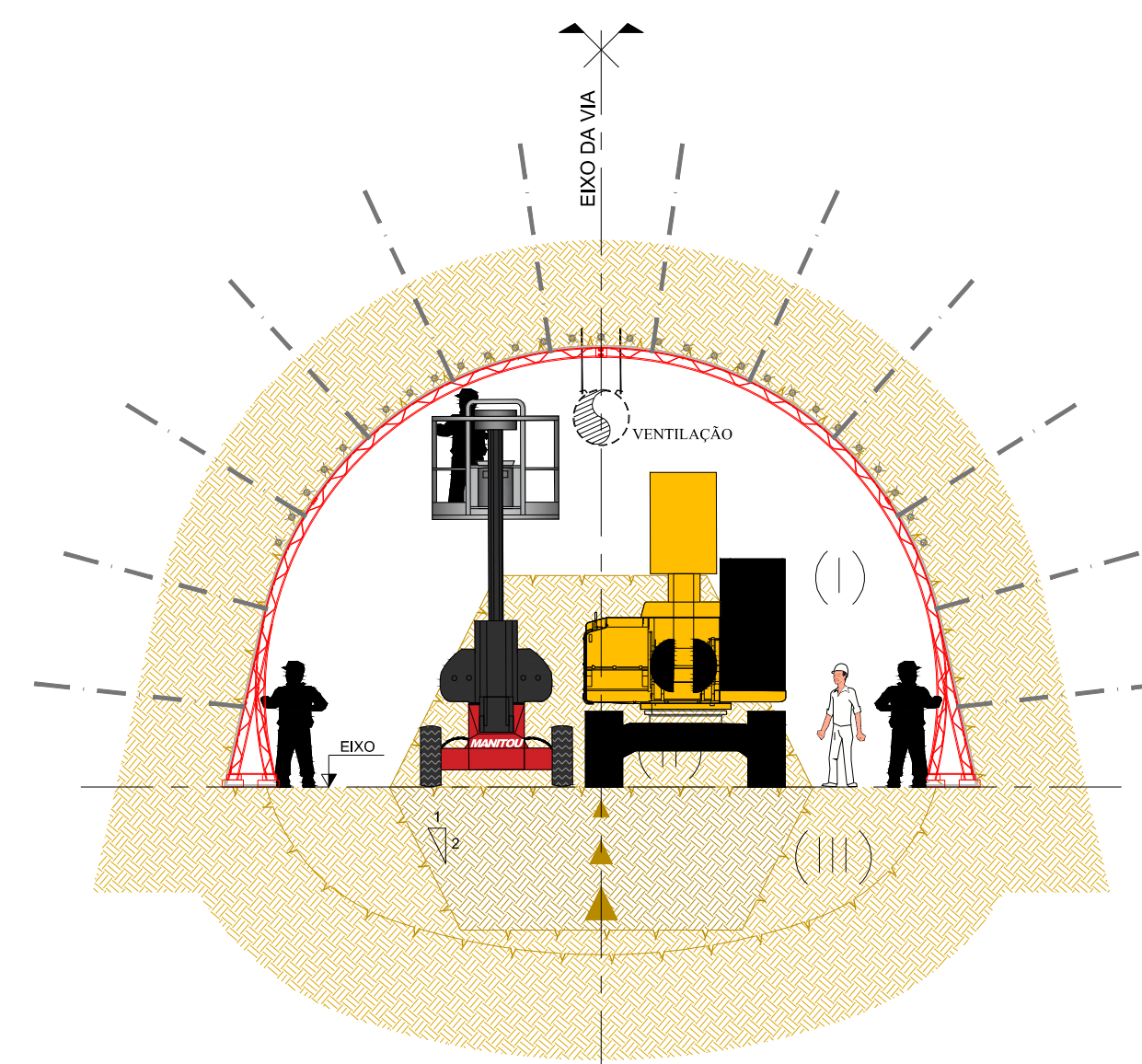


### SECÇÃO TIPO TV-D



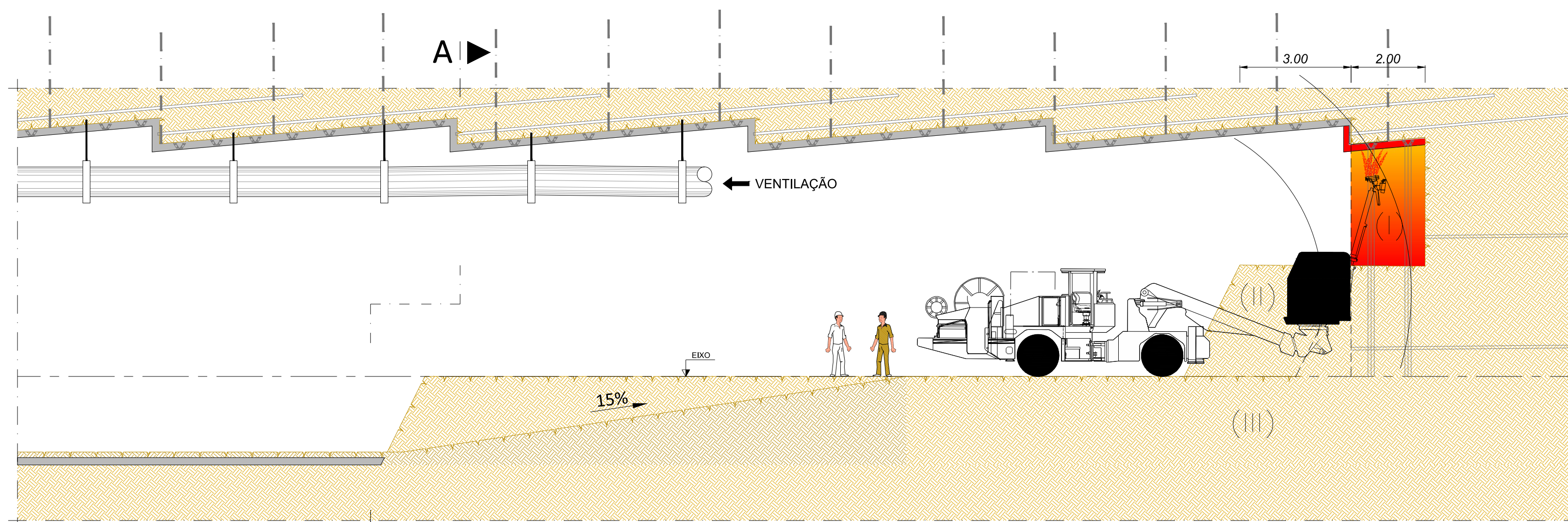
#### Fase 7:

- Instalação de cambotas treliçadas (P95-20-30), afastadas a 1.00m.



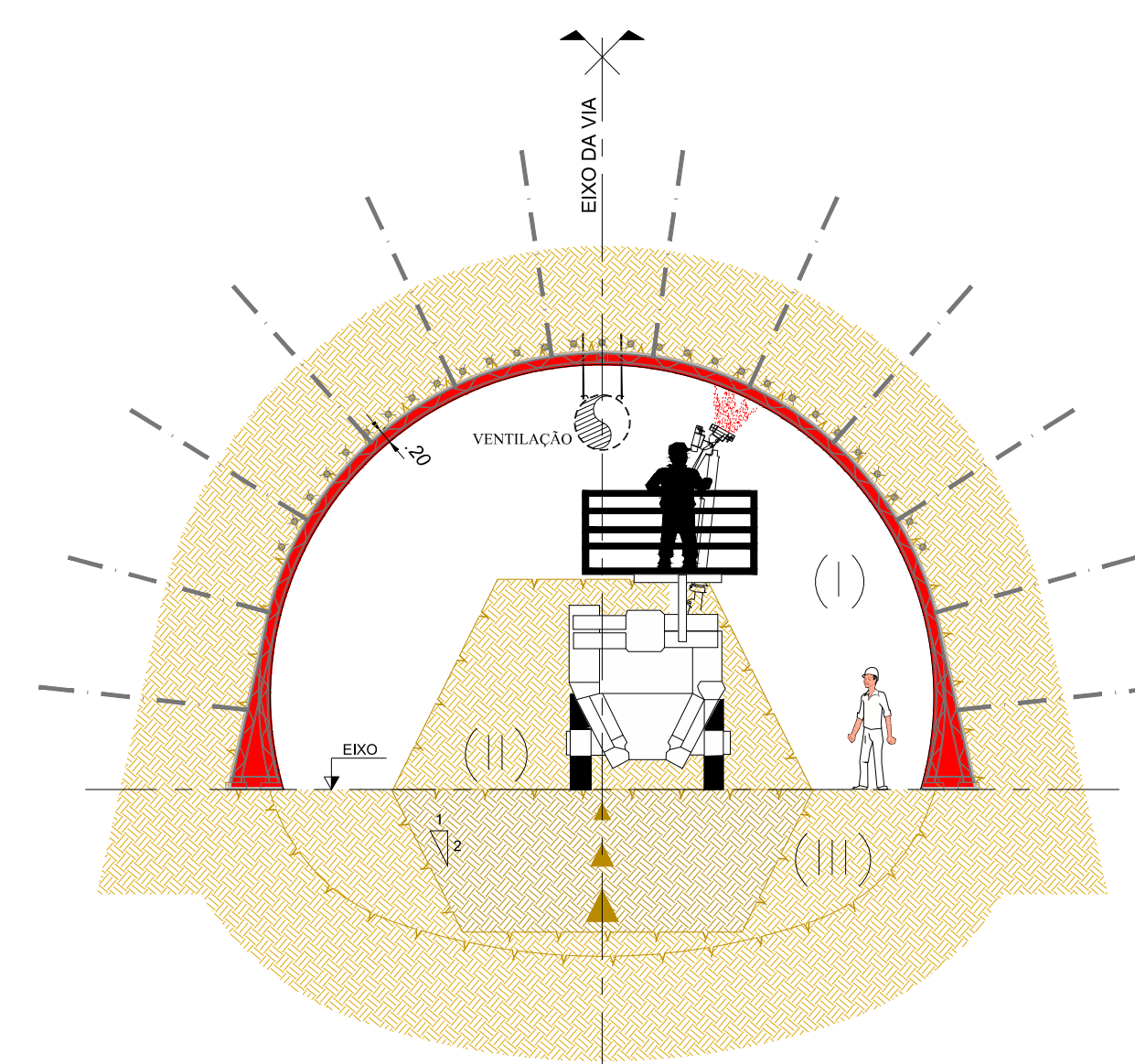
Corte A  
(Escala: 1/100)

### SECÇÃO TIPO TV-D



#### Fase 8:

- Aplicação sucessiva de camadas de betão projetado com fibras metálicas, na abóbada, com robot de projecção, até atingir a espessura de 20cm.



Corte A  
(Escala: 1/100)

ALTERAÇÕES		DATA		DES.		VERIF.	
0	EMIÇÃO INICIAL	03/10/2024	TNC	RVR			

Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara PROJETO DE EXECUÇÃO		
ESTRUTURAS TÚNEL DE VIA METODOLOGIA DE EXECUÇÃO SECÇÃO TIPO: TV-D		
Escalas: Des. n.º 133668 Alter.: Substituído: Nº SAP: Versão: Folha:		

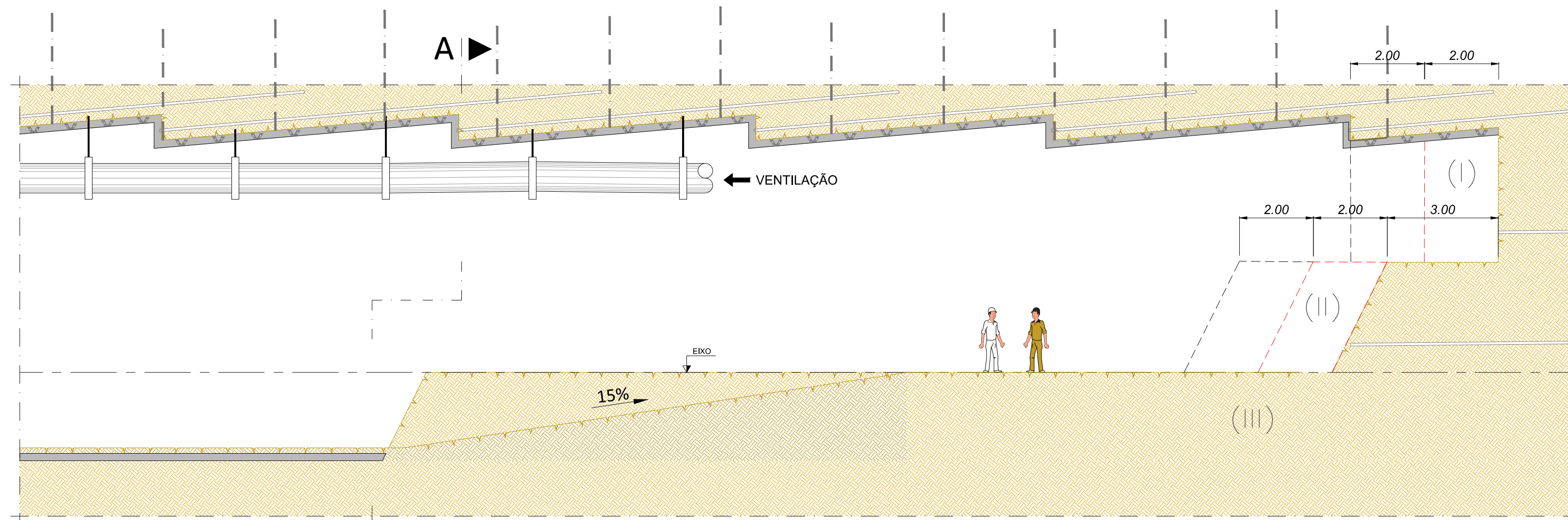
APROV. RVP 05/07/2024 VERIF. RVR 05/07/2024 PROJ. FAB 05/07/2024 DES. TNC 05/07/2024	IDENTIFICAÇÃO EMPRESA PROJETISTA: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO Escalas: 1/100 Folha: 4 / 8	MOTACIL ENGENHARIA COBA JET SJ JLCM
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa. E.P.E.



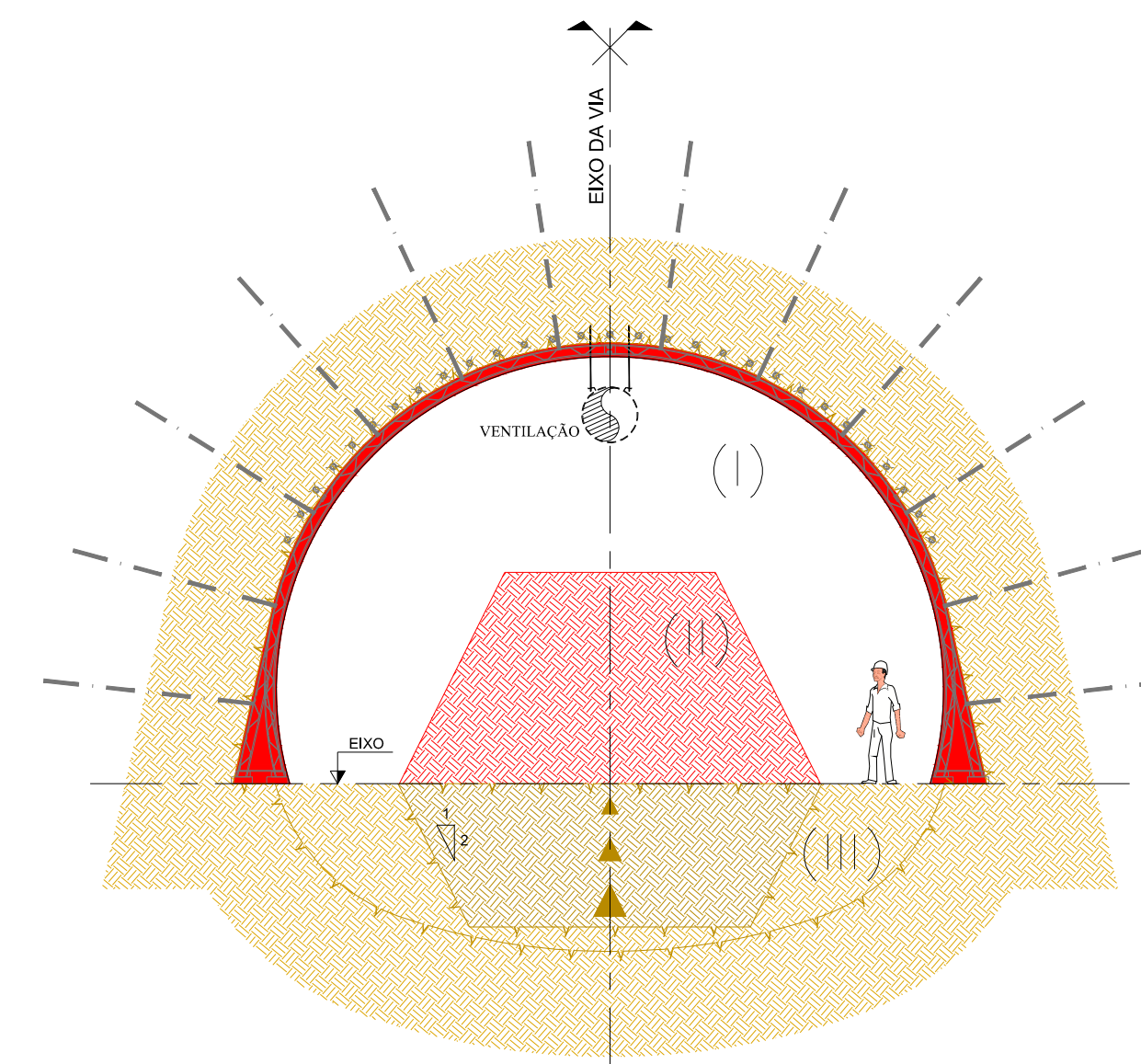


### SECÇÃO TIPO TV-D



#### Fase 11: A

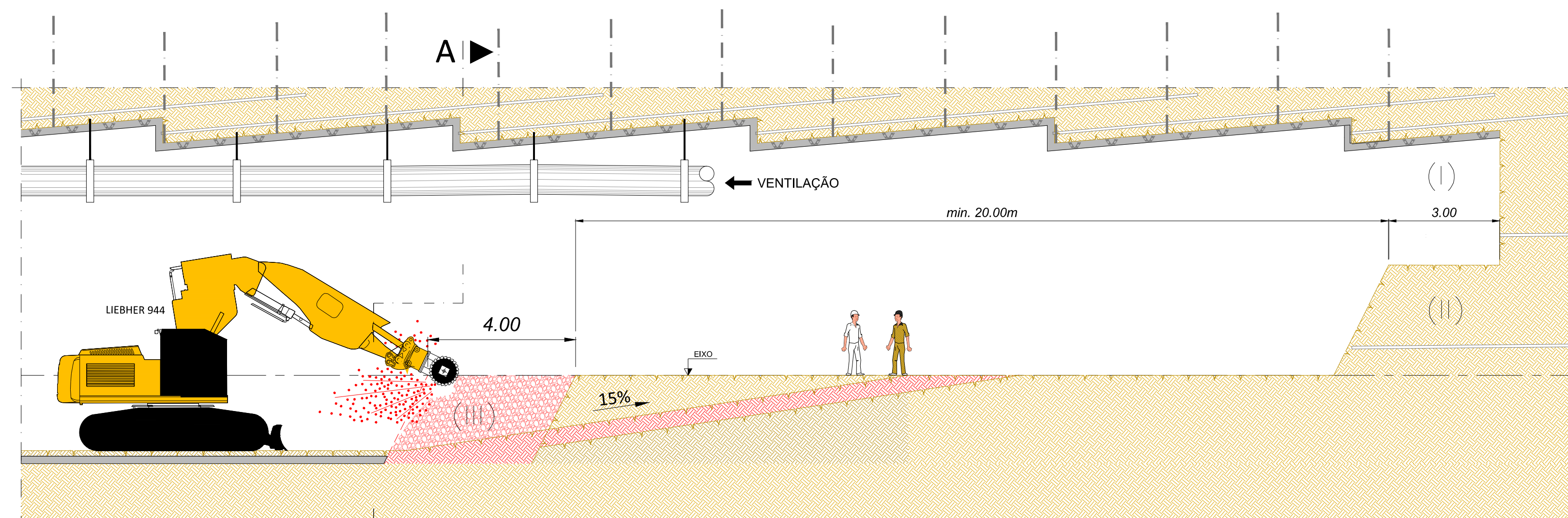
- Execução / repetição de mais 1 avanço de 2.00m, em (I) e (II), com os procedimentos das fases 1 a 10.



#### Corte A

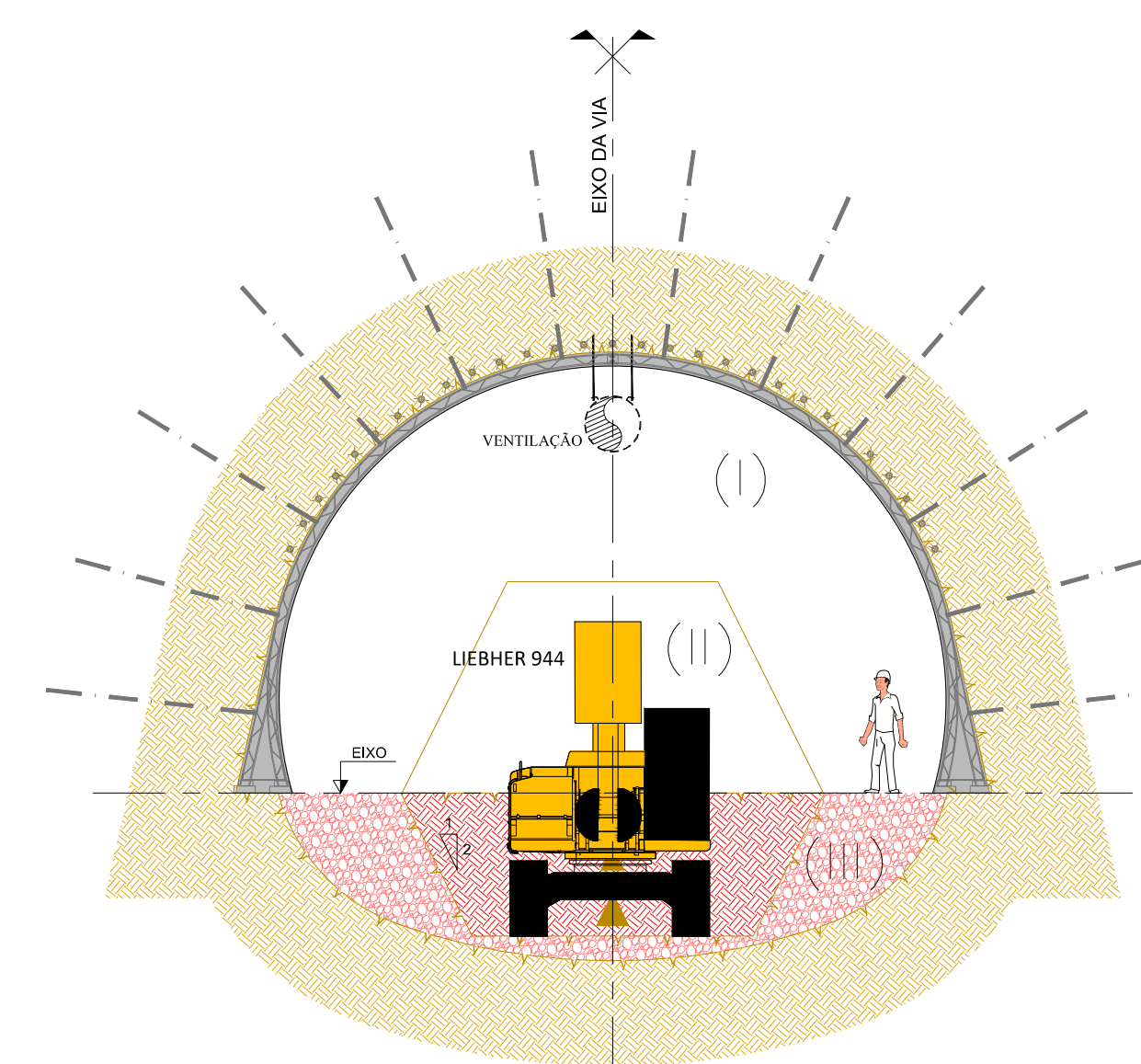
(Escala: 1/100)

### SECÇÃO TIPO TV-D



#### Fase 12: A

- Escavação da soleira (III), com avanço 4.00m e reposicionamento da rampa de acesso provisório, com escavadora do tipo Liebher 944, com cabeça roçadora.



#### Corte A

(Escala: 1/100)

ALTERAÇÕES					
0	EMIÇÃO INICIAL	03/10/2024	TNC	RVR	
Data: _____ Aprov. _____ Verif. _____ Proj. _____ Des. _____		<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA</b> <b>S. SEBASTIÃO - ALCÁNTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO		 Escalas: Des. n.º <b>133670</b> F. / / Alter. _____ Substituído _____ Nº SAP _____ Versão _____ Folha _____	
Aprov. RVP 05/07/2024 Verif. RVR 05/07/2024 Proj. FAB 05/07/2024 Des. TNC 05/07/2024		    Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLGM / TALPROJECTO		Escalas: 1/100 Folha: 6 / 8	
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN T81 DW 087911 0		Alter. 0			



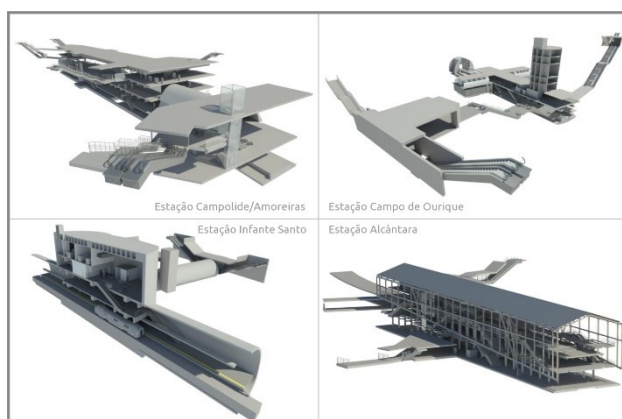


# METRO DE LISBOA

## PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

#### PROJETO DE EXECUÇÃO



## TOMO II - TÚNEL

### VOLUME 5 – TÚNEL T85 – REVESTIMENTO DEFINITIVO

#### NOTA DE CÁLCULO

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE STR TUN T81 NC 087002 0
-----------------------	--------------------------------------

	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	José Alexandre		2024-09-27
Revisto	Rui Rodrigues		2024-09-27
Verificado	Rui Rodrigues		2024-09-27
Coordenador Projeto	Raúl Pistone		2024-09-27
Aprovado	Raúl Pistone		2024-09-27

	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Gestor Projeto	Raúl Pistone		2024-09-27

## Índice

1	INTRODUÇÃO .....	4
2	REGULAMENTAÇÃO .....	4
3	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS/GEOTÉCNICAS E HIDROLÓGICAS .....	5
4	MATERIAIS .....	6
5	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....	7
6	DESCRIÇÃO GERAL DA SOLUÇÃO .....	8
7	METODOLOGIA DE CÁLCULO .....	9
8	AÇÕES.....	10
8.1	Ações Permanentes .....	10
8.1.1	Peso próprio (PP) .....	10
8.1.2	Retração e Fluência (Ret+Flu) .....	10
8.1.3	Impulso de Terras (It).....	11
8.1.4	Impulso Hidrostático (Iw) .....	12
8.2	Ações Variáveis.....	12
8.3	Ação Sísmica.....	12
8.4	Ações Acidentais.....	13
8.4.1	Ação Acidental de Incêndio .....	13
9	COMBINAÇÕES DE AÇÕES .....	14
9.1	Combinação de Ações para os Estados Limites Últimos (ELU).....	14
9.2	Combinação de Ações para os Estados Limites de Serviço (ELS) .....	14
10	CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA .....	15
10.1	Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU).....	15
10.2	Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS) .....	15
10.3	Verificação da Segurança relativamente à rotura por Levantamento Global.....	16
11	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL .....	16

---

11.1	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos (ELU) .....	16
11.1.1	Secção TV.1 .....	16
11.1.2	Secção TV.2 .....	18
11.1.3	Via de Resguardo – Secção VR1.5 .....	20
11.1.4	Túnel Término – Secção TT.3.....	21
11.2	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites de Serviço (ELS).....	22
11.2.1	Secção TV.1 .....	22
11.2.2	Secção TV.2 .....	23
11.2.3	Via de Resguardo – Secção VR1.5 .....	24
11.2.4	Túnel Término – Secção TT.3.....	24
11.2.5	Plataforma de via.....	25

## 1 INTRODUÇÃO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Nota de Cálculo das estruturas definitivas da obra do Túnel (Troço 81, 82, 83, 84 e 85)**, das **obra das Vias de Resguardo (OE3 e OE4)** e da **obra do Túnel Término (OE7)**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do **Tomo II – Estruturas e Métodos Construtivos do Volume 5 – Túnel T81**.

## 2 REGULAMENTAÇÃO

A regulamentação e a bibliografia técnica adotadas são as apresentadas abaixo:

- NP EN 1990 – Bases para projetos de estruturas (EC0);
- NP EN 1991 – Bases de projeto e ações em estruturas (EC1);
- NP EN 1992 – Projeto de Estruturas de Betão (EC2);
- NP EN 1993 – Projeto de Estruturas de Aço (EC3);
- NP EN 1994 – Projeto de Estruturas mistas Aço-Betão (EC4);
- NP EN 1997 – Projeto Geotécnico (EC7);
- NP EN 1998 – Projeto de Estruturas para Resistência aos Sismos (EC8);
- fib Model Code 2010 for Concrete Structures;
- Normas de Projeto de estruturas do Metropolitano de Lisboa.

Serão ainda consideradas as seguintes normas de execução:

- NP EN 206:2013+A1:2017 – Betão: Especificação, desempenho, produção e conformidade;
- NP EN 13670-1 - Execução de estruturas de betão. Parte 1: Regras Gerais;
- NP EN 14199 – Execução de obras geotécnicas especiais: Microestacas;
- NP EN 1537 - Execução de obras geotécnicas especiais: Ancoragens;
- EN ISO 22447-5 – Geotechnical investigation and testing - Testing of geotechnical structures - Part 5: Testing of grouted anchors;
- EN 1536 - Execution of Special Geotechnical Works: Bored piles;
- EN 14490 - Execution of Special Geotechnical Works: Soil nailing;
- NP EN 197-1 - Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes;
- NP EN 197-2 - Cimento. Parte 2: Avaliação de conformidade;
- NP EN 13251 - Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a utilização em obras de terraplenagem, fundações e estruturas de suporte;



- NP EN 13256 - Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a construção de túneis e obras subterrâneas;
- NP EN 14487-1 - Betão projetado. Parte 1: Definições, especificações e conformidade;
- NP EN 14487-2 - Betão projetado. Parte 2: Execução;
- NP EN 14889-1 - Fibras para betão - Parte 1: Fibras de aço - Definições, especificações e conformidade;
- NP EN 14488-5 -Ensaio do betão projetado - Parte 5: Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras;
- NP EN 445 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio;
- NP EN 446 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos para injeção;
- NP EN 447 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes.

### 3 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS/GEOTÉCNICAS E HIDROLÓGICAS

Da análise desenvolvida às condições geológico-geotécnicas na zona da obra, resultam os parâmetros geotécnicos indicados nos documentos das memórias descritivas de cada obra específica:

- Tunel de Via - LVSSA CBJ STR TUN 000 MD 087001 0
- OE3 (Via de Resguardo) - LVSSA CBJ STR TUN OE3 MD 087001 0
- OE4 (Via de Resguardo) - LVSSA CBJ STR TUN OE4 MD 087001 0
- OE7 (Tunel Témino) - LVSSA CBJ STR TUN OE7 MD 087001 0

## 4 MATERIAIS

As características dos materiais adotados nas estruturas definitivas encontram-se apresentadas nas tabelas seguintes:

Tabela 1 – Estruturas definitivas. Características dos materiais – Betão

Materiais	Localização	Classe de resistência	Classe de exposição	cl. teor de cloretos	d <sub>max</sub> (mm)	Classe de consistência
<b>Betão</b> <i>(in situ)</i>	Regularização	C12/15	X0	CL 1,00	≤25	S3
	Estrutura interior em ambiente seco (lajes elevadas, vigas, escadas, paredes e pilares)	C30/37	XC1	CL 0,40	D <sub>inf</sub> =20 D <sub>sup</sub> =25	S4
	Estrutura interior em zonas húmidas – zonas com sanitários (lajes elevadas, vigas, escadas, paredes e pilares)	C30/37	XC3	CL 0,40	D <sub>inf</sub> =20 D <sub>sup</sub> =25	S4
	Estrutura exterior (revestimento definitivo das galerias, paredes de contenção periféricas, laje de fundo do poço da estação, lajes de cobertura e elementos expostos à intempérie)	C30/37	XC4	CL 0,40	≤25	S3
	Enchimento (sub-cais)	C20/25	XC0	CL 1,00	≤25	S3

### Notas:

As betonilhas de enchimento a realizar para o assentamento dos revestimentos dos pisos e para a formação de pendentos nas lajes internas deverão ter um peso específico máximo de 15 kN/m<sup>3</sup>.

Tabela 2 – Estruturas definitivas. Características dos Materiais – Aço estrutural

Materiais	Localização	Classe de resistência
<b>Aço Estrutural</b>	Armaduras ordinárias	A500 NR SD
	Malha eletrossoldada	A500 EL
	Estruturas metálicas (chapas e perfis)	S355 JR
	Parafusos / Pernos	Classe 8.8/10.9
	Porcas	Classe 8/10

Tabela 3 – Estruturas definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras

<b>Recobrimentos Nominais (*) (**)</b>		
<b>Recobrimentos a Garantir de Acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais</b>  <b>Vida Útil Considerada: 100 Anos</b> <b>Estabilidade ao Fogo: R120</b>	Elemento	Recobrimento nominal
	Lajes elevadas e escadas	40 mm
	Paredes interiores	40 mm
	Pilares e Vigas	45 mm
	Revestimento definitivo das galerias	45 mm
	Laje de fundo do poço principal	45 mm
	Lajes de cobertura enterradas	45 mm
	Paredes de contenção	50 mm

(\*) - Recobrimento mínimo + Margem de cálculo para as tolerâncias de execução = Recobrimento nominal.

(\*\*) - Em elementos inferiores a 0.25m o recobrimento é reduzido em 0.005m, devendo ser garantidos os recobrimentos mínimos definidos na EN 10080.

## 5 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Os critérios de dimensionamento adotados estão descritos na Memória Descritiva e Justificativa, LVSSA CBJ EP STR TUN 000 MD 087001 0.

Resumindo o que nesse documento foi descrito refere-se que:

- Tempo útil de vida de projeto: 100 anos;
- Classe de consequência CC3;
- Classe de inspeção 3, para betão moldado;
- Classe de fiabilidade RC3;
- Terreno Tipo A

## 6 DESCRIÇÃO GERAL DA SOLUÇÃO

As secções verificadas neste documento são as descritas nos documentos das memórias descritivas. Os principais pontos a salientar são:

- Túnel de Via - Secção Tipo TV.1: Secção com 0.30m de espessura constante a aplicar em zonas com revestimento primário do tipo TV-B1, TV-B2 e TV-C (Figura 1);
- Túnel de Via - Secção Tipo TV.2: Secção com 0.40m de espessura constante a aplicar em zonas com revestimento primário do tipo TV-D (Figura 1);
- Vias de Resguardo 1 e 2 (OE3 e OE4): Secções com 0.30m de espessura na abobada e espessamento na base dos hasteais e soleira (Figura 2);
- Túnel Término (OE7): Secções com 0.30m de espessura na abobada e espessamento na base dos hasteais e soleira (Figura 3);

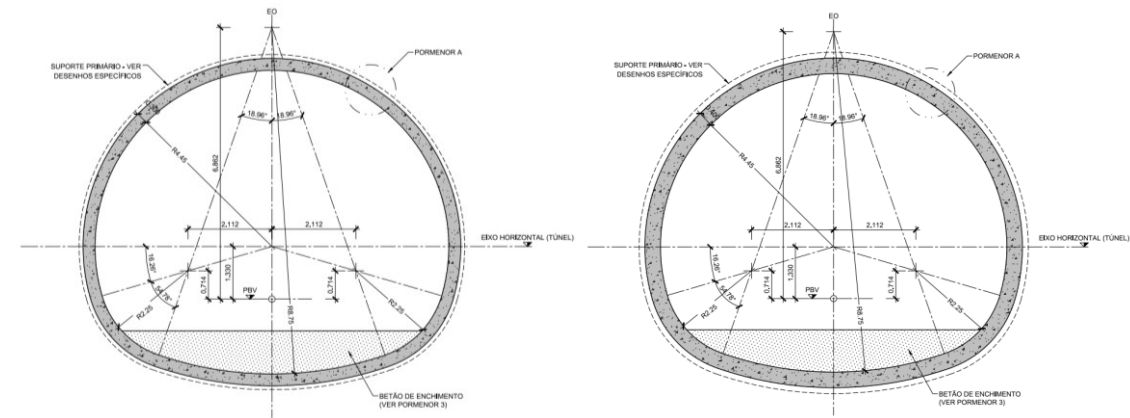


Figura 1 – Revestimento Definitivo: Secção TV.1 e TV.2

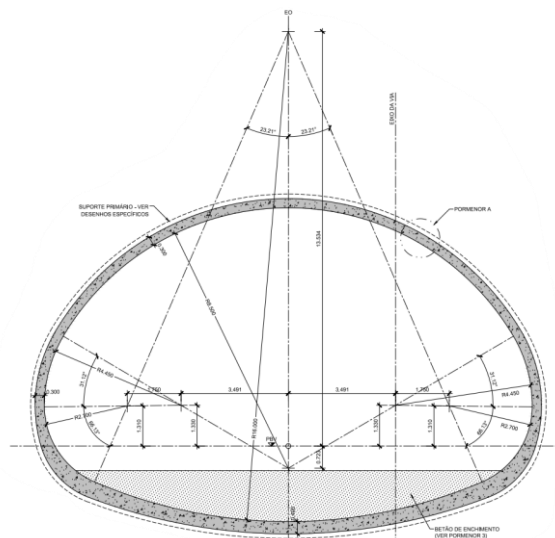


Figura 2 – Revestimento Definitivo: Via de Resguardo 1 (OE3) e Via de Resguardo 2 (OE4)