

# PROJETO EXECUTIVO

---

PROTEÇÃO E REVESTIMENTO VEGETAL DAS  
MARGENS E LEITO DA SANGA LAGOÃO DO OURO  
COM TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL

SANTA MARIA – RS  
JUNHO | 2024



## S U M Á R I O

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3. EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>4</b>
<b>4. MEDIDAS DE TRATAMENTO.....</b>	<b>4</b>
4.1 Serviços iniciais .....	6
4.1.1 Acessos e canteiro de obras .....	6
4.1.2 Remoção de vegetação instável .....	6
4.1.3 Limpeza do eixo da torrente .....	7
4.1.4 Terraplenagem .....	9
4.1.5 Controle de formigas .....	9
4.1.6 Aplicação de calcário.....	9
4.1.7 Cuidados com o material vegetal .....	10
4.2 Técnicas de Engenharia Natural .....	11
4.2.1 Muro de suporte vivo parede simples .....	11
4.2.2 Muro de suporte vivo parede dupla .....	13
4.2.3 Muro de suporte gabião vivo .....	16
4.2.4 Enrocamento vivo.....	19
4.2.5 Soleiras em pedra .....	22
4.2.6 Enrocamento do fundo do leito .....	22
4.2.7 Biorretentores de coco vegetados .....	24
4.2.8 Plantio de mudas arbustivas .....	25
4.2.9 Plantio de mudas herbáceas .....	26
4.3 Serviços finais .....	27
<b>5. VEGETAÇÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>6. MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>7. PERÍODO DE EXECUÇÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>32</b>
<b>9. RELAÇÃO DE DOCUMENTOS.....</b>	<b>32</b>
<b>10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>33</b>



## 1. INTRODUÇÃO

O presente documento constitui o projeto executivo de proteção e revestimento vegetal das margens e leito da Sanga Lagoão do Ouro com técnicas de Engenharia Natural, em trecho localizado dentro do Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS. A elaboração deste projeto foi solicitada pela Pró-Reitoria de Infraestrutura (PROINFRA) da UFSM no âmbito da renovação da Licença de Operação da UFSM (LO N° 00951/2020) no que concerne à Sanga Lagoão do Ouro e respectivas condições e restrições definidas pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (Fepam).

O projeto de proteção e revestimento vegetal das margens e leito da Sanga Lagoão do Ouro com técnicas de Engenharia Natural foi dividido em 3 fases: projeto conceitual, projeto básico e projeto executivo. O projeto conceitual, elaborado em Setembro de 2023, apresentou as características e fenomenologia dos processos erosivos no curso de água, as medidas de tratamento em carácter conceitual e as informações adicionais necessárias para o desenvolvimento das próximas fases projetuais.

O projeto básico, datado de Maio de 2024, apresentou os dimensionamentos hidrológicos e hidráulicos e as soluções para mitigação e controle dos processos erosivos ativos, mais viáveis quanto aos critérios técnicos, econômicos, ecológicos, estéticos e de segurança. Também foram especificadas as plantas autóctones que serão utilizadas nas intervenções.

Na fase de projeto executivo, a que corresponde este documento, serão apresentados todos os serviços e atividades necessária para a implantação da obra, nomeadamente, descrições executivas com os detalhamentos das técnicas especificadas e seus processos construtivos, medidas de manutenção e monitoramento, período de execução das atividades e quantitativos de materiais para a execução da obra. Acompanham este projeto as pranchas com a localização geral das intervenções, desenhos técnicos e detalhes construtivos a serem realizados durante a fase de execução da obra.

Também é apresentado o orçamento dos insumos necessários para a execução da obra, sem considerar mão-de-obra, impostos, taxas, BDI ou outros custos diretos ou indiretos.

## 2. OBJETIVOS

Os objetivos deste projeto são:

- Descrever os procedimentos executivos das soluções técnicas de Engenharia Natural para proteção e estabilização das margens e fundo do canal;



- Definir o período adequado para a execução das intervenções;
- Apresentar as medidas de manutenção e monitoramento;
- Quantificar os materiais e insumos que serão utilizados nas intervenções;
- Apresentar os desenhos técnicos com detalhes executivos.

### **3. EQUIPE TÉCNICA**

Rita S. SOUSA – Engenheira Biofísica, Dr.<sup>a</sup> – UFSM

Junior J. DEWES – Engenheiro Florestal, Dr. – UFSM

Fabício J. SUTILI – Engenheiro Florestal, Prof. Dr. – UFSM

### **4. MEDIDAS DE TRATAMENTO**

As medidas de tratamento especificadas neste projeto consideram as condições hidráulicas e de estabilidade dentro do canal, as características imediatamente a montante e a jusante dos locais a serem intervencionados, bem como o comportamento das condições hidráulicas e o comportamento do processo erosivo após execução da obra.

A escolha das medidas de tratamento baseou-se em técnicas de Engenharia Natural que, através da utilização de plantas autóctones combinadas ou não com materiais inertes, contribuem para a proteção e estabilização geotécnica dos taludes, estabilização hidráulica do fluxo, além de fornecer benefícios ecológicos, estéticos e paisagísticos ao local intervencionado.

Na Figura 1 podem ser observadas as 4 áreas de intervenção, bem como os pontos cadastrados com processos erosivos ativos. No Quadro 1 estão compiladas as técnicas selecionadas para cada trecho de intervenção com processos erosivos.

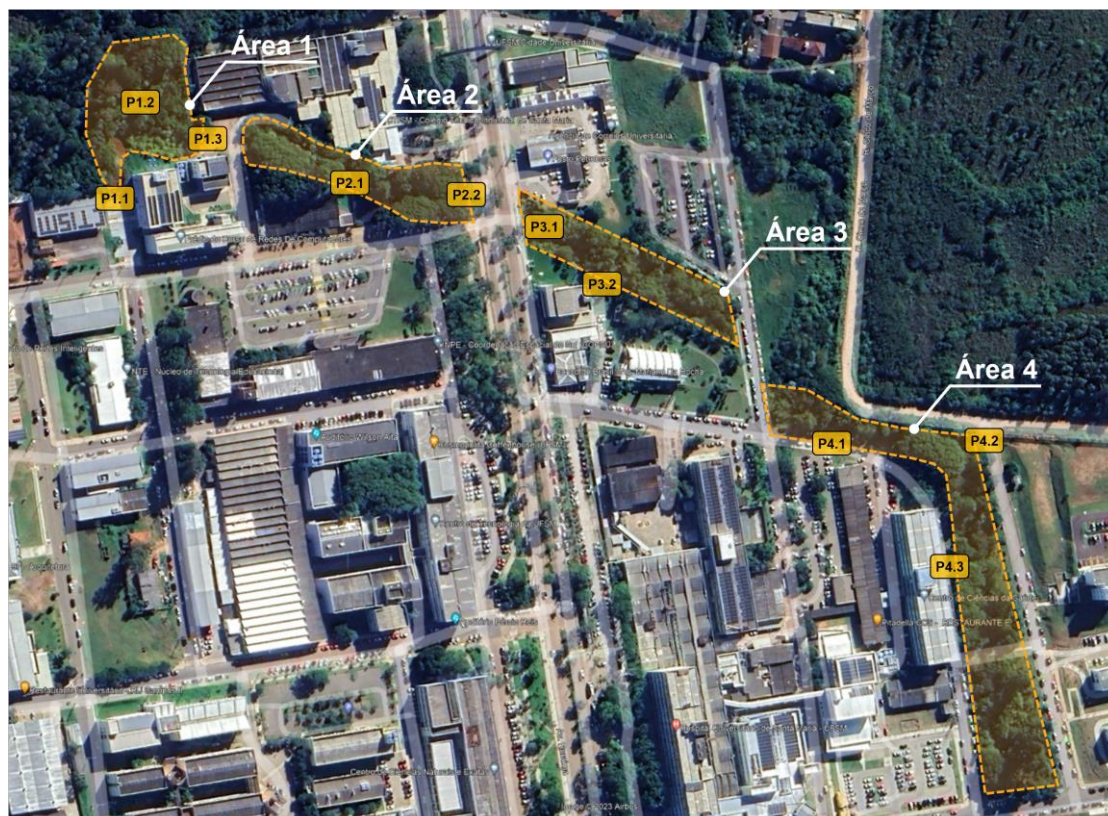


Figura 1. Sanga Lagoão do Ouro com demarcação das 4 áreas de intervenção e respectivos pontos descritos em projeto conceitual. Adaptado de Google Earth, 2023.

Quadro 1. Técnicas de intervenção especificadas para os trechos com processos erosivos.

MEDIDAS DE TRATAMENTO	TRECHO DE INTERVENÇÃO									
	Área 1			Área 2		Área 3		Área 4		
	P1.1	P1.2*	P1.3	P2.1	P2.2	P3.1	P3.2	P4.1	P4.2	P4.3
Remoção de vegetação instável										
Limpeza do eixo da torrente										
Terraplenagem										
Gabião										
Enrocamento vivo										
Enrocamento fundo do leito										
Soleiras em pedra										
Parede krainer vegetada simples										
Parede krainer vegetada dupla										
Biorrententores de coco vegetados										
Plantio de mudas arbustivas										
Plantio de mudas herbáceas										

Nota: \* Não foram prescritas medidas de tratamento para o trecho 1.2 uma vez que no local existe um medidor de vazão utilizado para realização de experimentos.



#### 4.1 Serviços iniciais

Os serviços iniciais de intervenção incluem a construção ou melhoria de acessos ao local, a instalação do canteiro de obras, bem como a limpeza do eixo do canal e a retirada de todas as árvores instáveis presentes nos trechos alvo de projeto.

##### *4.1.1 Acessos e canteiro de obras*

Os acessos ao local de trabalho devem ser preparados e limpos e feitos preferencialmente sempre pelo mesmo local. Caso existam canaletas e obras de drenagem, as mesmas devem ser protegidas do acesso de máquinas pesadas por meio do uso de pranchas.

Deverá ser instalado um canteiro de obras provisório que atenda às necessidades de execução de todos os trabalhos descritos neste memorial executivo. Recomenda-se que o canteiro de obras seja instalado na margem esquerda da sanga, na lateral do posto de combustível, no entanto, a empresa executante poderá sugerir outro local que seja compatível com a logística e execução da obra.

##### *4.1.2 Remoção de vegetação instável*

Todos os trechos de intervenção que apresentarem vegetação instável ou árvores de grande porte localizadas no topo dos taludes, deverão ser alvo de limpeza com remoção da vegetação. Durante a execução da obra sempre que identificadas árvores que apresentem sinais de instabilidade, como tombamento, sistema radicular exposto ou sinais de apodrecimento, estas deverão ser removidas, já que agravam as condições de instabilidade geotécnica dos taludes, podendo causar movimentos de massa ou tombar para dentro do canal, obstruindo o fluxo ou direcionando-o para as margens causando erosões em pontos específicos. Árvores de grande porte localizadas em ilhas de solo (P4.1) ou maciços de bambu (taquareiras) (P4.1 e P4.2) também deverão ser removidas. Na Figura 2 e na Figura 3 estão exemplificados alguns dos exemplares que deverão ser removidos.

Todo o material vegetal que for removido deverá ser transportado para áreas destinadas ao seu descarte adequado, afastadas dos cursos de água.





Figura 2. Ponto 3.1 com presença de árvores exóticas de grande porte na margem esquerda (à esquerda). Ponto 4.1 com maciço de bambu de grande porte na margem esquerda (à direita). Fotografias: Rita SOUSA, 2024.

A remoção de vegetação instável ou árvores de grande porte deverá ser realizada nos trechos P1.1, P1.3, P2.1, P3.1, P3.2, P4.1 e P4.2.

#### *4.1.3 Limpeza do eixo da torrente*

Após remoção de toda a vegetação instável deverá ser executada a limpeza do eixo da torrente com escavadeira hidráulica. Consiste na remoção de todos os blocos de pedra, entulho, árvores caídas, galharia e/ou outros materiais inertes ou vivos existentes no canal. Esta limpeza tem como objetivo desobstruir o canal, minimizando alterações no regime do fluxo e os fenômenos de turbulência e os redirecionamentos do fluxo de água para os taludes. A limpeza é especialmente importante, uma vez que previne o acúmulo de resíduos no canal (galhos, árvores caídas no canal ou lixo) a montante das passagens hidráulicas, evitando o represamento da água por obstrução e turbilhonamento do fluxo que pode ocasionar processos erosivos nas margens.

Também deverão ser removidas “ilhas de solo” (P4.1) (Figura 3 à direita) e bancos de sedimentos (P4.2 margem direita) (Figura 4 à direita) que causam divisão e/ou direcionamento do fluxo de água para as margens.



Figura 3. Ponto 3.1 com presença de materiais inertes que causam turbulência e obstrução do canal (à esquerda). Ponto 4.1 com banco de sedimentos na margem direita que causa estreitamento do canal e direcionamento do fluxo para a margem esquerda (à direita). Fotografias: Rita SOUSA, 2024.



Figura 4. Ponto 1.1 com presença de árvores caídas e galharia no canal que causam turbulência e obstrução do fluxo (à esquerda). Ponto 4.2 com presença de ilha de solo depositado que causa divisão do fluxo e processo erosivo nas margens (à direita). Fotografias: Junior DEWES, 2024.

O material rochoso retirado do canal (P3.1/3.2) que apresente dimensões  $> 12\text{ cm}$  e  $< 25\text{ cm}$  poderá ser posteriormente utilizado na execução do enchimento do muro de gabião. Pedras com dimensão  $> 30\text{ cm}$  poderão ser utilizadas no enrocamento vivo (sempre que essa dimensão atender ao mínimo especificado para o enrocamento de cada trecho). Já os outros resíduos inertes e vegetais deverão ser removidos e transportados para áreas destinadas ao seu descarte adequado, afastadas dos cursos de água.

A limpeza do eixo da torrente deverá ser realizada nos trechos P1.1, P1.3, P2.2, P3.1, P3.2, P4.1 e P4.2.





#### 4.1.4 Terraplenagem

Concluída a limpeza do eixo da torrente deverá ser executada a remodelagem dos taludes com escavadeira hidráulica que permita o corte e aterro dos taludes nas condições adequadas de segurança. Antes das atividades de remodelação deverá ser realizado o posicionamento de marcos topográficos no terreno com a ajuda de estação total ou RTK. Esta atividade permitirá a execução das atividades de corte dos taludes com maior rapidez, além de permitir maior precisão no posicionamento do novo eixo do canal.

A terraplenagem consiste na reconformação das margens, ou seja, no corte para redução da inclinação dos taludes e posterior aterro no interior e no tardo das estruturas projetadas. Assim sendo, os taludes serão reconformados para inclinações inferiores às atuais, o que aumenta a estabilidade geotécnica dos mesmos.

Uma vez que os taludes não irão suportar cargas, o material deverá ser compactado apenas com recurso à própria concha da máquina utilizada para o corte, não sendo necessário fazer utilização de compactador de solo. Deste modo, a compactação do solo deverá permitir o desenvolvimento da vegetação implementada nas intervenções.

Os novos parâmetros geométricos do canal para cada área de intervenção devem seguir o especificado nas Pranchas 01 a 06.

#### 4.1.5 Controle de formigas

A presença de formigas cortadeiras deve ser monitorada e o seu controle deve ser feito com iscas formicidas, antes dos trabalhos de plantio serem iniciados, bem como durante toda a fase de execução e posterior manutenção.

#### 4.1.6 Aplicação de calcário

Imediatamente após a reconfiguração dos taludes e antes do início da execução das estruturas de Engenharia Natural, deve ser realizado o trabalho preparatório de calagem para correção da acidez do solo em todas as áreas de intervenção.

Deverá ser utilizado calcário finamente moído tipo “Filler” com PRNT >90% devido à sua menor granulometria, o que proporciona maior reatividade, resultando em neutralização mais rápida da acidez do solo.



As análises de solo foram realizadas em 3 áreas. Para a área 4.2 o resultado indica um pH considerado muito baixo não sendo por isso adequado para o desenvolvimento da vegetação, conforme se pode observar na Tabela 1. Para as áreas 3.1/3.2 e 4.1 é considerado adequado para o desenvolvimento da vegetação especificada neste projeto.

Tabela 1. Valores de pH para as três áreas amostradas.

Área de coleta	Área 3	Área 4	Área 4
	P3.1/3.2 margem direita	P4.1 margem direita	P4.2 margem esquerda
Amostra nº	4974	4975	4976
pH	6,6	7,2	4,7

Nota: As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo (ROTINA) da UFSM.

O calcário deverá ser aplicado para elevar o pH até ao valor de 6,5, numa quantidade de 2900 g/m<sup>2</sup> para a área 4.2. Já para o caso das áreas 3.1/3.2 e 4.1 apesar do pH ser adequado para o desenvolvimento da vegetação, haverá revolvimento de solo devido ao retaludamento das margens (aterro e escavação) e por isso deverá ser incorporado ao solo uma quantidade de 20 g/m<sup>2</sup>.

Após a aplicação do calcário, a camada de solo deverá ser revolvida superficialmente com um rastelo ancinho para incorporação do calcário ao solo. O cálculo da calagem foi realizado com base no Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SBCS, 2004).

O laudo de análise de solo pode ser consultado no Anexo II.

#### *4.1.7 Cuidados com o material vegetal*

Durante o transporte do material vegetal proveniente do viveiro de origem deve-se garantir que as plantas sejam protegidas (por exemplo, com lona plástica) de forma a minimizar o ressecamento dos ramos e folhas. As plantas devem ser armazenadas junto às áreas de intervenção, à sombra e irrigadas sempre que necessário durante o período de armazenamento a campo e antes da execução do plantio.

Após execução do plantio, as mudas devem ser devidamente irrigadas, dando-se preferência para horários durante o início da manhã ou no fim da tarde.



## 4.2 Técnicas de Engenharia Natural

Neste capítulo serão descritos os procedimentos executivos referentes à implantação das intervenções de Engenharia Natural para estabilização e controle de processos erosivos nos taludes fluviais e fundo do canal da Sanga Lagoão do Ouro. Na Prancha 01 está representada a alocação planialtimétrica das técnicas descritas neste projeto executivo.

### *4.2.1 Muro de suporte vivo parede simples*

O muro de suporte vivo simples ou parede krainer vegetada simples é uma técnica longitudinal utilizada para estabilização e contenção de taludes fluviais.

Será executada junto à Escola Infantil Ipê Amarelo no P2.1 (Figura 1), na margem direita em um trecho de aproximadamente 46,0 m de comprimento, conforme representado na Prancha 01. A estrutura tem altura de 1,85 m e profundidade de 2,0 m. Os troncos de madeira a serem utilizados na execução do muro podem ser das espécies *C. citriodora*, *C. maculata*, ou de outras espécies que apresentem características de densidade básica da madeira igual ou superior a 0,8 g/cm<sup>3</sup>. A espécie escolhida pela empresa executante deve ser previamente submetida à aprovação da equipe projetista. A madeira não deve ser tratada e não pode apresentar casca.

Primeiramente deverá ser feito uma pequena escavação na base do talude para implementar a primeira fila de troncos longitudinais com o alinhamento final. Para garantir uma maior resistência e compactação da estrutura linear é necessário que os troncos longitudinais adjacentes sejam unidos mediante um encaixe em meia madeira e posterior fixação, conforme representado no detalhe da Prancha 7. O corte deve ser realizado com motosserra nos dois troncos adjacentes e posterior fixação com barra de aço CA-50 nervurado com diâmetro de 12,5 mm e comprimento de 0,18 m (igual ao diâmetro do tronco). Previamente à inserção das barras de aço deve ser executado um furo de mesmo diâmetro do aço (Ø 12,5 mm), de forma a evitar que o tronco de madeira seja danificado durante a pregagem.

Em seguida procede-se à aplicação de uma fila de troncos verticais cravados na face do primeiro tronco longitudinal para ancoragem da base da estrutura. Os troncos verticais devem ser espaçados entre eles de 1,20 m. Na sequência os troncos verticais devem ser fixados à primeira fila de troncos longitudinais com barra de aço nervurado com diâmetro de 12,5 mm e comprimento de 0,36 m (igual ao somatório do diâmetro dos dois troncos). Previamente à inserção das barras de aço deve ser executado um furo de mesmo diâmetro do aço (Ø 12,5 mm) nos dois troncos, simultaneamente.



A próxima atividade é a cravação da primeira linha de troncos transversais com comprimento de 2,0 m dentro do talude. A cravação dos troncos é facilitada mediante o corte da extremidade da madeira em forma de ponta. Os troncos transversais deverão ser cravados de tal forma que a inclinação resultante seja de cerca de 10° em relação à horizontal permanecendo espaçados 1,20 m entre si (distância medida entre o centro dos troncos).

A primeira linha de troncos transversais deve ser fixada à fila inferior, através de barra de aço CA-50 nervurado (diâmetro 12,5 mm e comprimento de 0,36 m). Para obter uma correta fixação é necessário perfurar simultaneamente, de forma completa, os dois troncos a serem fixados. Após aplicação e fixação dos troncos transversais deve ser colocada a segunda fila de troncos longitudinais posicionada com recuo em relação à inferior, de modo a obter um paramento frontal com uma inclinação de cerca de 30° em relação à vertical. Todos os troncos contíguos devem ser encaixados e fixados entre si. A segunda fila de troncos longitudinais deve ser fixada à primeira fila de troncos transversais.

Posteriormente, devem ser posicionadas as mudas arbustivas no paramento frontal da estrutura nos interstícios entre os troncos de madeira na densidade de plantio de 5 un./m (intercalando as espécies entre si). Devem ser utilizadas as seguintes espécies: *A. cathartica*, *C. brevipes*, *C. brasiliensis*, *G. schottiana* e *S. virgata*. No momento da aplicação das mudas, estas devem ser adubadas com uma dose de 35 g de adubo NPK 18:18:18 e aplicado um polímero hidrorretentor (hidrogel) em uma dose de 300 ml de solução por muda. O adubo deve ser misturado ao solo de forma a não ficar em contato direto com o sistema radicular das mudas, enquanto que o hidrogel deve ser aplicado diretamente junto ao sistema radicular das plantas. Após o plantio, as mudas devem ser irrigadas, dando-se preferência para horários no início da manhã ou no fim da tarde.

Posteriormente à aplicação das mudas arbustivas deve ser colocado o biorretentor de coco com diâmetro de 0,30 m na parte posterior da estrutura no espaço entre troncos longitudinais. Deverão ser utilizados biorretentores compostos por fibras 100% coco, compactos e reforçados exteriormente por uma rede estrutural em polipropileno ou em fibra de coco. O biorretentor de coco deve ser posicionado sobre as mudas, sem danificar as mesmas, garantindo que não permaneçam espaços abertos entre os troncos, de forma que, durante a oscilação do nível da água, o solo do interior da estrutura não seja arrastado para fora da mesma. Posteriormente à aplicação dos biorretentores de coco deverá ser feito o enchimento da estrutura com solo ligeiramente compactado (oriundo do reapeçoamento dos taludes) até à altura correspondente ao segundo tronco longitudinal.





Na sequência deverão ser repetidos todos os procedimentos executivos descritos anteriormente até alcançar a altura prevista em projeto para a estrutura.

Preferencialmente, os troncos transversais nunca devem ser apoiados em encaixes entre troncos longitudinais, conforme se pode observar na Prancha 07. Por sua vez os encaixes entre troncos longitudinais devem ser sempre apoiados em troncos transversais para garantir maior estabilidade e devem estar desencontrados entre si de forma a evitar um plano de ruptura preferencial (Prancha 07).

O restante do talude na parte superior da estrutura deverá receber plantio de mudas de espécies arbustivas e mudas de espécies herbáceas conforme descrito nos itens 4.2.8 e 4.2.9, respectivamente. Imediatamente a montante e jusante da parede krainer deverá ser construído um enrocamento vegetado perfeitamente encostado à estrutura para proteção da mesma, conforme descrito no item 4.2.4.

O quantitativo de materiais, bem como a localização desta técnica e o detalhamento construtivo estão descritos respectivamente no ANEXO I e Pranchas 01, 02 e 07.

#### *4.2.2 Muro de suporte vivo parede dupla*

O muro de suporte vivo parede dupla ou parede krainer vegetada dupla é uma técnica longitudinal utilizada para estabilização e contenção de taludes fluviais. Deverá ser executado em dois trechos (Figura 1):

- Na margem direita do P3.1 e P3.2 num trecho de aproximadamente 30,0 m de comprimento, altura de 1,85 m e largura de 2,30 m, conforme representado na Prancha 02;
- Na margem esquerda no P4.2 num trecho de aproximadamente 18,0 m de comprimento, composto por dois patamares com alturas de 1,51 e 0,86 m, e largura de 2,3 m, conforme representado na Prancha 04.

Primeiramente efetua-se a modelagem do terreno, onde será implantada a estrutura. A base deve ser preparada sobre solo limpo (sem a presença de materiais orgânicos) e compactado e deve ter uma inclinação de 10° em relação à horizontal. Na sequência deverá ser executada uma base em pedra compacta (dimensão 50 cm), aumentando deste modo a resistência do solo de fundação. A conformação, espessura e detalhes da base estão representados na Prancha 02 (P3.1/P3.2) e Prancha 04 (P4.2).



A execução da estrutura inicia-se com a colocação das duas filas de troncos longitudinais paralelas entre si, distanciadas de 2,0 m (distância medida entre o centro dos troncos). Os troncos de madeira a serem utilizados na execução do muro podem ser das espécies *C. citriodora*, *C. maculata*, ou de outras espécies que apresentem características de densidade básica da madeira igual ou superior a 0,8 g/cm<sup>3</sup>. A espécie escolhida pela empresa executante deve ser previamente submetida à aprovação da equipe projetista. A madeira não deve ser tratada e não pode apresentar casca.

Quando necessário, uma vez que os troncos longitudinais têm apenas 3,0 m de comprimento, troncos adjacentes deverão ser unidos entre si por meio de um encaixe tipo meia madeira (o corte deve ter dimensão de 0,15 m e ser realizado com motosserra nos dois troncos adjacentes), conforme representado no detalhe da Prancha 07 e posterior fixação com barra de aço CA-50 nervurado com diâmetro de 12,5 mm e comprimento de 0,18 m (igual ao diâmetro do tronco). Previamente à inserção das barras de aço deve ser executado um furo de mesmo diâmetro do aço (Ø 12,5 mm), de forma a evitar que o tronco de madeira seja danificado durante a pregagem.

As duas filas de troncos longitudinais da base deverão ser ancoradas com barras de aço CA-50 nervurado (Ø 12,5 mm) com comprimento de 1,00 m. Estas ancoragens devem estar distanciadas 1,00 m entre si e serem cravadas com execução de furo prévio na madeira em solo estruturado.

Em seguida coloca-se a fila de troncos transversais com comprimento de 2,30 m, espaçados 1,20 m entre si (distância medida entre o centro dos troncos), em sentido ortogonal aos longitudinais, fixando-a à fila inferior através de barras de aço nervurado (diâmetro 12,5 mm e comprimento 0,36 m). Previamente à inserção das barras de aço deve ser executado um furo de mesmo diâmetro do aço (Ø 12,5 mm), de forma a evitar que o tronco de madeira seja danificado durante a pregagem.

Após aplicação e fixação dos troncos transversais deve ser colocada a segunda fila de troncos longitudinais posicionada com recuo em relação à inferior, de modo a obter um paramento frontal com uma inclinação de cerca de 10° em relação à vertical. Todos os troncos contíguos devem ser encaixados e fixados entre si. A segunda fila de troncos longitudinais deve ser fixada à primeira fila de troncos transversais.

Posteriormente, devem ser posicionadas as mudas arbustivas no paramento frontal da estrutura nos interstícios entre os troncos de madeira na densidade de plantio de 5 un/m (intercalando as espécies entre si). Devem ser utilizadas as seguintes espécies: *A. cathartica*, *C. brevipes*, *C. brasiliensis*, *G. schottiana* e *S. virgata*. No momento da aplicação das mudas,



estas devem ser adubadas com uma dose de 35 g de adubo NPK 18:18:18 e aplicado um polímero hidrorretentor (hidrogel) em uma dose de 300 ml de solução por muda. O adubo deve ser misturado ao solo de forma a não ficar em contato direto com o sistema radicular das mudas, enquanto que o hidrogel deve ser aplicado diretamente junto ao sistema radicular das plantas. Após o plantio, as mudas devem ser irrigadas, dando-se preferência para horários no início da manhã ou no fim da tarde.

Posteriormente à aplicação das mudas arbustivas deve ser colocado o biorretentor de coco com diâmetro de 0,30 m na parte posterior da estrutura no espaço entre troncos longitudinais. Deverão ser utilizados biorretentores compostos por fibras 100% coco, compactos e reforçados exteriormente por uma rede estrutural em polipropileno ou em fibra de coco. O biorretentor de coco deve ser posicionado sobre as mudas, sem danificar as mesmas, garantindo que não permaneçam espaços abertos entre os troncos, de forma que, durante a oscilação do nível da água, o solo do interior da estrutura não seja arrastado para fora da mesma. O detalhe do posicionamento do biorretentor no interior da estrutura pode ser observado na Prancha 07. Posteriormente à aplicação dos biorretentores de coco deverá ser feito o enchimento da estrutura com solo ligeiramente compactado (oriundo do reafeiçoamento dos taludes) até à altura correspondente ao segundo tronco longitudinal.

Na sequência deverá ser colocada a segunda fila de troncos transversais, garantindo-se que a posição dos troncos esteja desfasada em relação aos troncos da primeira fila de troncos transversais. Deverão ser seguidos todos os procedimentos descritos para aplicação de filas de troncos transversais e longitudinais anteriormente até que a altura do muro de suporte alcance o previsto no projeto.

Para o caso específico do P4.2, a estrutura deverá ser executada em dois patamares. O primeiro patamar deverá ter uma altura de 1,51 m e o segundo patamar 0,86 m. O segundo patamar deve ser executado com um recuo de 0,80 m em relação ao primeiro. Para tal, deverão ser colocados dois troncos longitudinais espaçados 0,80 m do tronco longitudinal do patamar inferior, conforme se pode observar na Prancha 07, e a partir desse tronco reiniciar-se a colocação sucessiva de troncos transversais e longitudinais até se alcançar a altura especificada.

Preferencialmente, os troncos transversais nunca devem ser apoiados em encaixes entre troncos longitudinais, conforme se pode observar nos detalhes executivos da Prancha 07. Por sua vez os encaixes entre troncos longitudinais devem ser sempre apoiados em troncos transversais para garantir maior estabilidade e devem estar desencontrados entre si de forma a evitar um plano de ruptura preferencial (Prancha 07).



No P3.1/3.2, o restante do talude na parte superior da estrutura deverá receber plantio de mudas de espécies arbustivas e mudas de espécies herbáceas conforme descrito nos itens 4.2.8 e 4.2.9, respectivamente. Imediatamente a jusante da parede krainer deverá ser construído um enrocamento vegetado perfeitamente encostado à estrutura para proteção da mesma, conforme descrito no item 4.2.4. Os detalhes construtivos estão apresentados nas Pranchas 02 e 07.

No P4.2, o restante do talude na parte superior da estrutura deverá receber linhas de biorrententores vegetados conforme descrito no item 4.2.7. Imediatamente a montante e jusante da parede krainer deverá ser construído um enrocamento vegetado perfeitamente encostado à estrutura, conforme descrito no item 4.2.4. Os detalhes construtivos estão apresentados nas Pranchas 04 e 07.

A localização dos muros de suporte vivo parede dupla está representada na Prancha 01. O quantitativo de materiais está descrito no ANEXO I.

#### *4.2.3 Muro de suporte gabião vivo*

O muro de gabião é uma estrutura gravítica executada longitudinalmente para estabilização e contenção de taludes fluviais.

Será executada junto ao posto de combustível, no P3.1/3.2 (Figura 1), na margem esquerda, perfeitamente encostado à ombreira esquerda da passagem hidráulica conforme representado na Prancha 01. A estrutura terá comprimento de 18 m e é composta por 2 patamares de gabião caixa, cada um com 1 m de altura.

Para implantação do gabião vivo deverá previamente ser executada a escavação e remoção do material existente no talude e na base.

Na sequência procede-se à aplicação de um geotêxtil do tipo não tecido agulhado com permeabilidade normal mínima 0,36 cm/s, gramatura de 400 g/m<sup>2</sup> e resistência à tração mínima de 20 kN/m. Este geotêxtil funciona como separação e sistema de filtragem, permite a passagem de água e retenção das partículas de solo. O geotêxtil deverá ser aplicado para separar a base em pedra do solo, bem como no tardo do gabião para separar o gabião do talude. Sempre que existirem sobreposições entre camadas de geotêxtil, as mesmas deverão ser sobrepostas no mínimo 40 cm de forma a evitar a perda de solo nessas sobreposições.

Posteriormente deve ser executada uma base em pedra (dimensão 50 cm) com comprimento total de 18 m, espessura média de 50 cm e largura de 2,0 m. Será utilizado um volume total





de 20,7 m<sup>3</sup> de pedra, sendo que esta quantidade já considera um coeficiente de empolamento de 15%.

Após execução da base inicia-se a construção do muro de gabião cuja base deverá estar 0,30 m abaixo do topo do enrocamento do fundo do leito (ver detalhe da Prancha 06). As caixas do patamar da base devem ser posicionadas com uma inclinação de 6° em relação à horizontal, conforme representado na Prancha 06.

As dimensões, quantidade de caixas e pedra de enchimento para cada patamar está representada na Tabela 2.

Tabela 2. Dimensão e quantidade de caixas em cada patamar e pedra para preenchimento da estrutura.

Estrutura	Dimensão das caixas * C x L x A (m)	Quantidade de caixas (un)	Quantidade de pedra (m <sup>3</sup> ) **
Patamar 1 (base)	3,0 x 1,5 x 1,0	6	31,1
Patamar 2 (topo)	3,0 x 1,0 x 1,0	4	20,7
	2,0 x 1,0 x 1,0	3	

\*As caixas de gabião deverão ser revestidas a PVC. \*\*Considerando um coeficiente de empolamento de 15%.

De seguida pode proceder-se à aplicação das caixas em rede de malha hexagonal galvanizada dupla torção 8x10, revestida a PVC. As caixas quando desdobradas na obra apresentam a forma de um paralelepípedo. No seu interior apresentam diafragmas (painéis em malha hexagonal com espaçamento de 1 m) e deverão ser colocados tirantes em aço (tensores) com diâmetro de 3,0 mm que funcionam como esticadores, evitando a deformação das caixas e consequentemente da estrutura.

Para garantir que a estrutura apresente a estética esperada deve ser garantido um bom acabamento do paramento frontal. Para isso pode-se recorrer à utilização de um gabarito. O gabarito pode ser formado por três tábuas de madeira de aproximadamente 2 a 3 cm de espessura, 4 a 5 m de comprimento e 20 cm de largura, mantidas paralelas a uma distância de 20 cm entre elas por tábuas transversais menores, formando grelhas de aproximadamente 1 x 4m. O gabarito deve ser fixado firmemente ao paramento externo.

O enchimento das caixas deverá ser realizado com pedra de mão compacta (limpas, compactas, não friáveis e não solúveis em água) que possam garantir o comportamento e a resistência esperada para a estrutura. A dimensão da pedra utilizada deve ser de 12 a 25 cm. As pedras devem ser colocadas manualmente para reduzir ao máximo o índice de vazios,

conforme previsto no dimensionamento, até alcançar aproximadamente uma altura de 0,30 m. O procedimento de enchimento e suas fases estão representados na Figura 5 - A. Devem ser colocados dois tirantes (tensores) horizontalmente a cada metro cúbico (em cada célula). Tais tirantes devem ser amarrados a duas torções (mínimo quatro arames distintos) da face frontal (aproveitando o espaço existente entre as tábuas do gabarito) e a duas da face posterior de cada célula, conforme representado na Figura 5 - B.

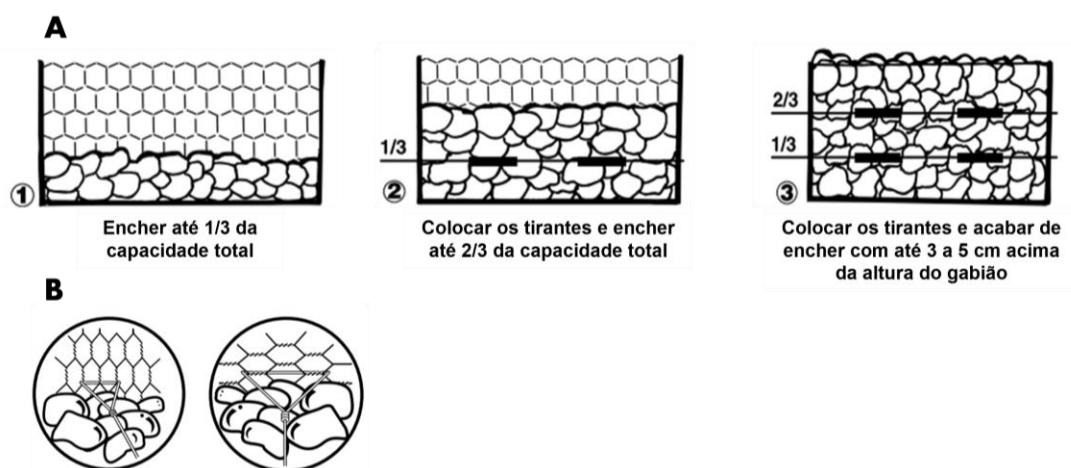


Figura 5. A - Procedimento de enchimento (adaptado de BARROS, 2008). B - Detalhe da colocação dos tirantes (tensores) (BARROS, 2008).

O enchimento das caixas deve exceder a sua altura em aproximadamente 3 a 5 cm. Superar este limite pode gerar dificuldades na hora do fechamento dos gabiões;

Após o preenchimento das caixas, a tampa deve ser posicionada sobre a caixa com a finalidade de fechar superiormente o gabião, sendo amarrada ao longo de todo o perímetro livre a todas as bordas superiores dos painéis verticais. A amarração deve unir também a borda em contato com as caixas gabião adjacentes.

Nesta fase deve proceder-se ao aterro no tardo da estrutura, tendo especial atenção para posicionar o geotêxtil no tardo das caixas de forma a separar as mesmas do talude, conforme representado no detalhe da Prancha 06. O aterro deverá ser feito até à altura da caixa, executado em camadas de 20 cm posteriormente compactadas com compactador de solo tipo sapo. Poderá ser utilizado material retirado da limpeza do eixo da torrente para aterro do tardo do primeiro patamar.

Posteriormente deve proceder-se à aplicação das caixas de gabião do segundo patamar (topo) com dimensões conforme apresentado na Tabela 2. A aplicação das caixas do segundo



patamar deve ser realizada de forma desencontrada das caixas da base, ou seja, devem ser utilizadas caixas de comprimento 2,0 m e 3,0 m de forma a não criar um plano preferencial de ruptura. O posicionamento das caixas está representado na Prancha 06.

A face das caixas superiores deve ser posicionada 0,25 m recuada em relação ao patamar da base (Prancha 06). Todos os elementos que formam as estruturas em gabiões são unidos entre si através de amarrações executadas ao longo de todas as arestas em contato, formando uma estrutura monolítica. O resultado é um bloco homogêneo que tem as mesmas características de resistência em qualquer ponto da estrutura.

No segundo patamar devem ser inseridas mudas arbustivas numa densidade de 4 un/m. Deverão ser posicionadas ao longo da estrutura 2 linhas de plantio, a primeira distante 0,30 m da base do 2º patamar e a segunda 0,30 m afastada da primeira linha (conforme representado na Prancha 06). Deve ser garantida a inserção das mudas no talude do tardo do muro, permitindo desta forma o seu enraizamento no solo, para aumentar o efeito estabilizante. Para tal deve ser feito um pequeno furo no geotêxtil que separa o tardo do muro do solo do talude. Durante o plantio, no solo deve ser aplicado o adubo (35 g/un) e hidrogel (300 ml por muda). Devem ser utilizadas as espécies *C. brevipes*, *C. brasiliensis*, *G. schottiana* e *P. sellowianus*. Os detalhes do plantio podem ser observados na Prancha 06.

No final da execução dos 2 patamares o geotêxtil que separa o gabião do talude deverá ser prolongado sobre o talude. Na parte superior do gabião será executado um talude com 20° de inclinação e posteriormente deverá ser executado um pequeno enrocamento vivo conforme descrito no item 4.2.4. Acima do enrocamento, no restante talude deverá ser realizado o plantio de mudas de espécies arbustivas e mudas de espécies herbáceas conforme descrito nos itens 4.2.8 e 4.2.9, respectivamente. Imediatamente a jusante do gabião deverá ser construído um enrocamento vegetado perfeitamente encostado à estrutura para proteção do mesmo, conforme descrito no item 4.2.4.

A localização desta técnica e o detalhamento construtivo estão descritos nas Pranchas 01, 02 e 06. O quantitativo de materiais está descrito no Anexo I.

#### 4.2.4 Enrocamento vivo

O enrocamento vivo ou rip-rap vegetado é uma intervenção utilizada para revestimento e proteção dos taludes fluviais. Consiste na colocação de rochas com dimensão adequada à velocidade limite de transporte, combinada com mudas arbustivas, o que aumenta a sua ação



estabilizante à medida que o sistema radicular das plantas se desenvolve. Deverá ser executado nos seguintes trechos (Figura 1):

- No P2.1, na margem direita em dois trechos com comprimento de 1,70 m cada, conforme representado na Prancha 01;
- Na margem esquerda do P3.1/3.2, acima do muro de gabião num trecho de aproximadamente 18,0 m de comprimento, conforme representado nas Pranchas 01, 02 e 06;
- Na margem esquerda do P3.1/3.2, a jusante do muro de gabião num trecho de aproximadamente 68,0 m de comprimento, conforme representado nas Pranchas 01, 02 e 03;
- Na margem direita do P3.1/3.2, a jusante do muro de suporte vivo parede dupla, num trecho de aproximadamente 57,0 m de comprimento, conforme representado nas Pranchas 01 e 03;
- No trecho P4.1 nas duas margens, com comprimento de aproximadamente 40,0 m, conforme representado nas Pranchas 01 e 03;
- Na margem direita do P4.2, num trecho de aproximadamente 35,0 m de comprimento, conforme representado nas Pranchas 01, 04 e 05;
- Na margem esquerda no P4.2, num trecho de aproximadamente 27,0 m de comprimento, a montante (20,0 m) e jusante (7,0 m) do muro de suporte vivo parede dupla, conforme representado nas Pranchas 01, 04 e 05;
- No trecho P4.3 com comprimento de aproximadamente 13,0 m, conforme representado nas Pranchas 01 e 05.

Os enrocamentos vivos deverão ter as características detalhadas na Tabela 3.

Previamente à aplicação do enrocamento deverá ser feito o retaludamento de todos os trechos de intervenção considerando as inclinações definidas para cada talude nos desenhos executivos. Além disso, o enrocamento vivo só deverá ser executado após a conclusão da execução do enrocamento de fundo (nos trechos previstos).

No final da disposição da pedra nos taludes deverá ser realizado o plantio de mudas arbustivas nos seus interstícios numa densidade de 3 un/m<sup>2</sup>, sempre intercalando as espécies entre si. As espécies a serem utilizadas em cada trecho de intervenção estão apresentadas na Tabela 3.





Tabela 3. Dimensão e características dos enrocamentos vivos a serem executados nas margens.

Estrutura	Dimensão pedra (m)	Comprimento (m)	Localização	Observações	Plantio (3 un/m <sup>2</sup> )
Enrocamento 1	0,40	1,7x2	P2.1	A montante e jusante do muro simples	<i>C. brevipes</i> , <i>C. brasiliensis</i> , <i>G. schottiana</i>
Enrocamento 2	0,30	18,0	P3.1/3.2	ME no topo do gabião	<i>A. cathartica</i> , <i>C. brevipes</i> , <i>C. tweedii</i> , <i>C. brasiliensis</i> , <i>G. schottiana</i> , <i>P. sellowianus</i> , <i>S. virgata</i>
Enrocamento 3	0,40	68,0	P3.1/3.2	ME a jusante do gabião	
Enrocamento 4	0,40	57,0	P3.1/3.2	MD a jusante do muro duplo	
Enrocamento 5	0,50	40,0	P4.1	ME	
Enrocamento 6	0,50	40,0	P4.1	MD	<i>A. cathartica</i> , <i>C. brevipes</i> , <i>C. tweedii</i> , <i>C. brasiliensis</i> , <i>G. schottiana</i> , <i>S. virgata</i>
Enrocamento 7	0,50	27,0	P4.2	ME	
Enrocamento 8	0,30	35,0	P4.2	MD	
Enrocamento 9	0,50	13,0	P4.3	MD	

A aplicação do material vegetal entre as pedras do enrocamento deve ser executada com especial atenção, já que este material corre o risco de ser esmagado pelo peso das pedras, ou ser mal inserido no terreno, o que pode prejudicar o sucesso da intervenção. Primeiramente deverão ser afastadas as pedras de modo manual e depois deverão ser abertas as covas de dimensão e profundidade de 20 x 20 cm.

Durante o plantio deverá ser incorporado ao solo do fundo da cova o adubo NPK 18:18:18 numa dose de 35 g e um polímero hidrorretentor (hidrogel) em uma dose de 300 ml de solução por muda. O adubo deve ser misturado ao solo de forma a não ficar em contato direto com o sistema radicular das mudas, enquanto que o hidrogel deve ser aplicado diretamente junto ao sistema radicular das plantas. Após o plantio, as mudas devem ser irrigadas, dando-se preferência para horários no início da manhã ou no fim da tarde.

O volume de pedra apresentado no quantitativo para cada enrocamento considera um coeficiente de empolamento de 15%. O quantitativo de materiais está descrito no ANEXO I.



#### 4.2.5 Soleiras em pedra

As soleiras em pedra são estruturas construídas transversalmente ao curso de água com o objetivo de diminuir a inclinação do leito do canal e a velocidade de fluxo através da formação de um perfil de compensação a montante de cada estrutura.

As soleiras em pedra serão executadas no leito do canal do trecho P3.1/3.2 (Figura 1) e deverão ter as dimensões detalhadas na Tabela 4.

Tabela 4. Dimensão e características das soleiras de pedra a serem executadas no leito.

Estrutura	Comprimento (m)	Dimensão da pedra (m) *	Localização	Observações
Soleira 1	9,9	0,80	13,0 m a jusante da PH	Encaixada no gabião (ME) e no muro de suporte duplo (MD)
Soleira 2	11,0	0,80	11,2 m a jusante da soleira 1	Encaixada no enrocamento vivo (ME) e no muro de suporte duplo (MD)
Soleira 3	10,0	0,80	13,2 m a jusante da soleira 2	Encaixada no enrocamento vivo (MD e ME)

\* A largura da soleira é igual à dimensão da pedra.

As soleiras deverão ser implementadas após a limpeza e regularização do leito com inclinação de 1%. As pedras deverão apresentar dimensão de 0,80 m e deverão ser limpas, compactas, não friáveis e não solúveis em água, de forma a garantir o comportamento e a resistência da estrutura.

Para execução das soleiras será utilizado um volume total de 21,6 m<sup>3</sup> de pedra, sendo que esta quantidade já considera um coeficiente de empolamento de 15%.

O quantitativo de materiais, bem como a localização desta técnica e o detalhamento construtivo estão descritos respectivamente no ANEXO I e Pranchas 01, 02 e 06.

#### 4.2.6 Enrocamento do fundo do leito

O enrocamento do fundo do leito visa proteger o fundo do leito e regularizar o escoamento do fluxo, diminuindo a sua capacidade erosiva. Deverá ser executado em três trechos (Figura 1):

- No leito do trecho P3.1/3.2 com comprimento de aproximadamente 43,0 m, combinado com as soleiras em pedra, conforme representado nas Pranchas 01, 02 e 06;



- No leito na parte final do trecho P4.1, com comprimento de aproximadamente 13,0 m, conforme representado nas Pranchas 01 e 05;
- No leito junto à margem direita no P4.3, num trecho de aproximadamente 3,0 m de comprimento, para preenchimento de um poço existente no leito, conforme representado na Prancha 01.

Os enrocamentos de fundo deverão ter as características detalhadas na Tabela 5.

Tabela 5. Dimensões e características dos enrocamentos a serem executados no leito.

Estrutura	Dimensão da pedra (m)	Comprimento (m)	Área a ser enrocada (m <sup>2</sup> )	Localização	Observações
Enrocamento 1	0,60	13,0	84,7	P3.1/3.2	Entre a PH e a soleira 1
Enrocamento 2	0,40	11,2	78,0	P3.1/3.2	Entre a soleira 1 e a soleira 2
Enrocamento 3	0,40	13,2	92,4	P3.1/3.2	Entre a soleira 2 e a soleira 3
Enrocamento 4	0,40	2,0	15,0	P3.1/3.2	A jusante da soleira 3
Enrocamento 5	0,50	13,0	54,2	P4.1	Na parte final do trecho
Enrocamento 6	0,50	3,0	10,1	P4.3	Junto à margem direita

No trecho P3.1/3.2 o enrocamento de fundo deverá ser executado após limpeza e regularização do leito, com a inclinação de 1%. O mesmo deverá ser disposto e perfeitamente integrado às 3 soleiras projetadas para o local (Prancha 06). Desta forma, recomenda-se que primeiramente sejam implementadas as soleiras e, na sequência, seja disposta a pedra do enrocamento.

No trecho 4.1 o enrocamento de fundo deverá ser executado após limpeza e regularização do leito com a inclinação de 2,5%. O mesmo deverá ser disposto na parte final do trecho, onde a declividade é maior (Prancha 01).

No trecho 4.2 o enrocamento deverá ser aplicado dentro do poço existente na margem direita imediatamente a jusante da intervenção na margem, conforme representado na Prancha 01.

O volume de pedra apresentado no quantitativo para cada enrocamento considera um coeficiente de empolamento de 15%. O quantitativo de materiais está descrito no ANEXO I.

#### 4.2.7 Biorretentores de coco vegetados

Os biorretentores de coco vegetados aplicados nos taludes têm o objetivo de diminuir o comprimento da rampa de solo exposto, funcionando como uma barreira física que controla o escoamento superficial e promove a retenção de solo. A técnica será executada na margem esquerda no P4.2 (Figura 1), no topo do talude num trecho de 45,0 m de comprimento.

Os biorretentores de coco combinados com plantas deverão ser dispostos em linhas ao longo das curvas de nível, de forma a aumentar a eficácia na interceptação do fluxo de água superficial e na retenção do solo. Deverão ser utilizados biorretentores com diâmetro de 30 cm e comprimento de 3,0 m, compostos por fibras 100% coco, compactos e reforçados exteriormente por uma rede estrutural em polipropileno ou em fibra de coco.

Os biorretentores de coco serão dispostos nos trechos acima do muro de suporte vivo parede dupla (item 4.2.2) e do enrocamento vegetado (item 4.2.4) com espaçamento de 2,0 m entre linhas. A posição dos biorretentores de coco está representada nas Pranchas 04 e 05.

Após marcação do posicionamento das linhas de biorretentores deve ser iniciada a sua aplicação com abertura de um pequeno sulco no solo com profundidade de aproximadamente 20 cm. Na sequência os biorretentores deverão ser colocados dentro do sulco. Os biorretentores adjacentes devem ser firmemente amarrados entre si com fio de polipropileno com diâmetro de pelo menos 4 mm, o que aumenta a resistência da estrutura, conforme representado na Figura 6 e nos detalhes de amarração da Prancha 07.



Figura 6. Detalhe da união entre biorretentores de coco adjacentes por meio de fio de polipropileno de 4 mm (centro da imagem). Fonte: Rita SOUSA, 2018.

Na sequência deverá ser realizada a fixação dos biorretentores com pilotos de aço nervurado de comprimento 1,20 m e diâmetro 12,5 mm, cravados no solo com espaçamento aproximado





de 1,0 m entre eles. O piloto de aço nervurado deve ser cravado verticalmente na face do biorretentor e ter formato semelhante a um  $\sqcap$  na extremidade superior (conforme detalhe da Prancha 07). Deve-se garantir que 0,80 m do comprimento do piloto de aço fique cravado no solo.

Terminada a fixação dos biorretentores deverá ser realizado o plantio das mudas na parte posterior dos biorretentores de coco numa densidade de 5 un/m. Devem ser utilizadas as seguintes espécies autóctones: *A. cathartica*, *C. brevipes*, *C. brasiliensis*, *G. schottiana* e *S. virgata*, plantadas sempre de forma intercalada evitando agrupamentos de espécies iguais.

Deverão ser abertas covas de dimensão e profundidade de 20 x 20 cm e durante o plantio deverá ser incorporado ao solo do fundo da cova o adubo NPK 18:18:18 numa dose de 35 g e um polímero hidrorretentor (hidrogel) em uma dose de 300 ml de solução por muda. O adubo deve ser misturado ao solo de forma a não ficar em contato direto com o sistema radicular das mudas, enquanto que o hidrogel deve ser aplicado diretamente junto ao sistema radicular das plantas. Após o plantio, as mudas devem ser irrigadas, dando-se preferência para horários no início da manhã ou no fim da tarde.

Os espaços entre linhas de biorretentores devem ser alvo de plantio de mudas herbáceas conforme descrito no item 4.2.9.

O quantitativo de materiais, bem como a localização desta técnica e o detalhamento construtivo estão descritos respectivamente no ANEXO I e Pranchas 01, 04, 05 e 07.

#### 4.2.8 Plantio de mudas arbustivas

O plantio de mudas arbustivas será feito de forma complementar às técnicas de Engenharia Natural acima descritas, visando a revegetação e proteção do solo na porção superior dos taludes ou em margens de menor inclinação. Deverá ser executada nos seguintes trechos (Figura 1):

- No P2.1, na margem direita acima e a jusante do muro de suporte numa extensão de 82,0 m, conforme representado nas Pranchas 01 e 02;
- No P3.1/3.2, nas duas margens acima do enrocamento vegetado e do muro de suporte numa extensão de 86,0 m, conforme representado nas Pranchas 01, 02, 03 e 07;
- No P4.1, nas duas margens acima do enrocamento vegetado numa extensão de 40,0 m, conforme representado nas Pranchas 01 e 03;
- No P4.2, na margem direita acima do enrocamento vegetado numa extensão de 35,0 m, conforme representado nas Pranchas 01, 04 e 05.



Para execução do plantio de mudas arbustivas primeiramente deverão ser abertas as covas de dimensão e profundidade de 20 x 20 cm.

O plantio deve ser executado numa densidade de 3 un/m<sup>2</sup>, sempre intercalando as espécies entre si. As espécies a serem utilizadas devem ser as seguintes: *A. cathartica*, *C. brevipes*, *C. brasiliensis*, *G. schottiana* L. *elegans* e *S. virgata*. No momento da aplicação das mudas, estas devem ser adubadas com uma dose de 35 g de adubo NPK 18:18:18 e aplicado um polímero hidrorretentor (hidrogel) em uma dose de 300 ml de solução por muda. O adubo deve ser misturado ao solo de forma a não ficar em contato direto com o sistema radicular das mudas, enquanto que o hidrogel deve ser aplicado diretamente junto ao sistema radicular das plantas. Após o plantio, as mudas devem ser irrigadas, dando-se preferência para horários no início da manhã ou no fim da tarde.

O quantitativo de materiais está descrito no ANEXO I.

#### 4.2.9 Plantio de mudas herbáceas

O plantio de mudas herbáceas será feito de forma complementar às técnicas de Engenharia Natural acima descritas, visando a proteção superficial do solo na porção superior dos taludes ou em margens de menor inclinação. Deverá ser executada nos seguintes trechos (Figura 1):

- No P2.1, na margem direita acima e a jusante da parede krainer numa extensão de 82,0 m, conforme representado nas Pranchas 01 e 02;
- No P3.1/3.2, nas duas margens acima do enrocamento vegetado e do muro de suporte numa extensão de 86,0 m, conforme representado nas Pranchas 01, 02, 03 e 07;
- No P4.1, nas duas margens acima do enrocamento vegetado e do muro de suporte numa extensão de 40,0 m, conforme representado nas Pranchas 01 e 03;
- No P4.2, na margem direita acima do enrocamento vegetado numa extensão de 35,0 m, conforme representado nas Pranchas 01, 04 e 05;
- No P4.2, na margem esquerda nos espaços entre os biorretentores de coco, conforme representado nas Pranchas 01, 04 e 07.

Para execução do plantio de mudas arbustivas primeiramente deverão ser abertas as covas de dimensão e profundidade de 20 x 20 cm.

O plantio deve ser executado numa densidade de 4 un/m<sup>2</sup>, sempre intercalando as espécies entre si. As espécies a serem utilizadas devem ser o *Arachis repens/pintoi* e a *Sphagneticola trilobata*.



No momento da aplicação das mudas, estas devem ser adubadas com uma dose de 25 g de adubo NPK 18:18:18 e aplicado um polímero hidrorretentor (hidrogel) em uma dose de 200 ml de solução por muda. O adubo deve ser misturado ao solo de forma a não ficar em contato direto com o sistema radicular das mudas, enquanto que o hidrogel deve ser aplicado diretamente junto ao sistema radicular das plantas. Após o plantio, as mudas devem ser irrigadas, dando-se preferência para horários no início da manhã ou no fim da tarde.

O quantitativo de materiais está descrito no ANEXO I.

#### 4.3 Serviços finais

No final da intervenção devem ser retirados todos os materiais não pertencentes à obra, tais como restos de madeira, metais, plásticos, bandejas e outros. Além disso, deverá ser feita a recomposição do acesso e das áreas impactadas pela execução da obra. Para tal essas áreas deverão ser alvo de semeadura e/ou plantio de espécies herbáceas. Deve-se garantir que no final da obra não permaneçam áreas de solo exposto susceptíveis à ocorrência de processos erosivos.

### **5. VEGETAÇÃO**

Na execução das intervenções de Engenharia Natural foram especificadas espécies reófitas arbustivas e herbáceas autóctones da região. O projeto prioriza o uso de espécies de porte arbustivo lenhoso dentro da zona da vazão projetada, que contribuem para o aumento da estabilidade do fundo e das paredes sem diminuição da seção transversal do canal. As plantas com seus ramos finos e flexíveis favorecem a proteção dos taludes em momentos de cheias, aumentam a rugosidade hidráulica e promovem a diminuição da velocidade do fluxo de água.

As espécies reófitas arbustivas lenhosas a serem utilizadas são: *Allamanda cathartica* L. (Alamanda-amarela) (Figura 7 A), *Calliandra brevipes* Benth. (Caliandra-rosa) (Figura 7 B), *Calliandra tweedii* Benth. (Topete-de-cardeal) (Figura 7 C), *Colliguaja brasiliensis* Klotzsch ex Baill. (Sarandi) (Figura 7 D), *Gymnanthes schottiana* Müll. Arg. (Sarandi-vermelho) (Figura 7 E), *Ludwigia elegans* (Cambess.) H. Hara (Cruz-de-malta) (Figura 7 F), *Phyllanthus sellowianus* (Klotzsch.) Mull. Arg. (Sarandi-branco) (Figura 7 G) e *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (Cambaí-amarelo) (Figura 7 H).



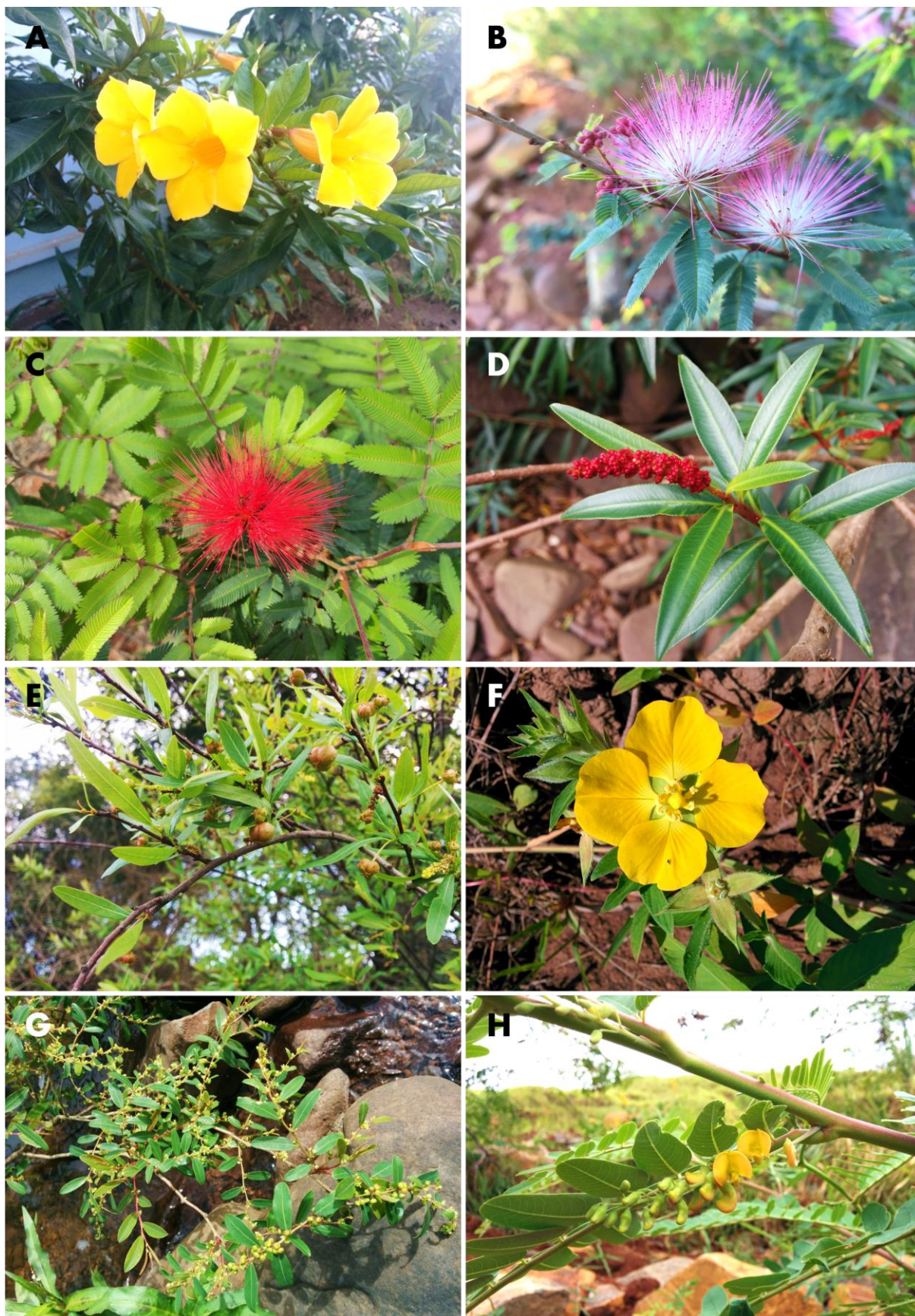


Figura 7. Espécies arbustivas autóctones especificadas para as intervenções de Engenharia Natural. Fotografias: Rita SOUSA.





As espécies herbáceas a serem utilizadas são: *Arachis repens/pinto* Handro/Krapov. & W. C. Greg. (Amendoim-forrageiro) (Figura 8 A) e *Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski (Arnica/malmequero) (Figura 8 B).



Figura 8. Espécies herbáceas autóctones especificadas para as intervenções de Engenharia Natural. Fotografias: Rita SOUSA.

As espécies reófitas especificadas geralmente ocorrem em grandes formações dentro dos canais naturais nos rios da região. As coordenadas geográficas indicadas no Quadro 2 contribuem para a localização e coleta da maioria das espécies arbustivas citadas.

Quadro 2. Pontos com ocorrência natural da maioria das espécies indicadas.

Localidade	Latitude (S)	Longitude (O)	Google Maps
LabEN	29°43'01"	53°43'35"	
Passo dos Macacos	29°33'35"	53°50'14"	
	29°34'01"	53°51'08"	
	29°34'09"	53°51'05"	
Passo do Verde	29°56'17"	53°42'45"	
	29°56'00"	53°42'29"	
3 Barras	29°36'44"	53°41'53"	

A forma de propagação preferencial das espécies arbustivas e herbáceas especificadas para as técnicas de Engenharia Natural estão indicadas no Quadro 3.





Quadro 3. Método de propagação das espécies vegetais especificadas para as técnicas de Engenharia Natural.

Porte	Nome científico	Nome comum	Forma de propagação preferencial
Arbustivo	<i>Allamanda cathartica</i>	Alamanda-amarela	Estacaria/semeadura
	<i>Calliandra brevipes</i>	Caliandra-rosa	Transplante de plântulas/semeadura
	<i>Calliandra tweedii</i>	Topete-de-cardeal	Semeadura
	<i>Colliguaja brasiliensis</i>	Sarandi	Estacaria
	<i>Gymnanthes schottiana</i>	Sarandi-vermelho	Estacaria/semeadura
	<i>Ludwigia elegans</i>	Cruz-de-malta	Estacaria
	<i>Phyllanthus sellowianus</i>	Sarandi-branco	Estacaria/semeadura
	<i>Sesbania virgata</i>	Cambaí-amarelo	Estacaria/semeadura
Herbáceo	<i>Arachis repens/pintoi</i>	Amendoim-forrageiro	Estolão/semeadura
	<i>Sphagneticola trilobata</i>	Arnica/malmequer	Estolão

Conforme indicado no projeto básico, as mudas devem ser previamente produzidas em viveiro, sendo que essa produção deve ser iniciada entre 6 e 8 meses antes da execução das obras. Essa antecedência irá garantir que as mudas produzidas tenham o porte adequado e a rusticidade necessária para a sua sobrevivência e desenvolvimento a campo, garantindo assim o sucesso das intervenções realizadas.

## 6. MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO

A PROINFRA deverá realizar o monitoramento das áreas de intervenção para verificar a evolução das obras de mitigação dos processos erosivos atuantes e principalmente do desenvolvimento da vegetação implementada nas técnicas. Também deverá ser avaliado o comportamento das estruturas físicas. Com base nas visitas poderão ser prescritas intervenções de manutenção. No primeiro ano deverão ser realizadas visitas bimestrais à obra e no segundo ano poderão ser realizadas visitas trimestrais. Durante as visitas deverão ser realizadas fotografias a partir de pontos fixos de forma a acompanhar a evolução das intervenções ao longo do tempo.

As atividades de manutenção têm como objetivo garantir a eficiência das técnicas de intervenção e a taxa de sobrevivência da vegetação autóctone implantada. Deverá ser feito o acompanhamento das intervenções por meio de manutenções periódicas das soluções de revestimento vegetal implantadas durante os primeiros 24 meses após conclusão das obras. A manutenção deverá ser preferencialmente realizada pela empresa executante da obra.



No primeiro ano deverão ser realizadas manutenções trimestrais e no segundo ano serão realizadas semestralmente. Após esse período não deverá ser necessária a realização de mais tarefas de manutenção, no entanto essa necessidade deve ser avaliada a campo. No final do período de manutenção, a empresa executante deverá garantir o atendimento do critério de 80% de taxa de sobrevivência do total de plantas implementadas com as intervenções.

No Quadro 4 está representado o cronograma mensal das atividades de monitoramento e manutenção a serem realizadas nas áreas de intervenção nos primeiros 24 meses.

Quadro 4. Cronograma das atividades de monitoramento e de manutenção.

ATIVIDADES	MESES																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Monitoramento																								
Manutenção																								

A manutenção inclui as tarefas de irrigação, reforço com material vegetativo nas áreas com baixa taxa de sobrevivência do material vegetal (abaixo dos 80%), adensamentos com mudas, reparos em dispositivos transversais para controle do regime hidráulico, correções no declive, se necessário, controle de espécies invasoras e aplicação de formicida em caso de infestação. Além disso, deverá ser verificada a integridade estrutural dos muros de suporte e dos enrocamentos e, se necessário, proceder a reparações.

Também deverá ser realizada uma adubação de cobertura, trimestralmente, constituída pela aplicação de composto orgânico (500 g/m<sup>2</sup>) e adubo mineral granulado Superfosfato Simples (300 g/m<sup>2</sup>) nas áreas de intervenção.

## 7. PERÍODO DE EXECUÇÃO

As atividades de execução da obra devem ser preferencialmente executadas durante o período de menor precipitação, principalmente por questões relacionadas à segurança e eficiência executiva durante a realização das atividades.



## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As soluções construtivas detalhadas neste projeto executivo baseiam-se em técnicas e conceitos de Engenharia Natural e pretendem solucionar a erosão do fundo do leito e das margens, devolver a resiliência, além de trazer benefícios ambientais, estéticos e paisagísticos aos trechos intervencionados. As técnicas especificadas visam a reintrodução de espécies reófitas autóctones do local que, devido à ação do fluxo de água, não se conseguem estabelecer sem medidas de apoio inicial. As técnicas escolhidas valorizam a combinação de materiais inertes com espécies vegetais autóctones do ambiente reófilo das matas ciliares da bacia hidrográfica de estudo.

Neste projeto foram detalhadas as soluções dos problemas do ponto de vista construtivo, considerando as descrições de implantação das técnicas, bem como a especificação e quantificação dos materiais vivos e inertes a serem utilizados em cada intervenção.

Para garantir a eficácia e o sucesso das intervenções de Engenharia Natural é importante que as especificações técnicas descritas neste projeto sejam seguidas. As alterações de detalhes construtivos não previstos em projeto devem ser previamente aprovadas pela equipe projetista.

É importante salientar que antes da implantação das intervenções, o projeto e as pranchas que o acompanham devem ser estudados em detalhe.

A execução da obra deverá ser conduzida por um profissional com capacitação técnica e experiência na implantação de obras de engenharia.

A solicitação da autorização prévia junto ao órgão ambiental competente para o corte de vegetação nativa na Área de Preservação Permanente faz-se necessária e é de inteira responsabilidade do executor do projeto.

## 9. RELAÇÃO DE DOCUMENTOS

Assim como este Memorial Descritivo, fazem parte do Projeto Executivo os seguintes documentos:

Prancha 01 – Localização planialtimétrica das intervenções;

Pranchas 02 a 05 – Perfis transversais com a alocação das intervenções;

Prancha 06 – Perfil longitudinal P3.1/3.2 e detalhes construtivos;

Prancha 07 – Detalhes construtivos;



ANEXO I – Quantitativo de materiais e insumos necessários para execução dos serviços;

ANEXO II – Laudo de análise de solo.

ANEXO III – Orçamento dos insumos;

ANEXO IV – Planta georreferenciada das áreas de intervenção.

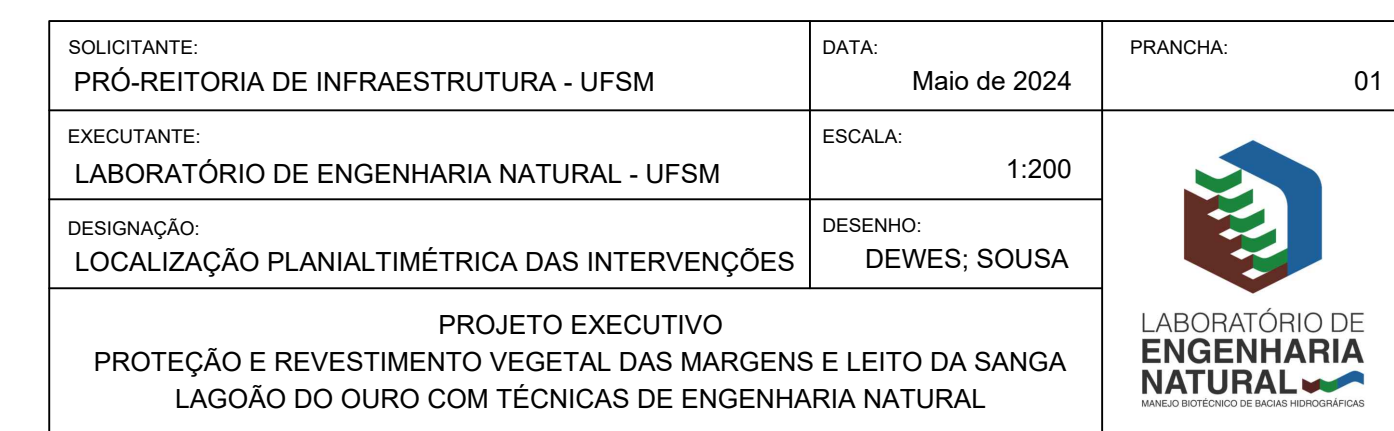
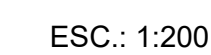
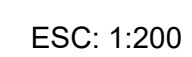
## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, P. L. DE A. **Obras de Contenção - Manual Técnico**. Maccaferri do Brasil, , 2008.

SBCS. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004.

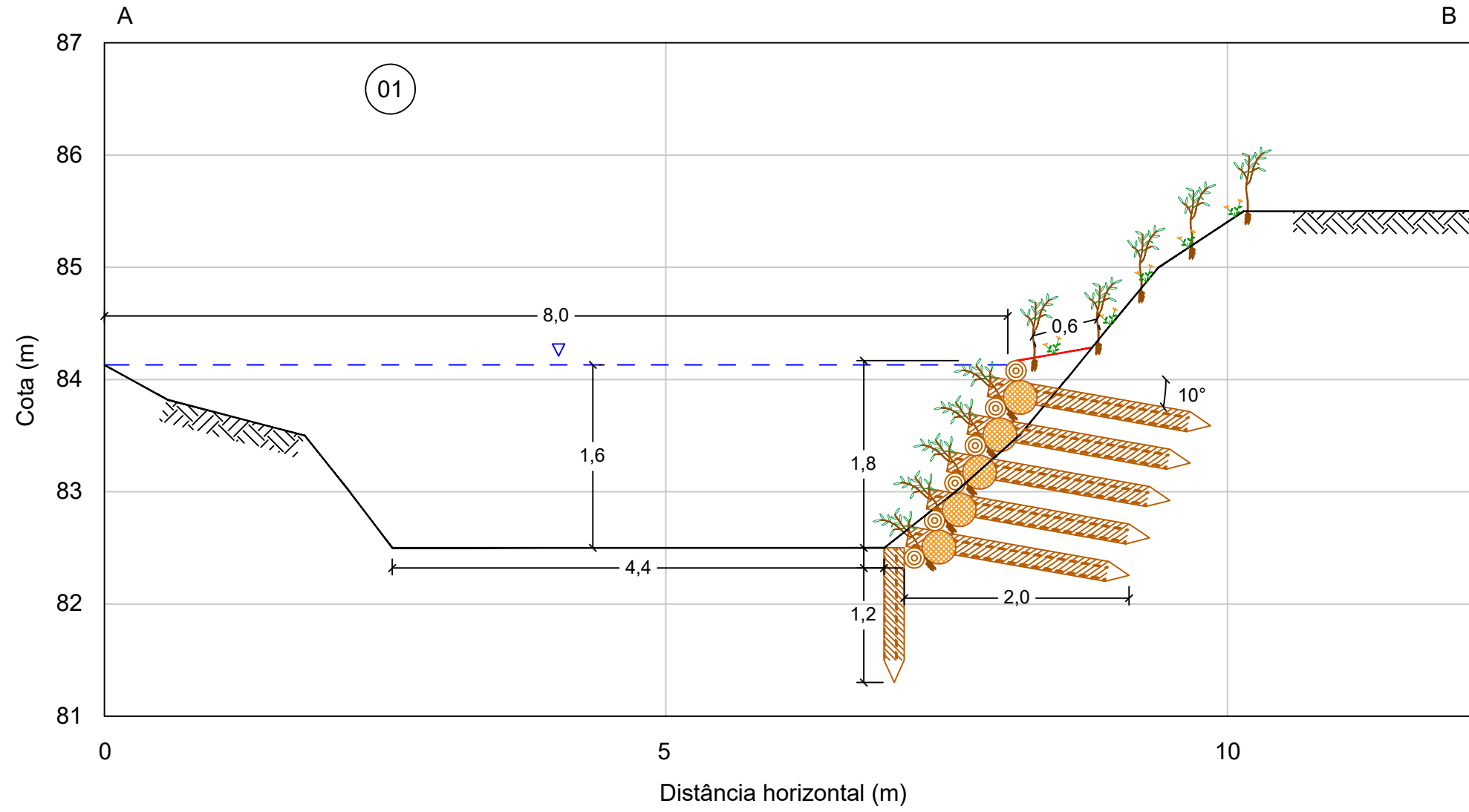


ESC.: 1:200

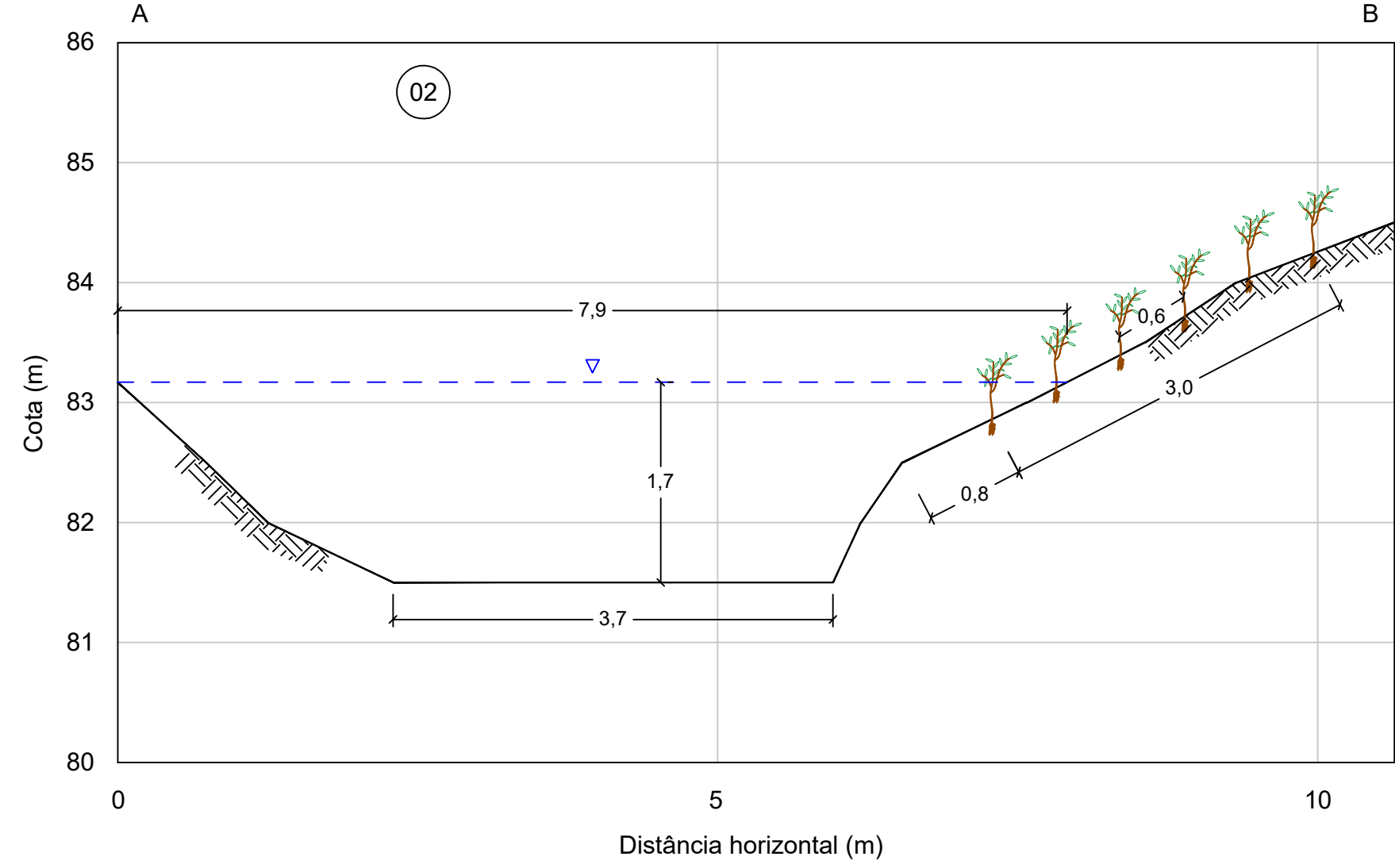




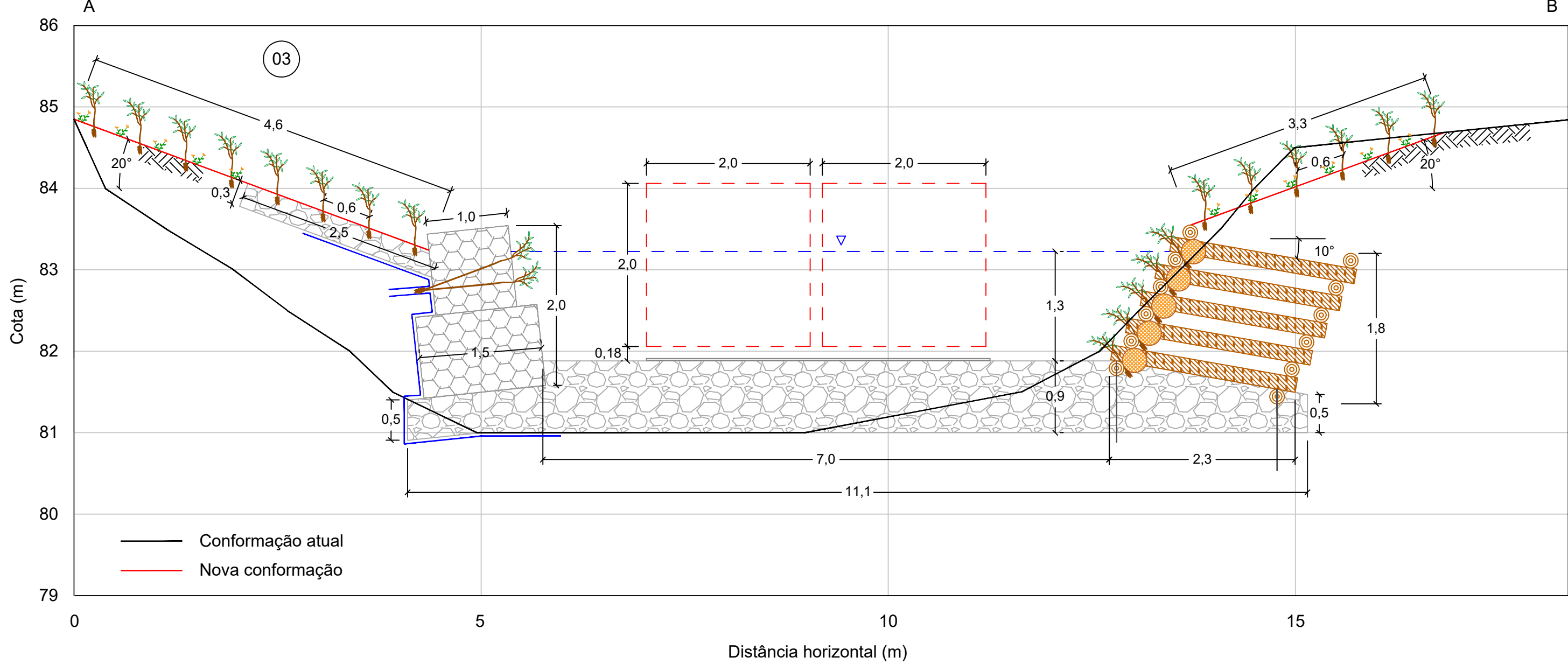
PERFIL 01 - P 2.1  
ESC.: 1:50



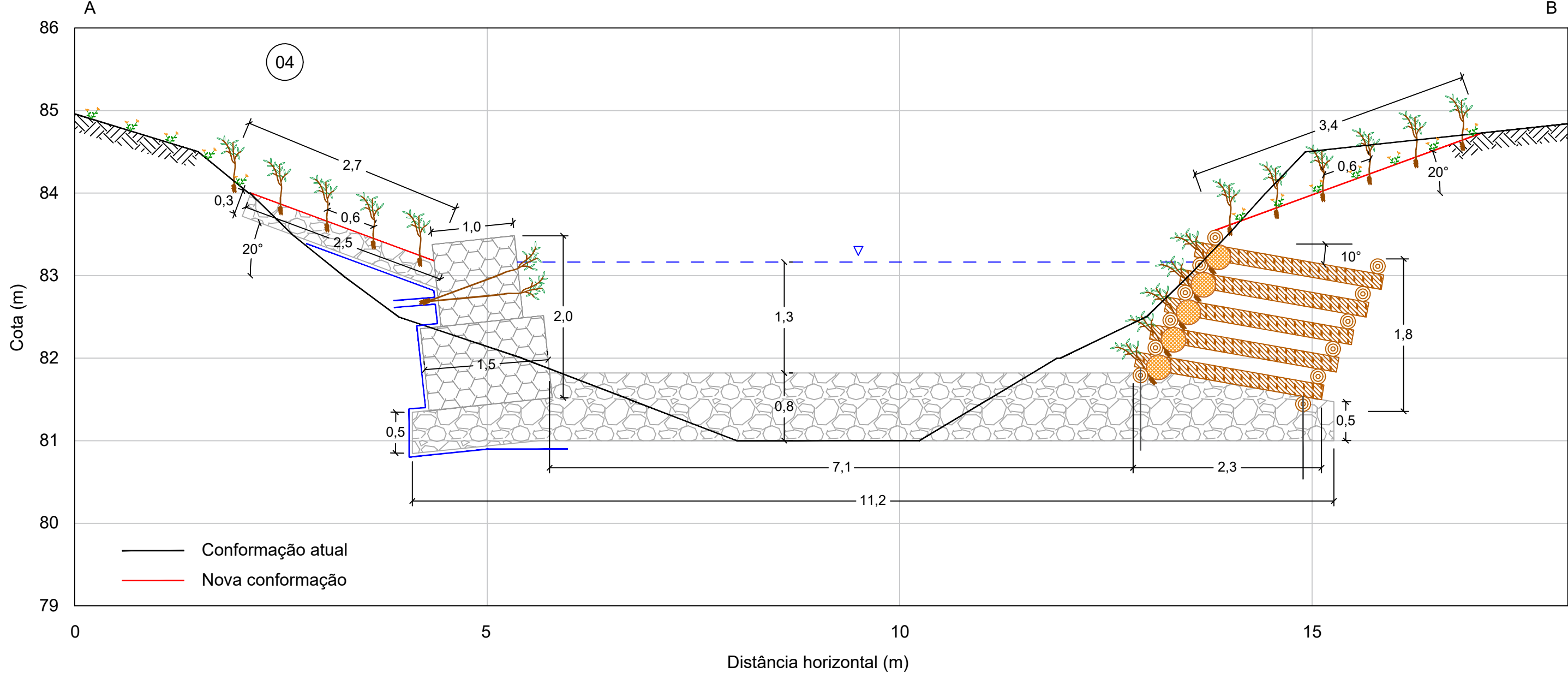
PERFIL 02 - P 2.1  
ESC.: 1:50



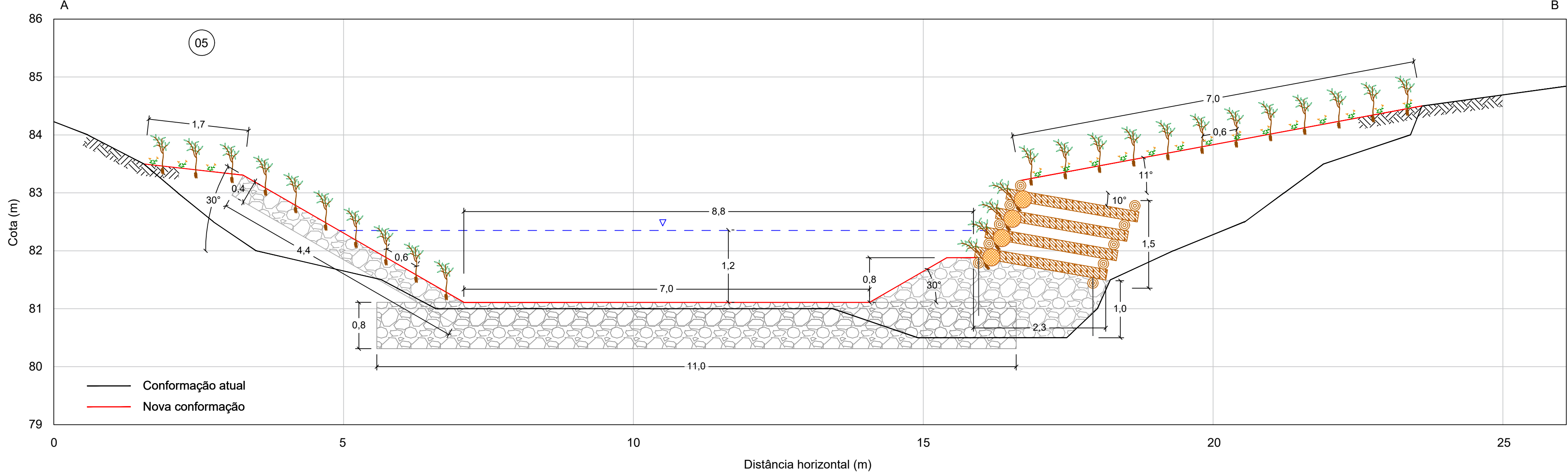
PERFIL 03 - P 3.1 e P 3.2  
ESC.: 1:50



PERFIL 04 - P 3.1 e P 3.2  
ESC.: 1:50

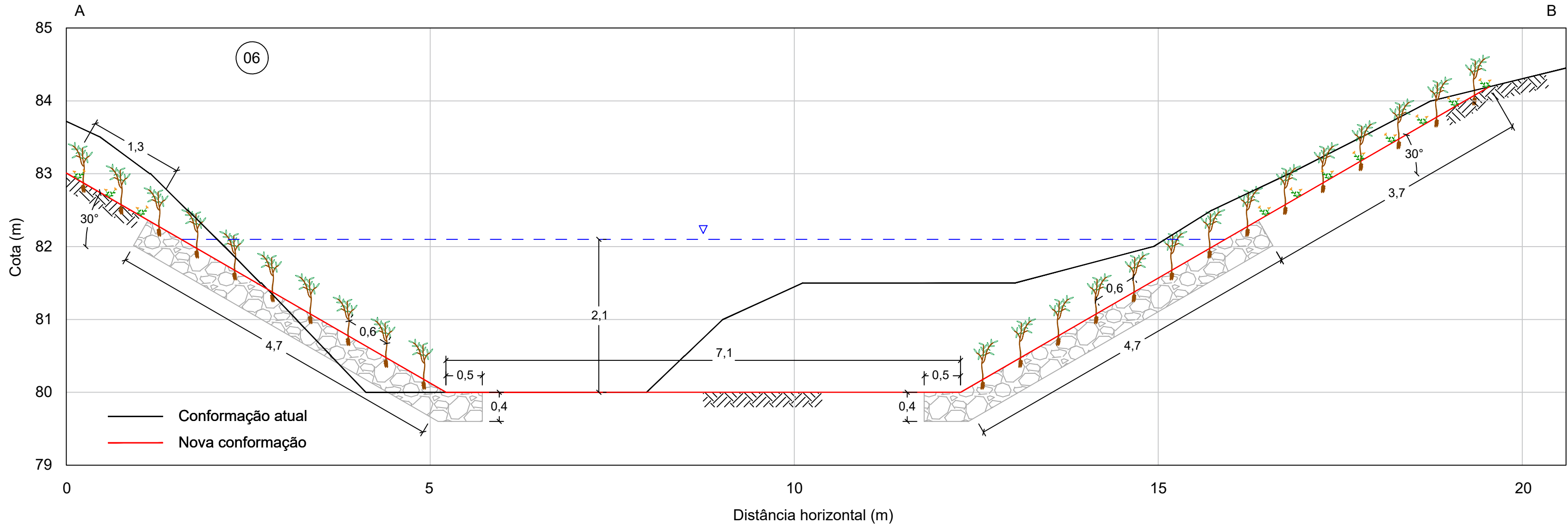


PERFIL 05 - P 3.1 e P 3.2  
ESC.: 1:50

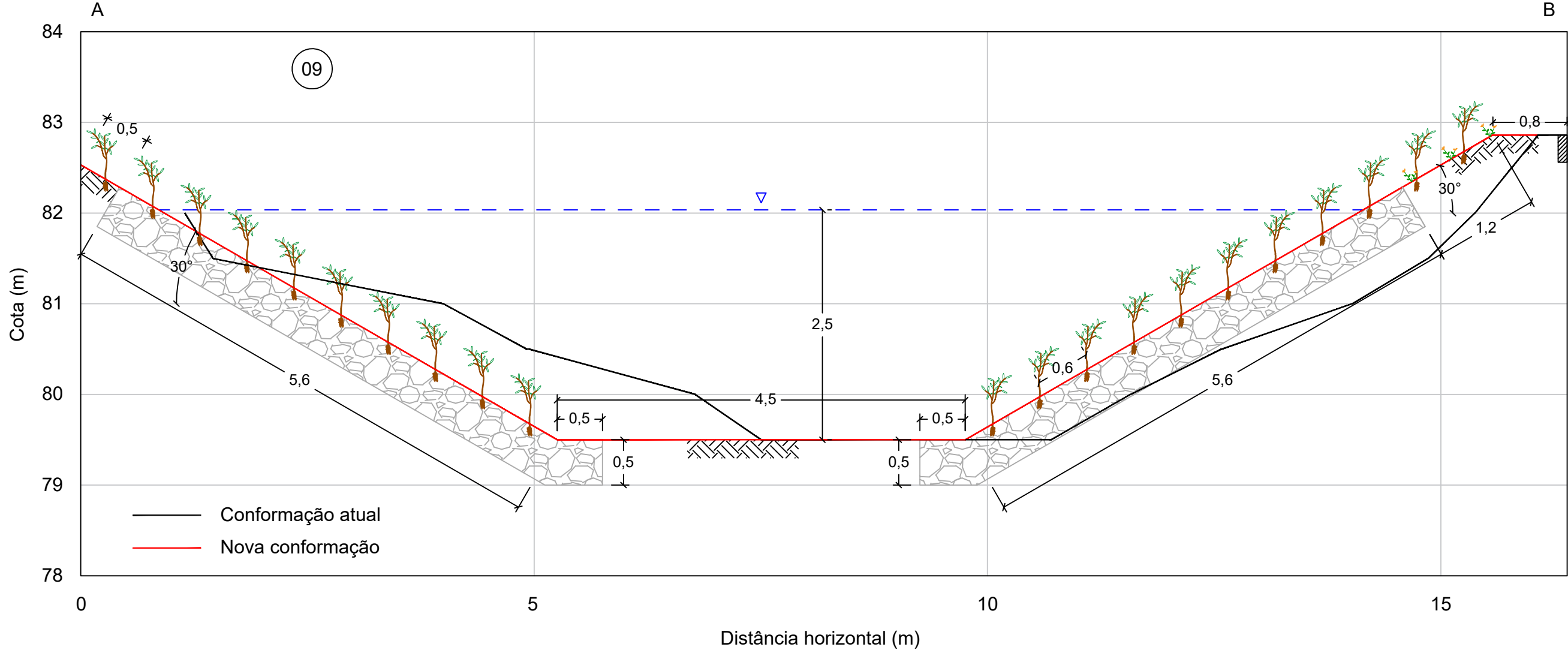




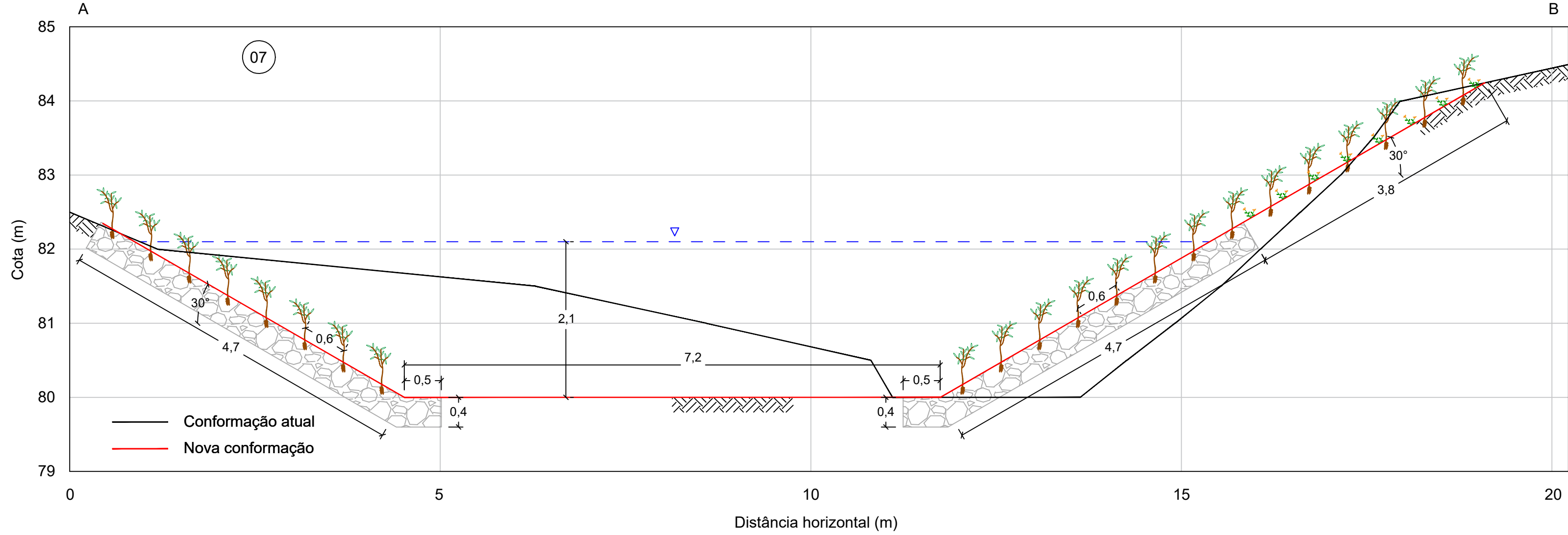
PERFIL 06 - P 3.1 e P 3.2  
ESC.: 1:50



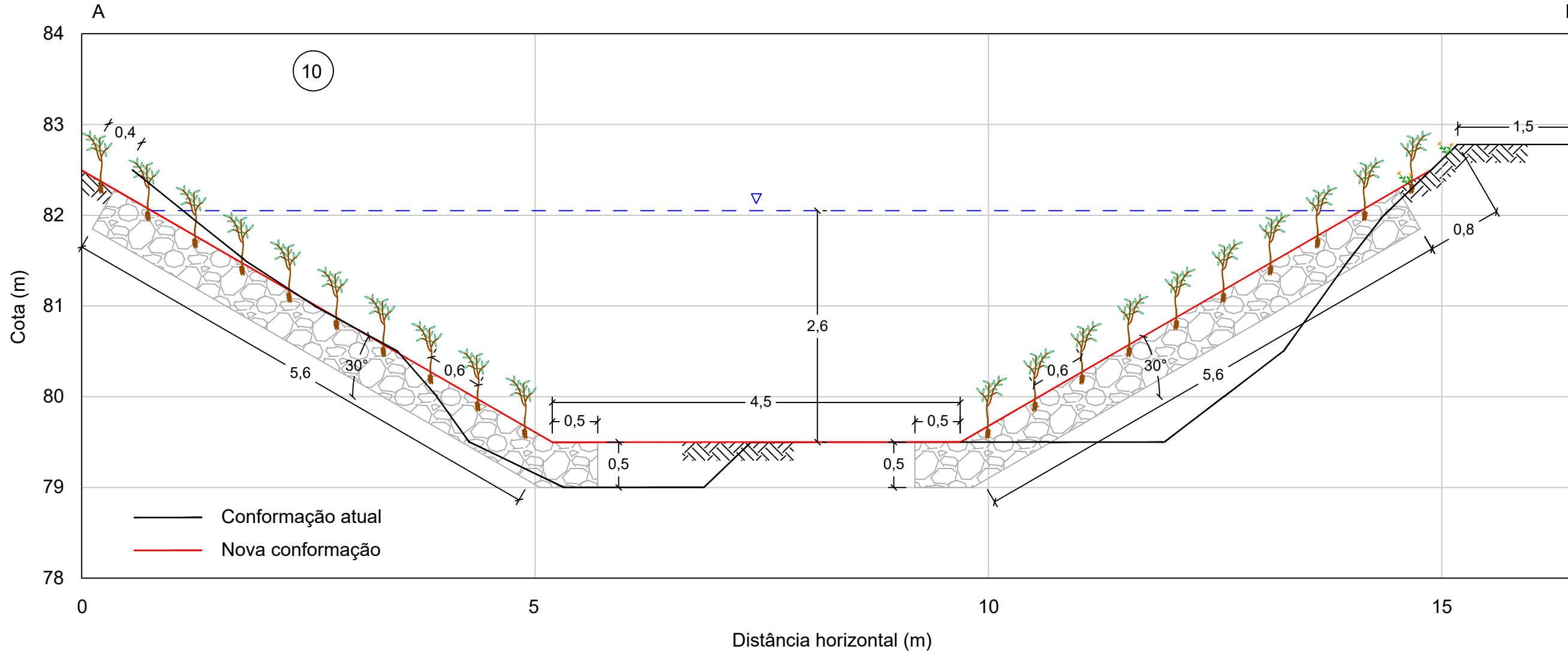
PERFIL 09 - P 4.1  
ESC.: 1:50



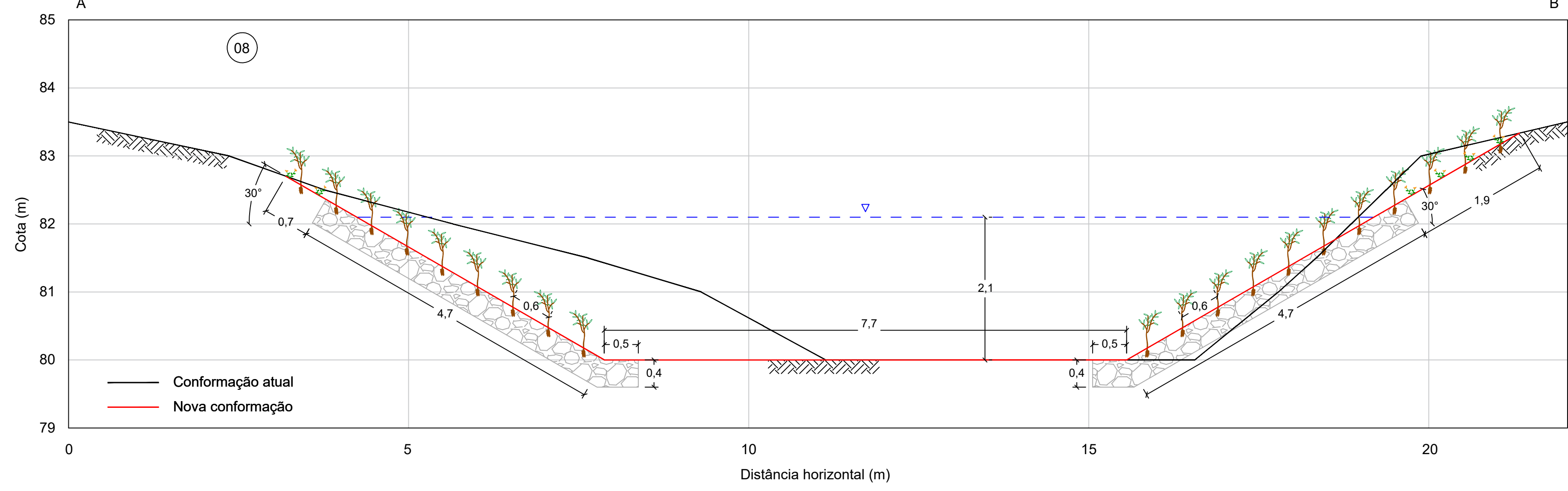
PERFIL 07 - P 3.1 e P 3.2  
ESC.: 1:50



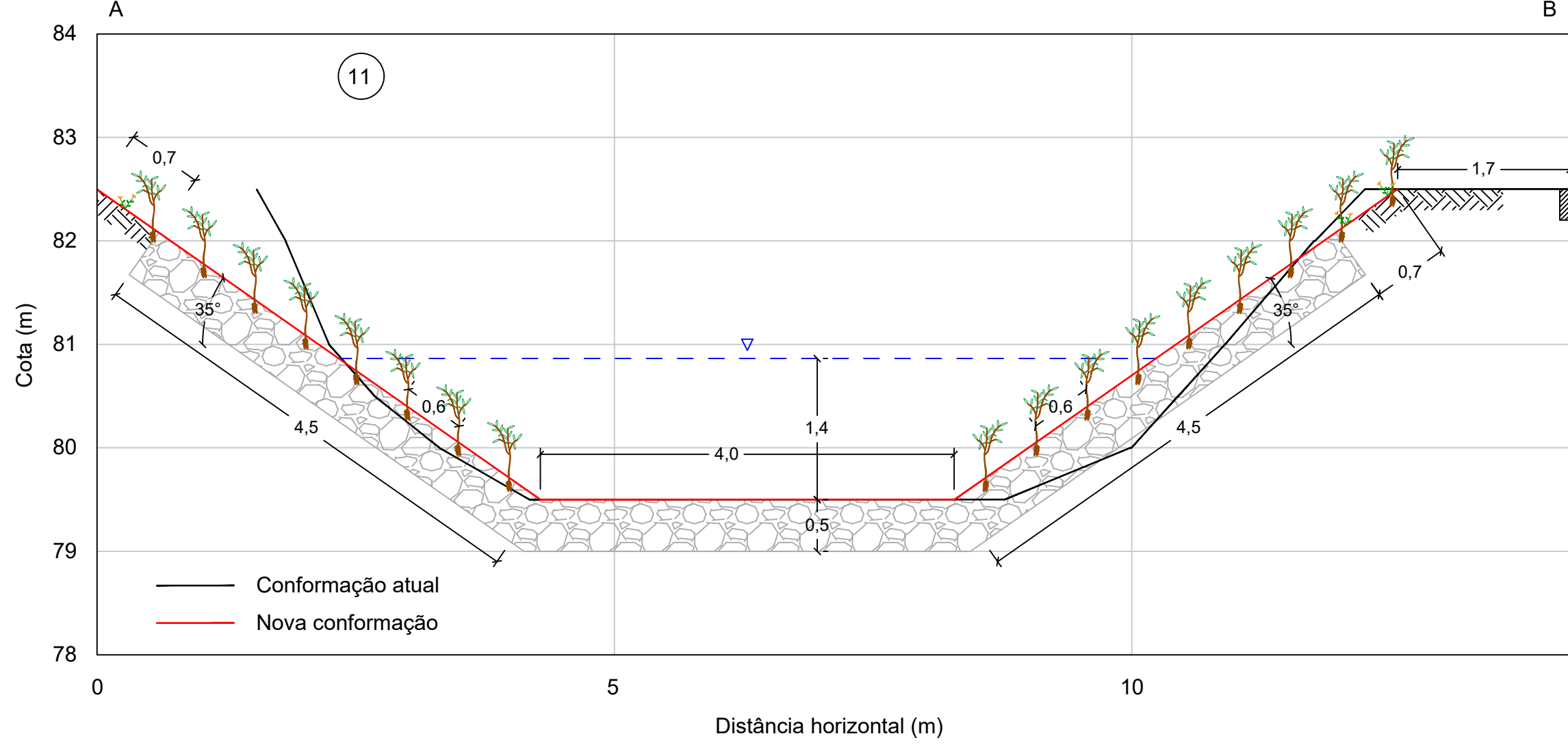
PERFIL 10 - P 4.1  
ESC.: 1:50



PERFIL 08 - P 3.1 e P 3.2  
ESC.: 1:50

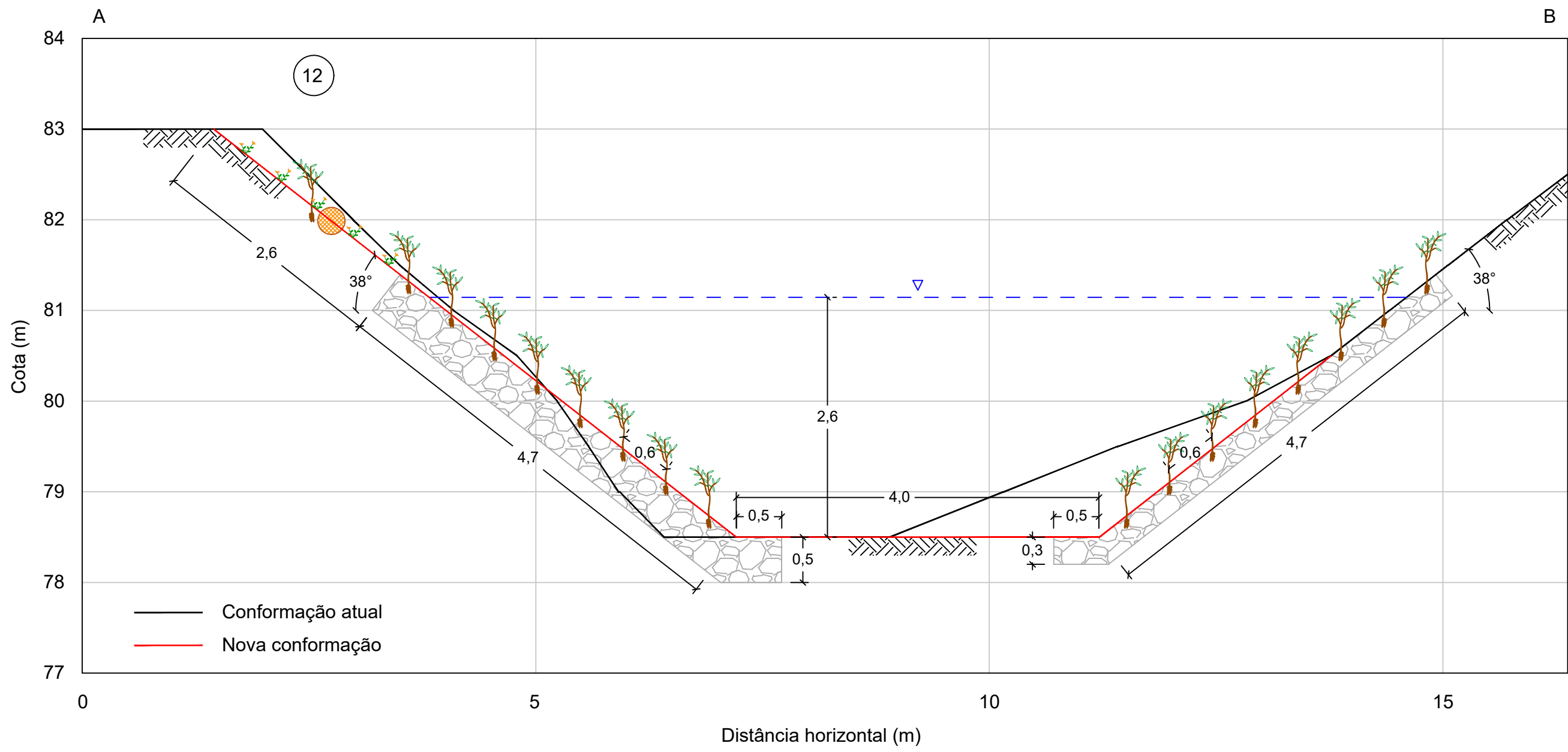


PERFIL 11 - P 4.1  
ESC.: 1:50



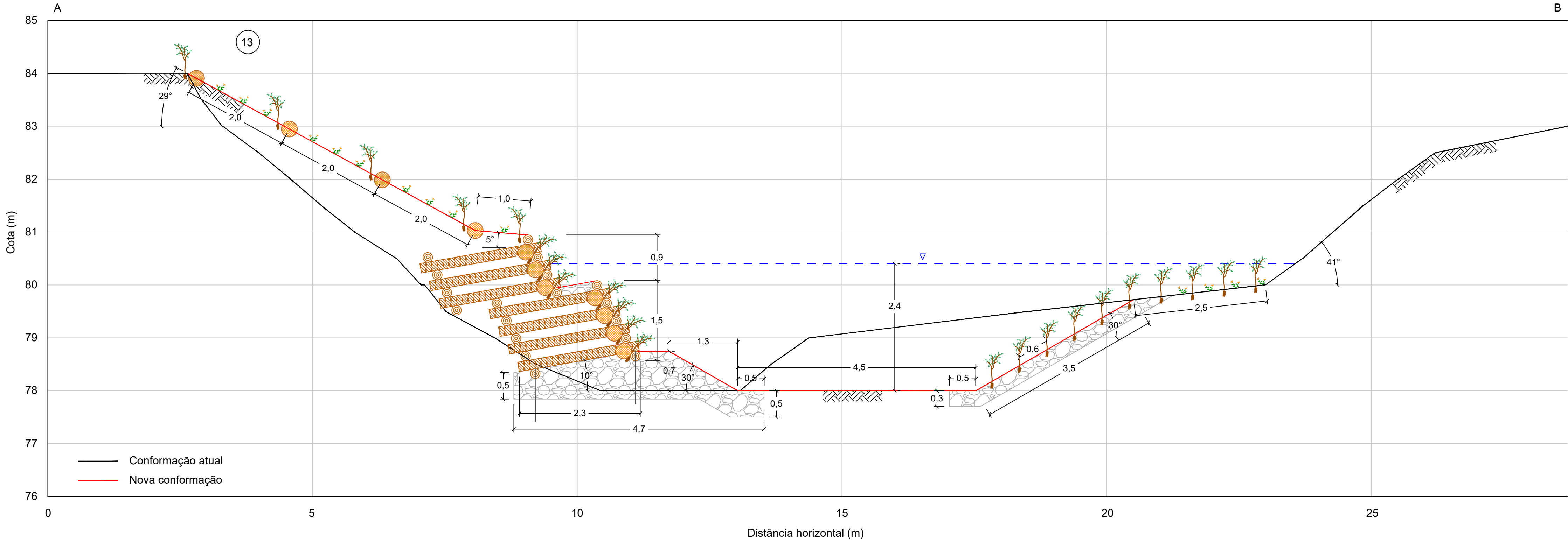
PERFIL 12 - P 4.2

ESC.: 1:50



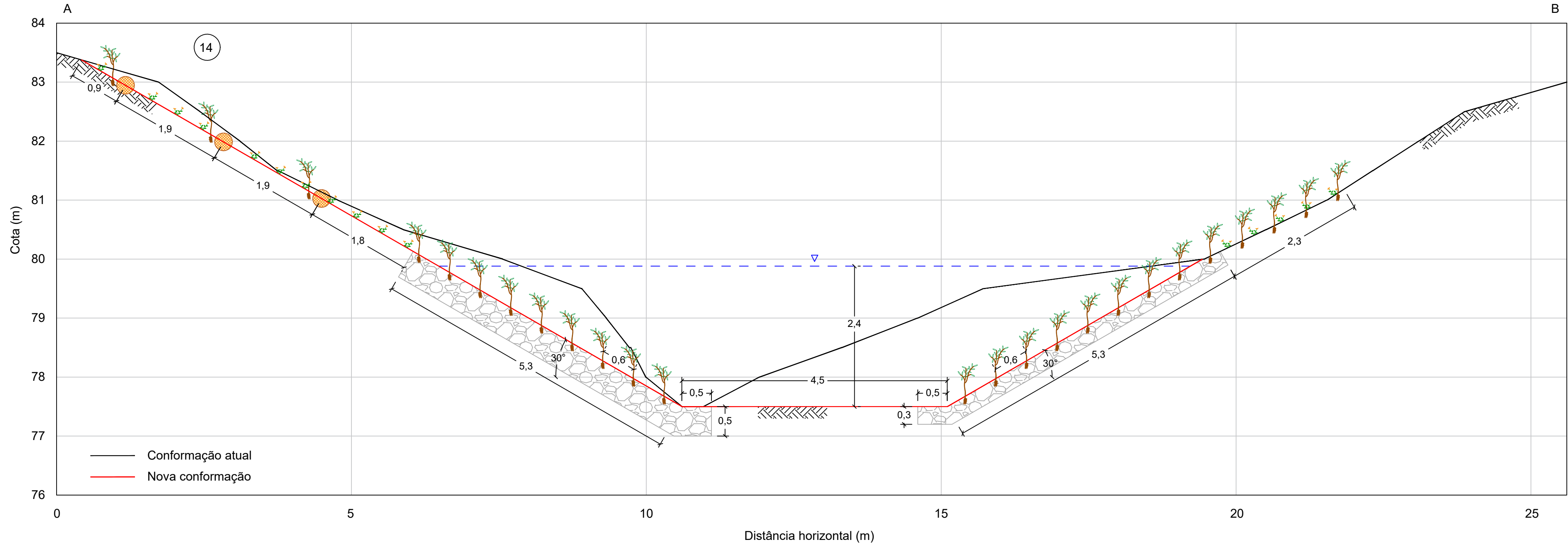
PERFIL 13 - P 4.2

ESC.: 1:50

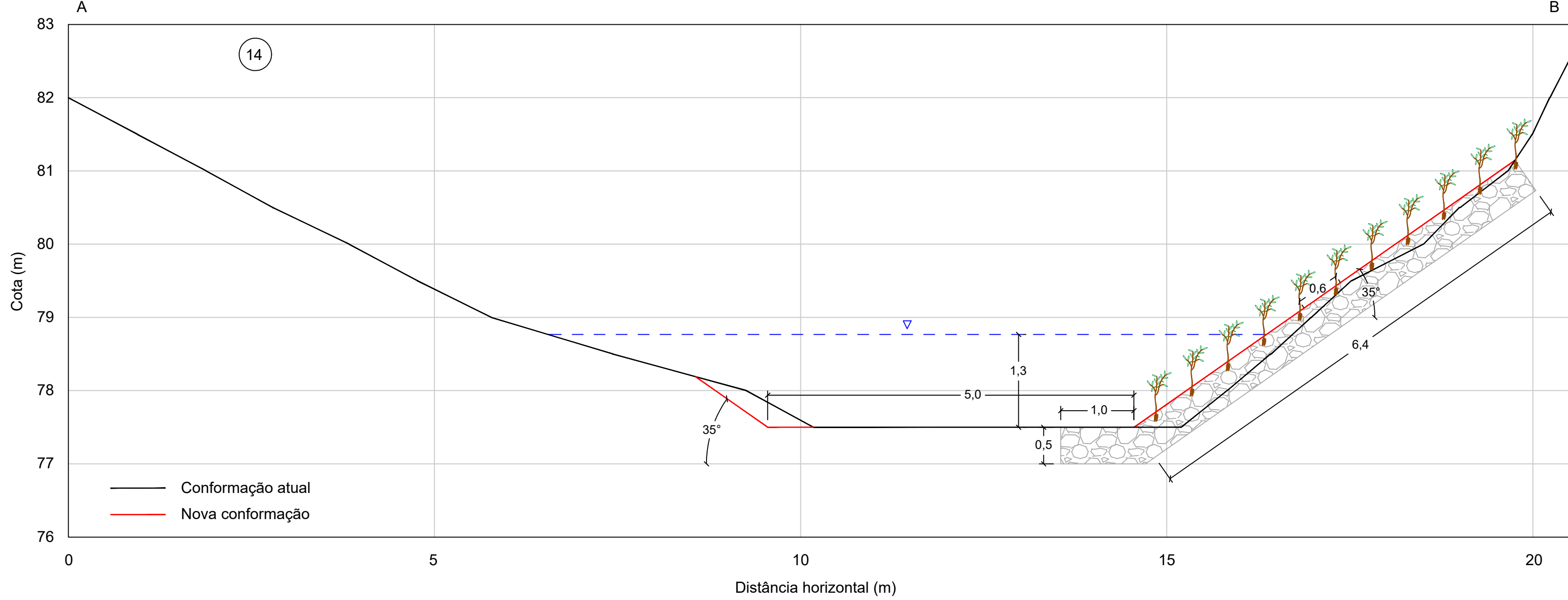




PERFIL 14 - P 4.2  
ESC.: 1:50

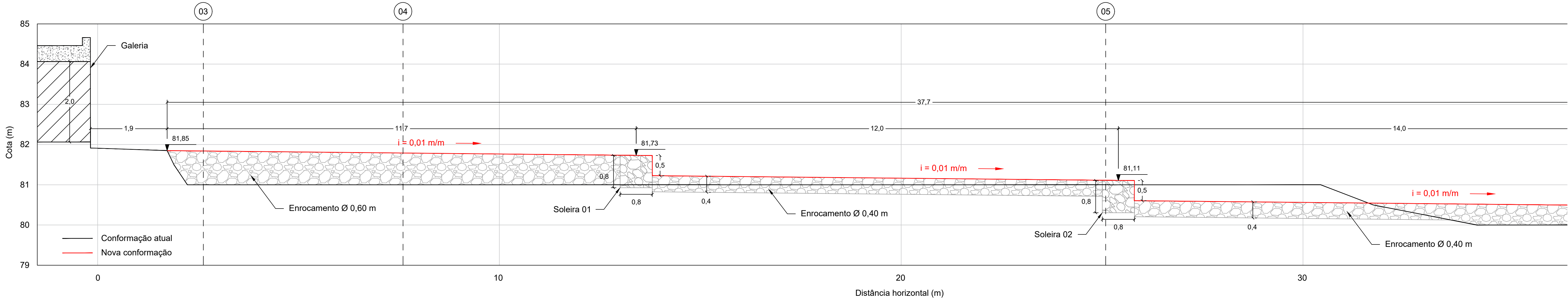


PERFIL 15 - P 4.3  
ESC.: 1:50



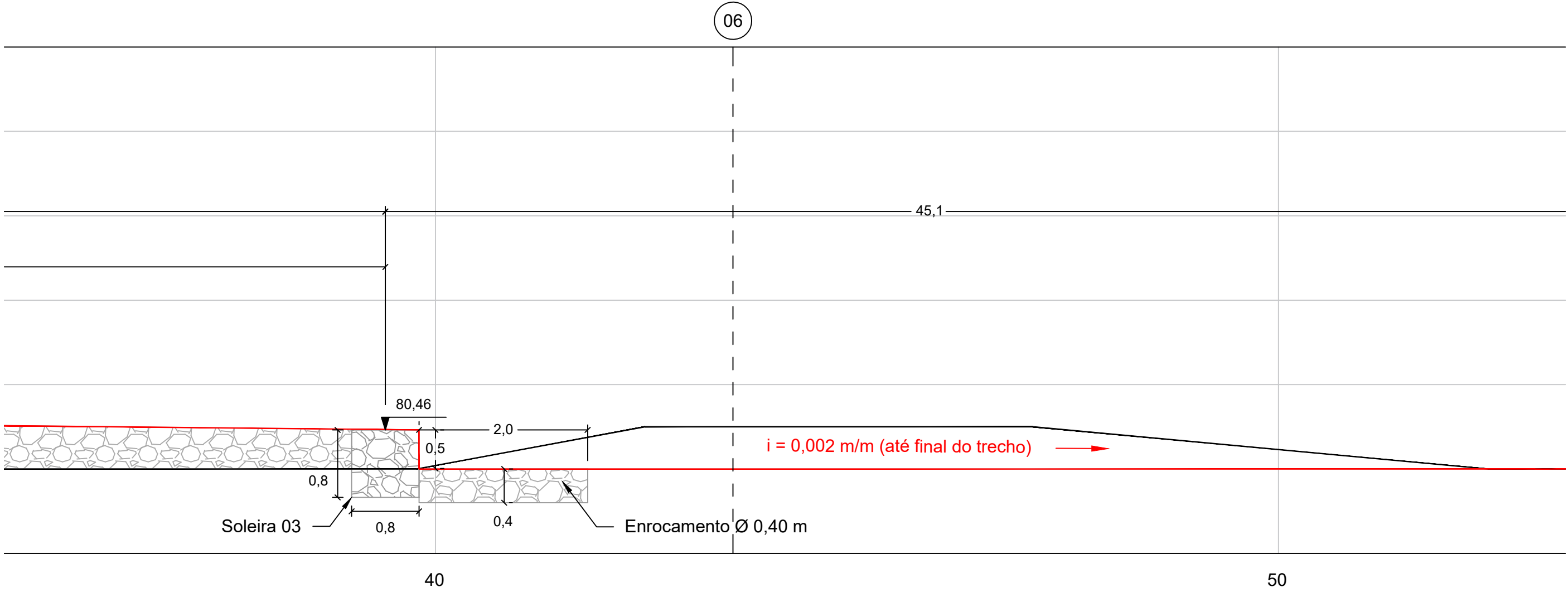
LEITO PROJETADO - P 3.1 e P 3.2

ESC.: 1:50



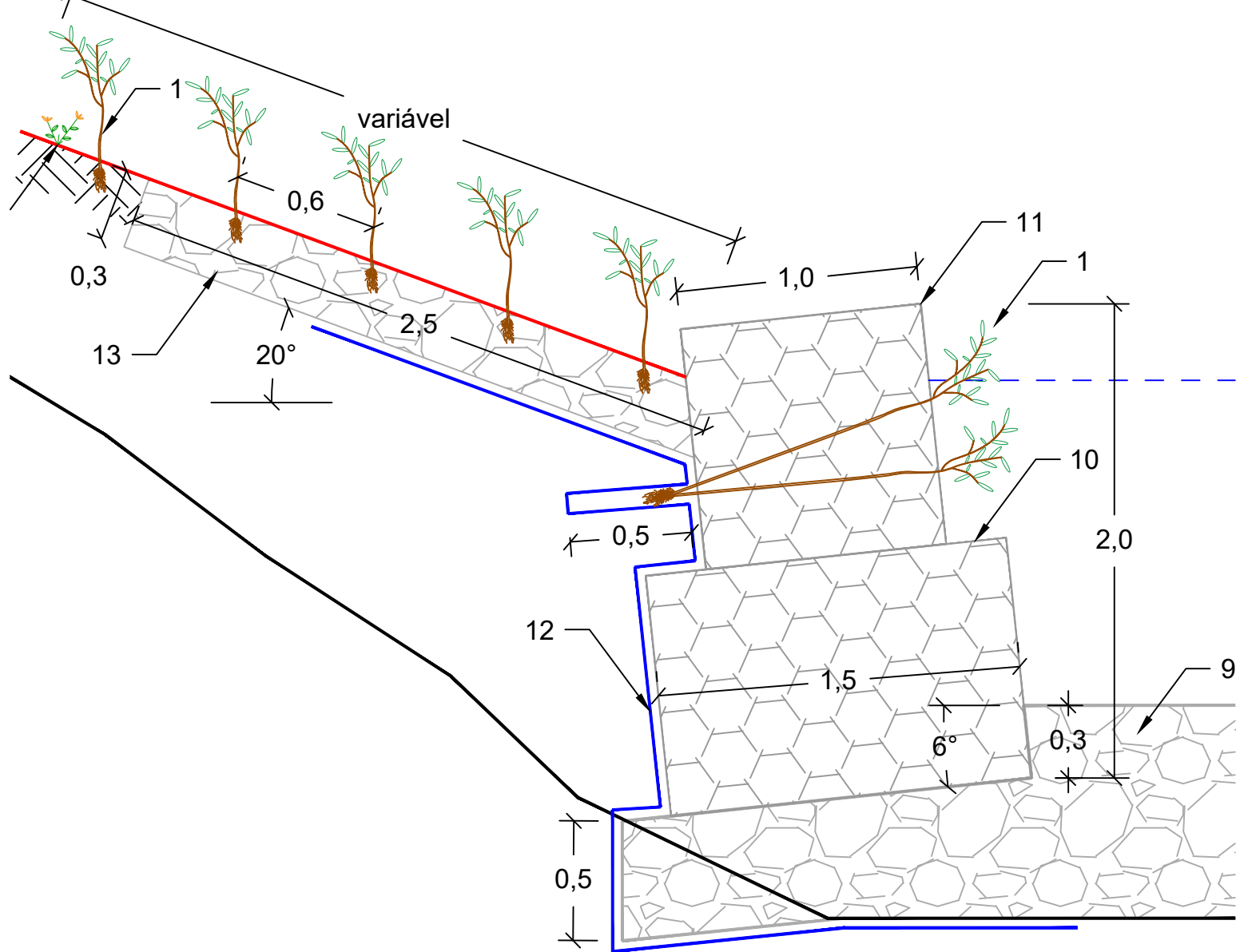
LEITO PROJETADO - P 3.1 e P 3.2

ESC.: 1:50



MURO DE SUPORTE GABIÃO VIVO

ESC.: 1:25



Legenda:

- 1 - Mudas arbustivas
- 9 - Base em pedra
- 10 - Gabião caixa base
- 11 - Gabião caixa topo
- 12 - Geotêxtil não tecido
- 13 - Enrocamento vivo
- 15 - Mudas herbáceas

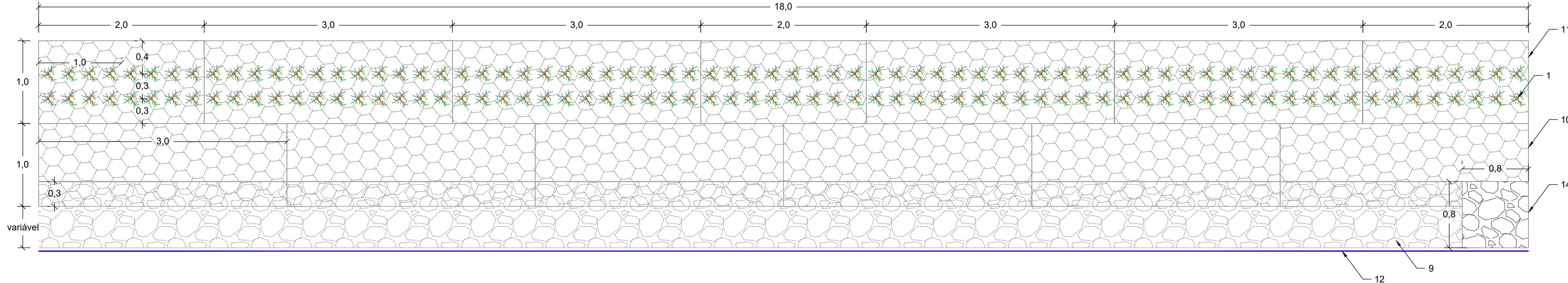
Especificações:

- Mudas  $\approx 0,40 \text{ m}$
- Base em pedra -  $\varnothing = 0,50 \text{ m}$
- Gabião caixa base -  $C \times L \times A = 3,00 \times 1,50 \times 1,00 \text{ m}$
- Gabião caixa topo -  $C \times L \times A = 2,00 \text{ ou } 3,00 \times 1,00 \times 1,00 \text{ m}$
- Geotêxtil não tecido -  $400 \text{ g/m}^2$ ;  $20,00 \text{ kN/m}$
- Enrocamento vivo -  $\varnothing = 0,30 \text{ m}$

As medidas estão em metros, exceto onde indicado

MURO DE SUPORTE GABIÃO VIVO

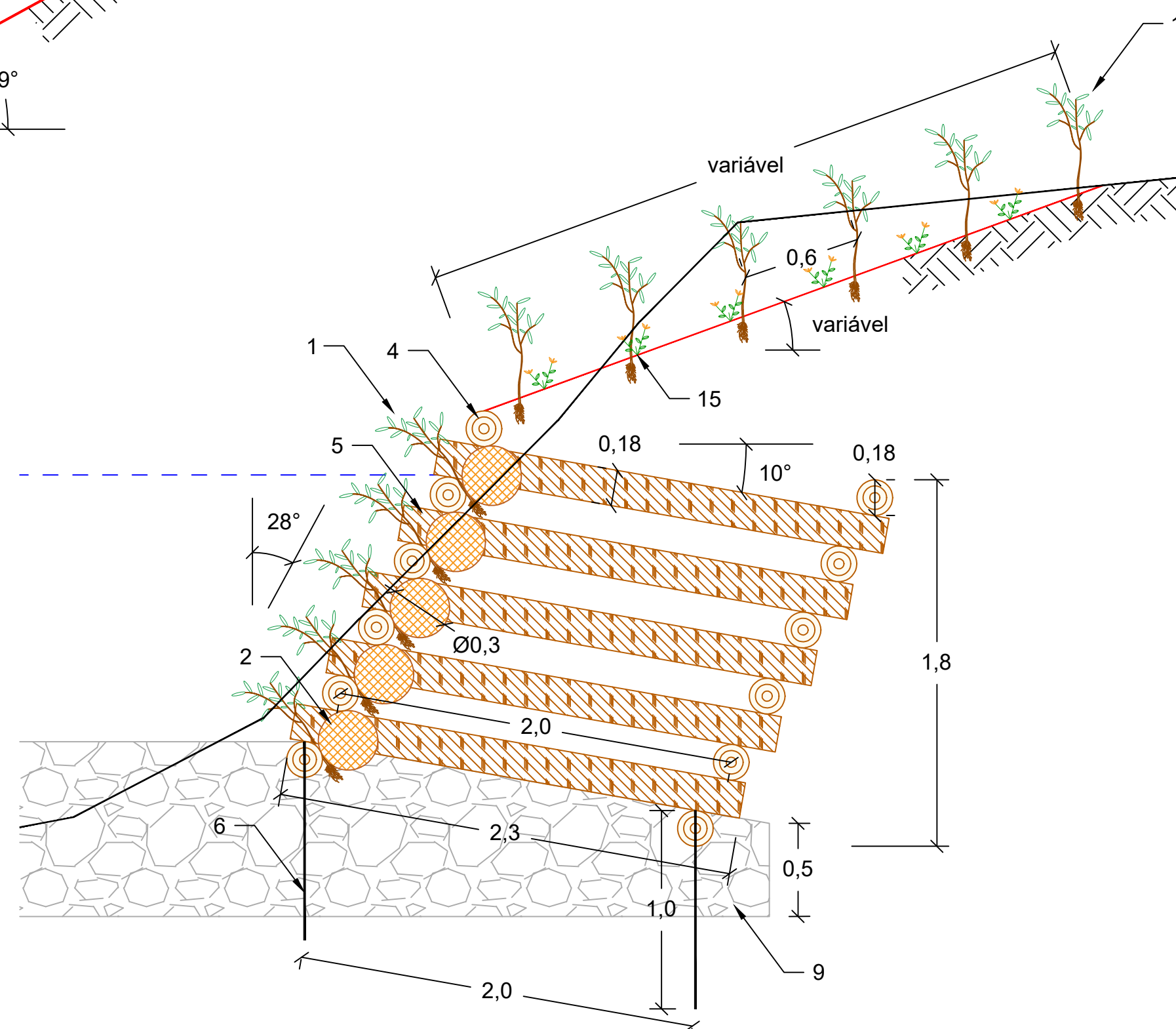
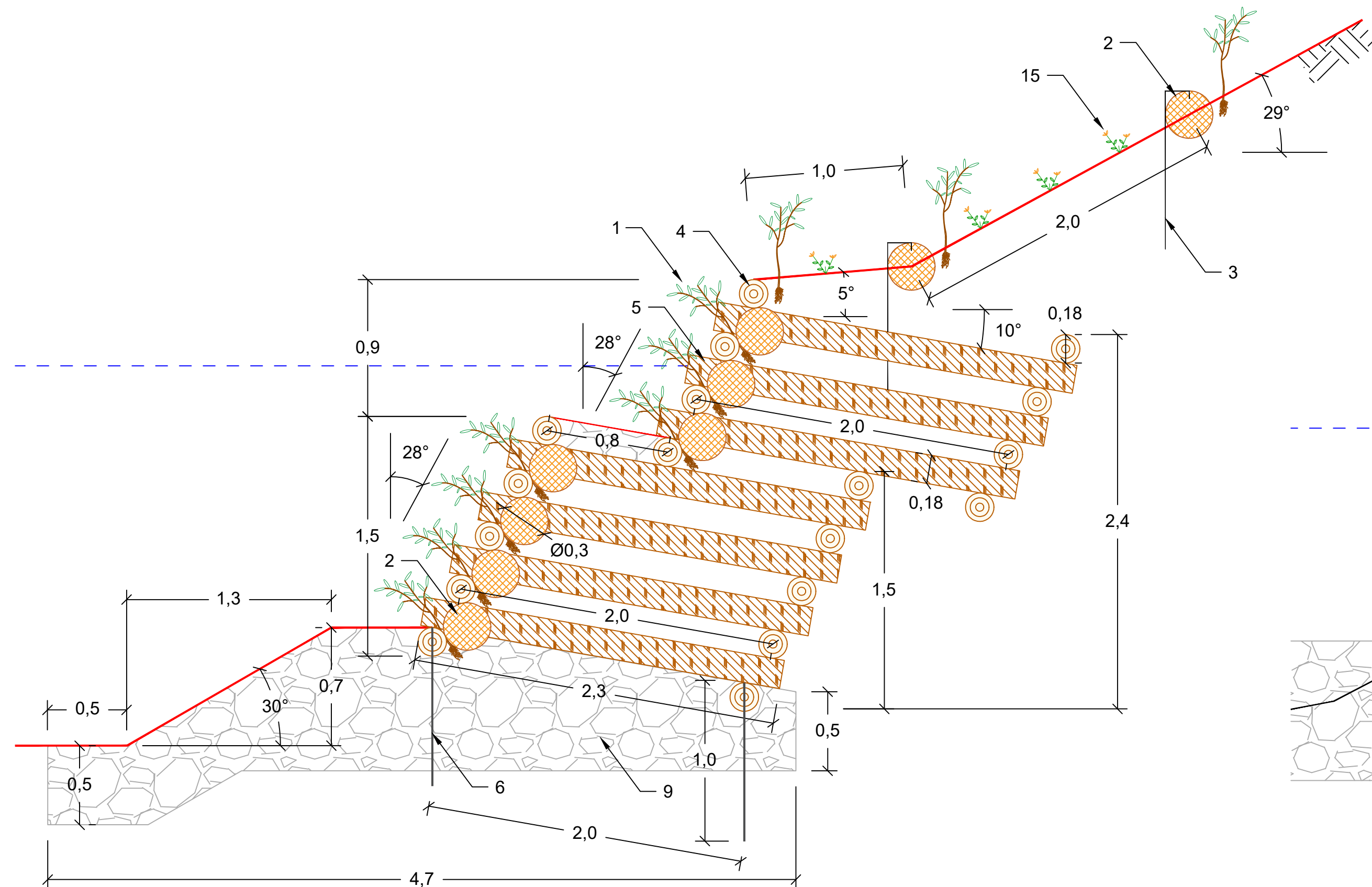
ESC.: 1:25



SOLICITANTE: PRÓ-REITORIA DE INFRAESTRUTURA - UFSM	DATA: Maio de 2024	PRANCHA: 06
EXECUTANTE: LABORATÓRIO DE ENGENHARIA NATURAL - UFSM	ESCALA: 1:25; 1:50	
DESIGNAÇÃO: PERFIL E DETALHES CONSTRUTIVOS	DESENHO: DEWES; SOUSA	
PROJETO EXECUTIVO PROTEÇÃO E REVESTIMENTO VEGETAL DAS MARGENS E LEITO DA SANGA LAGOÃO DO OURO COM TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL		







- 1 - Mudas arbustivas
- 2 - Biorretentor de coco compacto
- 3 - Prumo de aço nervurado (fixação do biorretentor)
- 4 - Tronco longitudinal
- 5 - Tronco transversal
- 6 - Prumo de aço nervurado (ancoragem)
- 7 - Tronco vertical
- 8 - Barras de aço nervurado (troncos longitudinais)
- 9 - Base em pedra
- 14 - Barras de aço nervurado (troncos long., transv. e verticais)
- 15 - Mudas herbáceas

Mudas  $\approx 0,40$  m

Biorretentor de coco -  $\varnothing = 0,30$  m; L = 3,00 m

Prumo de aço nervurado -  $\varnothing = 12,5$  mm; L = 1,20 m

Tronco longitudinal -  $\varnothing = 0,18$  m; L = 3,00 m

Tronco transversal -  $\varnothing = 0,18$  m; L = 2,00 m; 2,30 m

Prumo de aço nervurado -  $\varnothing = 12,5$  mm; L = 1,00 m

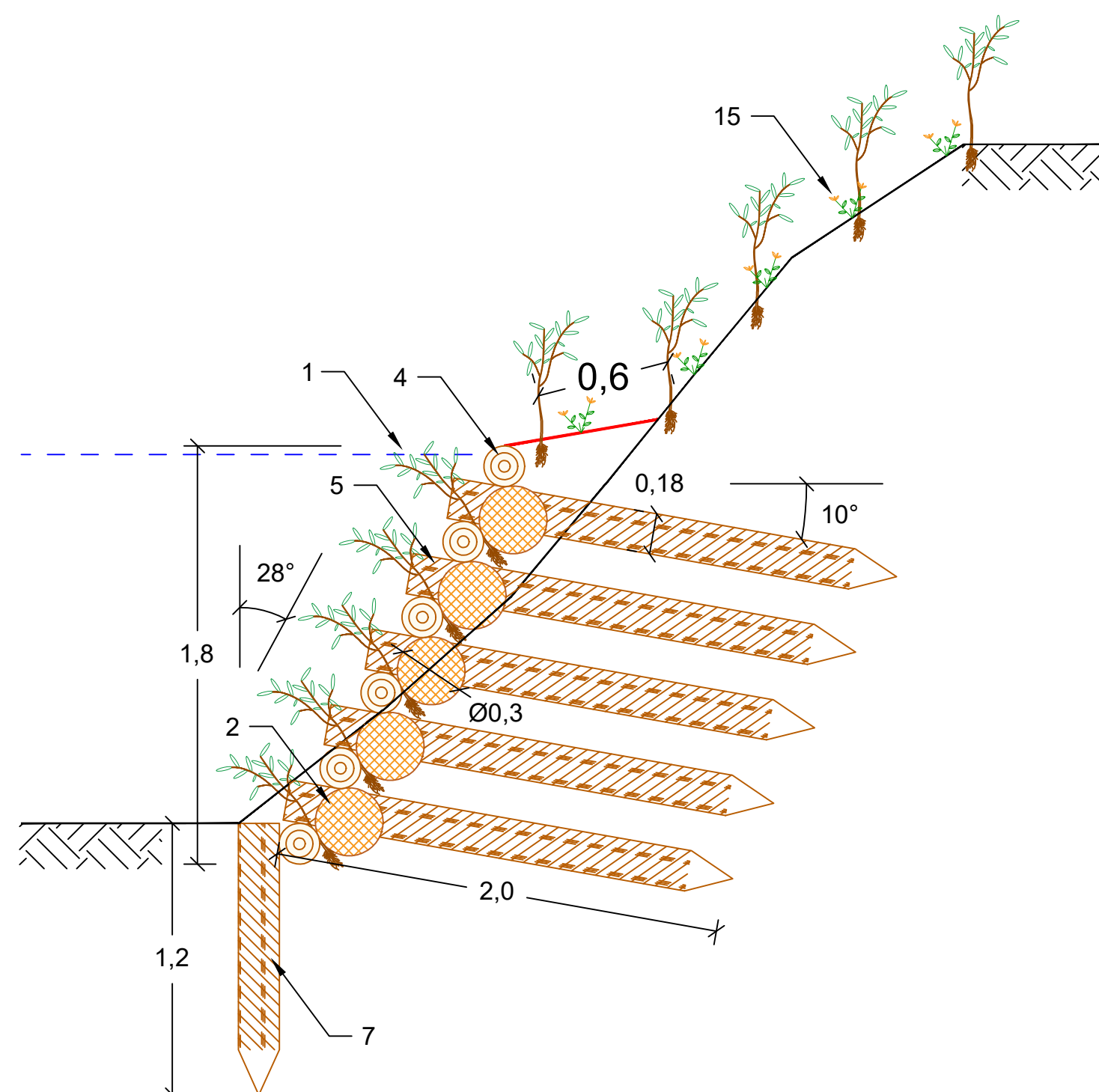
Tronco vertical -  $\varnothing = 0,18$  m; L = 1,20 m

Barras de aço nervurado (long.) -  $\varnothing = 12,5$  mm; L = 0,18 m

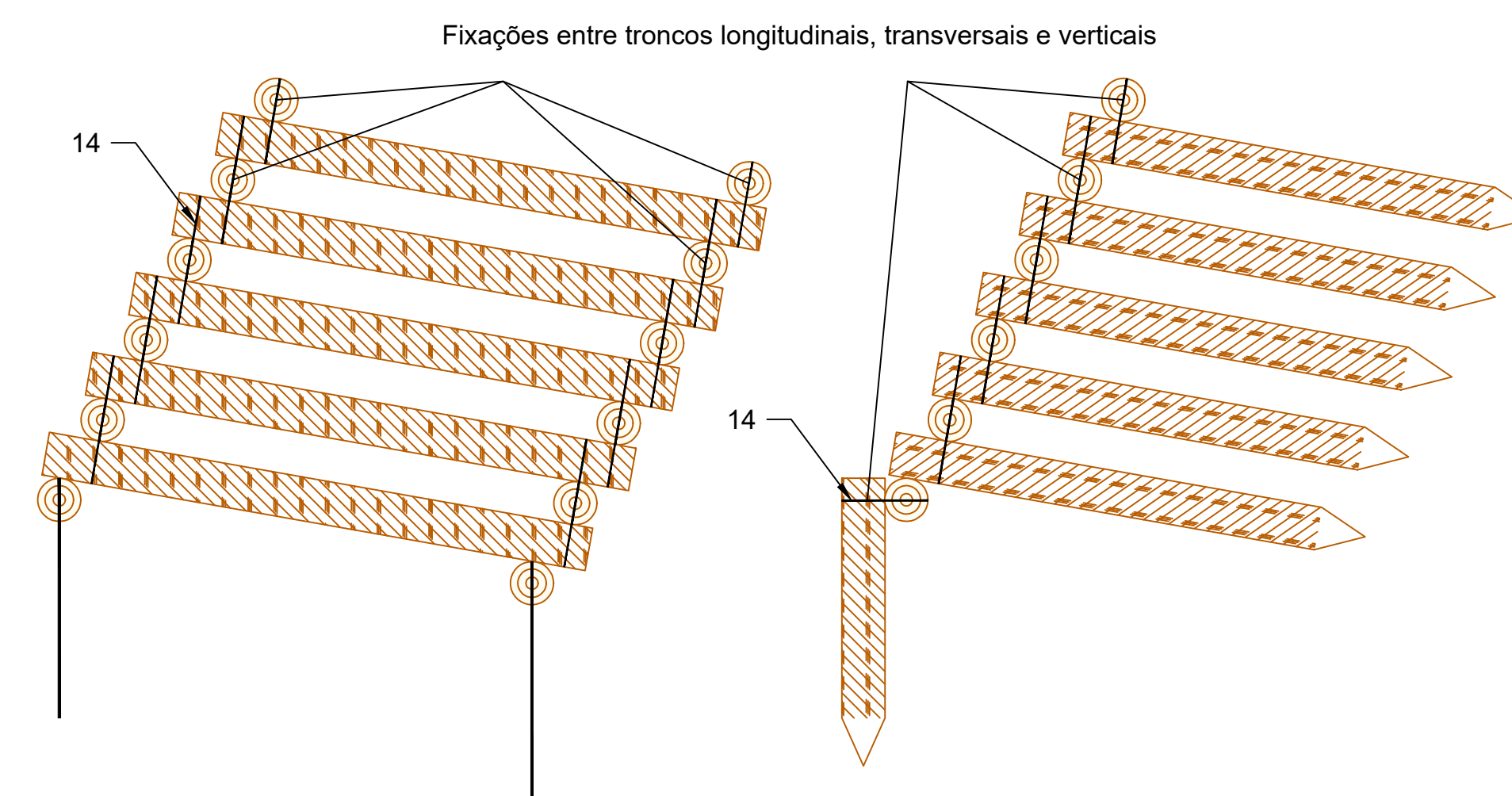
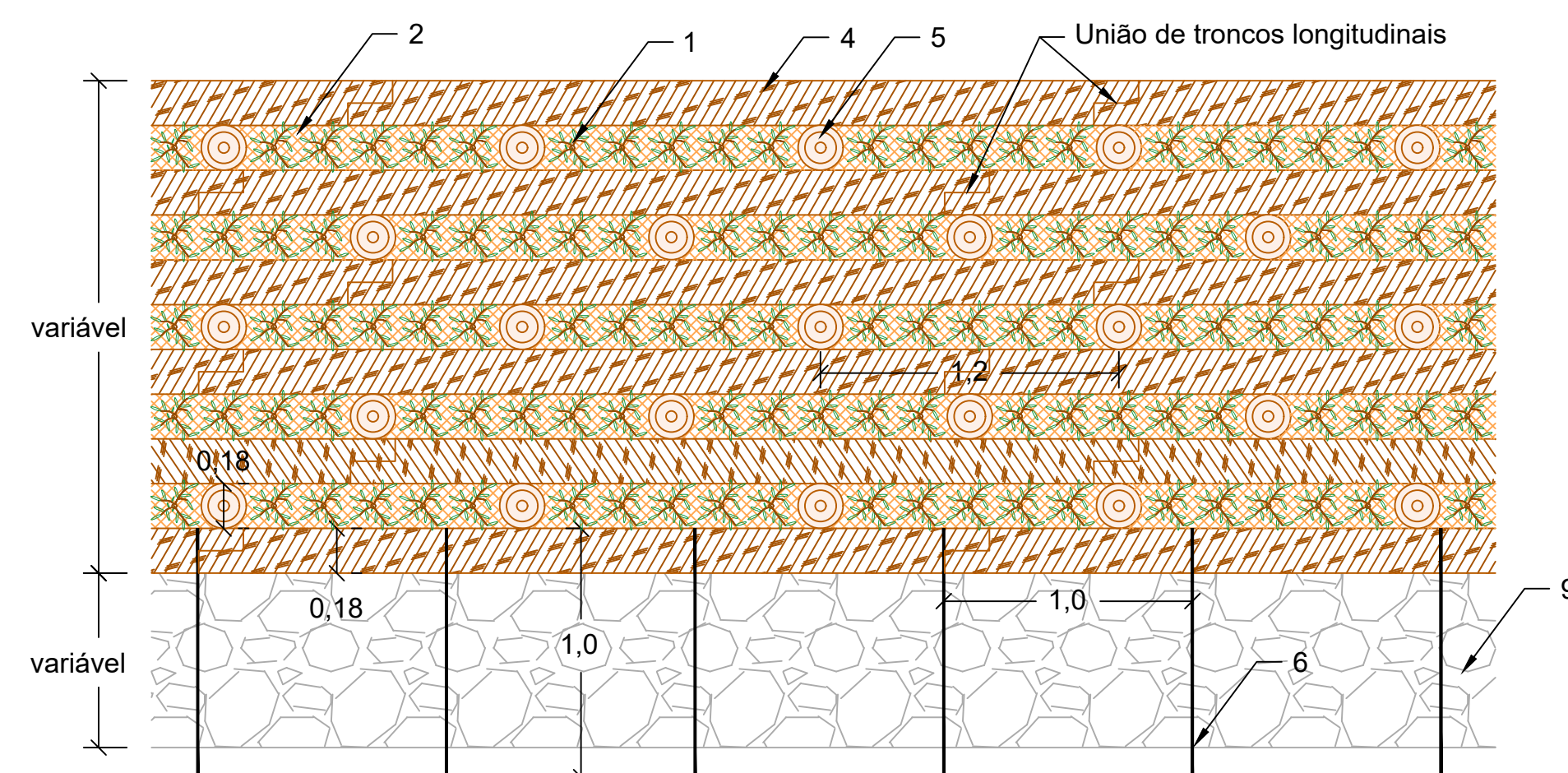
Base em pedra -  $\varnothing = 0,50$  m

Barras de aço nervurado (long. e transv.) -  $\varnothing = 12,5$  mm; L = 0,36 m

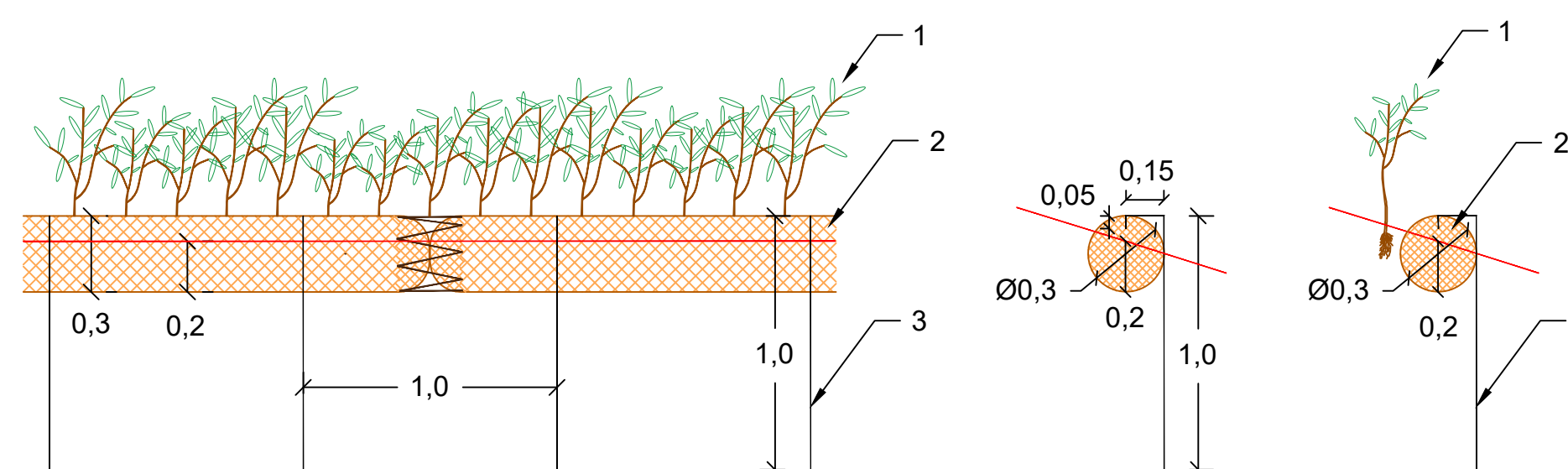
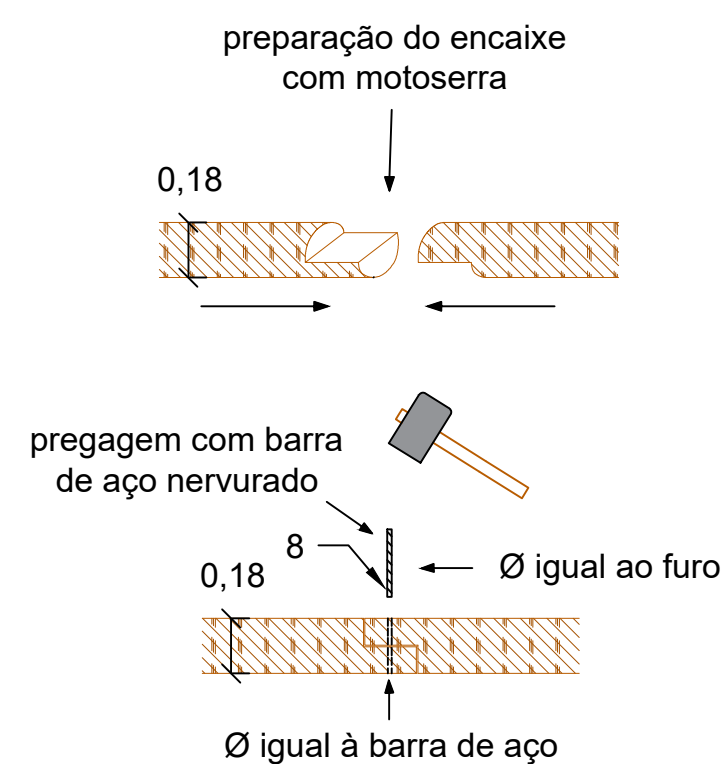
As medidas estão em metros, exceto onde indicado




ESC.: 1:25



ESC.: 1:25



SOLICITANTE: PRÓ-REITORIA DE INFRAESTRUTURA - UFSM	DATA: Maio de 2024	PRANCHA: 07
EXECUTANTE: LABORATÓRIO DE ENGENHARIA NATURAL - UFSM	ESCALA: 1:25	 <p><b>LABORATÓRIO DE ENGENHARIA NATURAL</b> NÚCLEO TECNOLÓGICO DE SAÚDE HUMANAS</p>
DESIGNAÇÃO: DETALHES CONSTRUTIVOS	DESENHO: DEWES; SOUSA	
<p align="center"><b>PROJETO EXECUTIVO</b>  <b>PROTEÇÃO E REVESTIMENTO VEGETAL DAS MARGENS E LEITO DA SANGA</b>  <b>LAGOA DO OURO COM TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL</b></p>		





## **ANEXO I**

PROJETO EXECUTIVO - PROTEÇÃO E REVESTIMENTO VEGETAL DAS MARGENS E LEITO DA SANGA LAGOÃO DO OURO COM TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL											
Técnica de Intervenção	Itens de aplicação	Unidade	Áreas de intervenção							Totais	
			P1.1	P1.3	P2.1	P2.2	P3.1/P3.2	P4.1	P4.2		P4.3
	Remoção de vegetação instável	m	50	60	82		85	40	45		362
	Limpeza do eixo da torrente	m	50	60	82		85	40	45		362
	Terraplenagem (escavadeira hidráulica 155 HP; 21 TON)	m	-	-	-		85	40	45		170
Muro de suporte vivo parede simples	Troncos longitudinais (3,0 m x Ø 18 cm)	un.			103						103
	Troncos transversais (2,0 m x Ø 18 cm)	un.			195						195
	Troncos verticais (1,2 m x Ø 18 cm)	un.			39						39
	Biorretentor de coco (3,0 m x Ø 30 cm)	un.			75						75
	Barra de aço nervurado para fixação das uniões entre troncos longitudinais L 0,18 m x Ø 12,5 mm	un.			97						97
	Barra de aço nervurado para fixação entre troncos longitudinais e verticais L 0,36 m x Ø 12,5 mm	un.			79						79
	Barra de aço nervurado para fixação entre troncos longitudinais e transversais L 0,36 m x Ø 12,5 mm	un.			389						389
	Mudas plantio L 0,7 m (5 un/m)	total			1380						-
	Allamanda cathartica	un.			276						276
	Calliandra brevipes	un.			276						276
	Colliguaja brasiliensis	un.			276						276
	Gymnanthes schottiana	un.			276						276
	Sesbania virgata	un.			276						276
	Calagem 20 g/m²	kg			1,8						1,8
Adubo NPK 18:18:18 (35 g/un)	kg			48,3						48,3	
Hidrogel 300 ml/un	l			414						414	
Muro de suporte vivo parede dupla	Base em pedra (dimensão 0,50 m)	m³					55,5		68,3		123,9
	Troncos longitudinais (3,0 m x Ø 18 cm)	un.					120		114		234
	Troncos transversais (2,3 m x Ø 18 cm)	un.					125		105		230
	Biorretentor de coco (3,0 m x Ø 30 cm)	un.					50		42		92
	Barra de aço nervurado para ancoragem da base da estrutura L 1,0 m x Ø 12,5 mm						62		38		100
	Barra de aço nervurado para fixação das uniões entre troncos longitudinais L 0,36 m x Ø 12,5 mm	un.					126		108		234
	Barra de aço nervurado para fixação entre troncos longitudinais e transversais L 0,36 m x Ø 12,5 mm	un.					500		420		920
	Mudas plantio L 0,7 m (5 un/m)	total					900		720		-
	Allamanda cathartica	un.					180		144		324
	Calliandra brevipes	un.					180		144		324
	Colliguaja brasiliensis	un.					180		144		324
	Gymnanthes schottiana	un.					180		144		324
	Sesbania virgata	un.					180		144		324
	Calagem 20 g/m²	kg					1,2		0,9		2,1
Adubo NPK 18:18:18 (35 g/un)	kg					31,5		25,2		56,7	
Hidrogel 300 ml/un	l					270,0		216,0		486,0	
Gabião	Base em pedra (dimensão 0,50 m)	m³					20,7				20,7
	Pedra rachão enchimento da estrutura (dimensão 12 a 25 cm)	m³					51,8				51,8
	Geotêxtil não tecido (permeabilidade 0,36 cm/s, gramatura de 400 g/m² e resistência à tração mínima de 20 kN/m)	m²					175				175
	Gabião caixa 8x10 galvanizada revestida a PVC (Comprimento 3 m; Largura 1,5 m: Altura 1 m)	m³					27				27
	Gabião caixa 8x10 galvanizada revestida a PVC (Comprimento 3 m; Largura 1,0 m: Altura 1 m)	m³					12				12
	Gabião caixa 8x10 galvanizada revestida a PVC (Comprimento 2 m; Largura 1,0 m: Altura 1 m)	m³					6				6
	Arame de aço galvanizado 2,20 mm revestido PVC	kg					45				45
	Mudas plantio L 1,0 m (4 un/m)	total					144				-
	Calliandra brevipes	un.					36				36
	Colliguaja brasiliensis	un.					36				36
	Gymnanthes schottiana	un.					36				36
	Phyllanthus sellowianus	un.					36				36
	Calagem 20 g/m²	kg					0,7				0,7
	Adubo NPK 18:18:18 (35 g/un)	kg					5,0				5,0
Hidrogel 300 ml/un	l					43,2				43,2	

Técnica de Intervenção			Itens de aplicação	Unidade	Áreas de intervenção						Totais
					P1.1	P1.3	P2.1	P2.2	P3.1/P3.2	P4.1	
Enrocamento vivo	Pedra (dimensão 0,30 m)	m³			-		14,9	-	64	-	78,9
	Pedra (dimensão 0,40 m)	m³			1,7		304,8	-	-	-	306,4
	Pedra (dimensão 0,50 m)	m³			-		-	274,5	85,8	53,1	413,4
	Mudas plantio L 0,7 m (3 un/m²)	total			12		1911	1296	900	252	-
	Allamanda cathartica	un.			-		273	216	150	42	681
	Calliandra brevipes	un.			4		273	216	150	42	685
	Calliandra tweedii	un.			-		273	216	150	42	681
	Colliguaja brasiliensis	un.			4		273	216	150	42	685
	Gymnanthes schottiana	un.			4		273	216	150	42	685
	Phyllanthus sellowianus	un.			-		273	-	-	-	273
	Sesbania virgata	un.			-		273	216	150	42	681
	Calagem 20 g/m²	kg			0,14		12,7	8,7	-	1,7	23,2
	Calagem 2900 g/m²	kg			-		-	-	872,0	-	872,0
	Adubo NPK 18:18:18 (35 g/un)	kg			0,4		66,9	45,4	31,5	8,8	153,0
	Hidrogel 300 ml/un	l			3,5		573,3	388,9	270,0	75,5	1311,2
Enrocamento fundo do leito	Pedra (dimensão 0,40 m)	m³					85,3	-		-	85,3
	Pedra (dimensão 0,50 m)	m³					-	31,2		5,8	37,0
	Pedra (dimensão 0,60 m)	m³					58,4	-		-	58,4
Soleiras	Pedra (dimensão 0,80 m)	m³					23,7				23,7
Biorretentores de coco combinados com mudas arbustivas	Biorretentor de coco (3,0 m x Ø 30 cm)	un.							42		42
	Fio de polipropileno 4 mm								150		150
	Piloto de aço L 1,2 m x Ø 12 mm	un.							124		124
	Mudas plantio em linha L 0,7 m (5 un/m)	total							600		-
	Allamanda cathartica	un.							100		100
	Calliandra brevipes	un.							100		100
	Gymnanthes schottiana	un.							100		100
	Ludwigia elegans	un.							100		100
	Phyllanthus sellowianus	un.							100		100
	Sesbania virgata	un.							100		100
	Adubo NPK 18:18:18 (35 g/un)	kg							21,0		21,0
	Hidrogel 300 ml/un	l							180,0		180,0
Plantio de arbustivas	Plantio de mudas L 0,7 m (3 un/m²)	total			738		1464	192	150		-
	Allamanda cathartica	un.			123		244	32	25		424
	Calliandra brevipes	un.			123		244	32	25		424
	Colliguaja brasiliensis	un.			123		244	32	25		424
	Gymnanthes schottiana	un.			123		244	32	25		424
	Ludwigia elegens	un.			123		244	32	25		424
	Sesbania virgata	un.			123		244	32	25		424
	Adubo NPK 18:18:18 (35 g/un)	kg			25,8		51,2	6,7	5,2		89,0
	Hidrogel 300 ml/un	l			221,4		439,1	57,6	44,9		763,0
	Plantio de herbáceas	Arachis repens (2 un/m²)	un.			490		974	128	801	
Sphagneticola trilobata (2 un/m²)		un.			490		974	128	801		2393
Calagem 20 g/m²		kg			4,9		9,7	1,3	-		15,9
Calagem 2900 g/m²		kg			-		-	-	1040,3		1040,3
Adubo NPK 18:18:18 (25 g/un)		kg			24,5		48,7	6,4	40,1		119,7
Hidrogel 200 ml/un		l			196,0		389,8	51,2	320,5		957,4
Recomposição de áreas impactadas pela obra		vg	1							1	
Manutenção		un.	6							6	



## **ANEXO II**





MEC - Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos

Santa Maria/RS Cep:97105-900  
Fone: (55) 3220-8153  
<http://www.ufsm.br/labsolo>



Laudo de Análise de Solo

Informações fornecidas e de responsabilidade do solicitante

**Solicitante:** Prof. Gustavo Brunetto

**Produtor:** Prof. Gustavo Brunetto

**Município:** Santa Maria / RS

**Localidade:**

**Matrícula:**

**CPF/CNPJ:**

**CPF/CNPJ:**

**Endereço:**

**Entrada:** 20/05/24

**Emissão:** 27/05/24

Protocolo	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Prof. (cm)	Georref.
4974	Sutili- 1				
4975	Sutili- 2				
4976	Sutili- 3				

Informações emitidas pelo laboratório e de responsabilidade do técnico

Diagnóstico para acidez do solo e calagem

Protocolo	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efet.	Saturação (%)		Índice SMP
		cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>					Al	Bases	
4974	6,6	7,2	1,7	0,0	1,2	9,0	0,0	88,5	7,1
4975	7,2	9,9	1,1	0,0	1,4	11,1	0,0	88,6	7,0
4976	4,7	1,7	1,2	7,2	27,4	10,2	70,3	10,0	4,4

Diagnóstico para macronutrientes e recomendação de adubação NPK-S

Protocolo	% MO	% Argila	Textura	S	P-Mehlich	C Total <sup>1</sup>	K	CTC pH7	K
	-----m/v-----			-----mg/dm <sup>3</sup> -----		---g.kg <sup>-1</sup> ---	-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----		mg/dm <sup>3</sup>
4974	1,0	14,0	4,0	--X--	8,1	--X--	0,102	10,2	40,0
4975	2,0	17,0	4,0	--X--	5,7	--X--	0,102	12,5	40,0
4976	0,8	32,0	3,0	--X--	1,0	--X--	0,164	30,5	64,0

Diagnóstico para micronutrientes e relações molares

Protocolo	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações Molares		
	-----mg/dm <sup>3</sup> -----						Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	K/(Ca+Mg) <sup>1/2</sup>
4974	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	4,1	87,50	0,034
4975	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	8,9	107,60	0,031
4976	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	1,5	17,70	0,096

Os dados analíticos são de exclusividade da amostra

Vinculado à ROLAS-RS/SC



Assinatura digital

**57-86-C8-8F-78-64-8E-F8-AA-96-50-0A-BF-40-1C-D4**

Para autenticar acesse <https://silas.ccr.ufsm.br>, em "Autenticar" informe a sequência acima.

**Responsável técnico:** Lucas Lopes Coelho - CREA/RS 225961

Pagamento Realizado

\* Determinado em analisador elementar-combustão seca



## **ANEXO III**

PROJETO EXECUTIVO - PROTEÇÃO E REVESTIMENTO VEGETAL DAS MARGENS E LEITO DA SANGA LAGOÃO DO OURO COM TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL												
Técnica de Intervenção	Itens de aplicação	Unidade	Áreas de intervenção							Totais	Custo unitário	Custo total
			P1.1	P1.3	P2.1	P2.2	P3.1/P3.2	P4.1	P4.2	P4.3		
	Remoção de vegetação instável	m	50	60	82		85	40	45		R\$ 362	R\$ -
	Limpeza do eixo da torrente	m	50	60	82		85	40	45		R\$ 362	R\$ -
	Terraplenagem (escavadeira hidráulica 155 HP; 21 TON)	m	-	-	-		85	40	45		R\$ 170	R\$ 279,33
Muro de suporte vivo parede simples	Troncos longitudinais (3,0 m x Ø 18 cm)	un.			103						R\$ 103	R\$ 255,99
	Troncos transversais (2,0 m x Ø 18 cm)	un.			195						R\$ 195	R\$ 170,66
	Troncos verticais (1,2 m x Ø 18 cm)	un.			39						R\$ 39	R\$ 102,40
	Biorretentor de coco (3,0 m x Ø 30 cm)	un.			75						R\$ 75	R\$ 135,00
	Barra de aço nervurado para fixação das uniões entre troncos longitudinais L 0,18 m x Ø 12,5 mm	un.			97						R\$ 97	R\$ 1,21
	Barra de aço nervurado para fixação entre troncos longitudinais e verticais L 0,36 m x Ø 12,5 mm	un.			79						R\$ 79	R\$ 2,41
	Barra de aço nervurado para fixação entre troncos longitudinais e transversais L 0,36 m x Ø 12,5 mm	un.			389						R\$ 389	R\$ 2,41
	Mudas plantio L 0,7 m (5 un/m)	total			1380						-	-
	Allamanda cathartica	un.			276						R\$ 276	R\$ -
	Calliandra brevipes	un.			276						R\$ 276	R\$ -
	Colliguaja brasiliensis	un.			276						R\$ 276	R\$ -
	Gymnanthes schottiana	un.			276						R\$ 276	R\$ -
	Sesbania virgata	un.			276						R\$ 276	R\$ -
	Calagem 20 g/m²	kg			1,8						R\$ 1,8	R\$ 0,28
	Adubo NPK 18:18:18 (35 g/un)	kg			48,3						R\$ 48,3	R\$ 2,43
	Hidrogel 300 ml/un	l			414						R\$ 414	R\$ 0,50
Muro de suporte vivo parede dupla	Base em pedra (dimensão 0,50 m)	m³					55,5		68,3		R\$ 123,9	R\$ 77,00
	Troncos longitudinais (3,0 m x Ø 18 cm)	un.					120		114		R\$ 234	R\$ 255,99
	Troncos transversais (2,3 m x Ø 18 cm)	un.					125		105		R\$ 230	R\$ 196,26
	Biorretentor de coco (3,0 m x Ø 30 cm)	un.					50		42		R\$ 92	R\$ 135,00
	Barra de aço nervurado para ancoragem da base da estrutura L 1,0 m x Ø 12,5 mm						62		38		R\$ 100	R\$ 6,70
	Barra de aço nervurado para fixação das uniões entre troncos longitudinais L 0,36 m x Ø 12,5 mm	un.					126		108		R\$ 234	R\$ 2,41
	Barra de aço nervurado para fixação entre troncos longitudinais e transversais L 0,36 m x Ø 12,5 mm	un.					500		420		R\$ 920	R\$ 2,41
	Mudas plantio L 0,7 m (5 un/m)	total					900		720		-	-
	Allamanda cathartica	un.					180		144		R\$ 324	R\$ -
	Calliandra brevipes	un.					180		144		R\$ 324	R\$ -
	Colliguaja brasiliensis	un.					180		144		R\$ 324	R\$ -
	Gymnanthes schottiana	un.					180		144		R\$ 324	R\$ -
	Sesbania virgata	un.					180		144		R\$ 324	R\$ -
	Calagem 20 g/m²	kg					1,2		0,9		R\$ 2,1	R\$ 0,28
	Adubo NPK 18:18:18 (35 g/un)	kg					31,5		25,2		R\$ 56,7	R\$ 2,43
	Hidrogel 300 ml/un	l					270,0		216,0		R\$ 486,0	R\$ 0,50
Gabião	Base em pedra (dimensão 0,50 m)	m³					20,7				R\$ 20,7	R\$ 77,00
	Pedra rachão enchimento da estrutura (dimensão 12 a 25 cm)	m³					51,8				R\$ 51,8	R\$ 77,00
	Geotêxtil não tecido (permeabilidade 0,36 cm/s, gramatura de 400 g/m² e resistência à tração mínima de 20 kN/m)	m²					175				R\$ 175	R\$ 19,27
	Gabião caixa 8x10 galvanizada revestida a PVC (Comprimento 3 m; Largura 1,5 m: Altura 1 m)	m³					27				R\$ 27	R\$ 258,00
	Gabião caixa 8x10 galvanizada revestida a PVC (Comprimento 3 m; Largura 1,0 m: Altura 1 m)	m³					12				R\$ 12	R\$ 258,00
	Gabião caixa 8x10 galvanizada revestida a PVC (Comprimento 2 m; Largura 1,0 m: Altura 1 m)	m³					6				R\$ 6	R\$ 258,00
	Arame de aço galvanizado 2,20 mm revestido PVC	kg					45				R\$ 45	R\$ 17,80
	Mudas plantio L 1,0 m (4 un/m)	total					144				-	-
	Calliandra brevipes	un.					36				R\$ 36	R\$ -
	Colliguaja brasiliensis	un.					36				R\$ 36	R\$ -
	Gymnanthes schottiana	un.					36				R\$ 36	R\$ -
	Phyllanthus sellowianus	un.					36				R\$ 36	R\$ -
	Calagem 20 g/m²	kg					0,7				R\$ 0,7	R\$ 0,28
	Adubo NPK 18:18:18 (35 g/un)	kg					5,0				R\$ 5,0	R\$ 2,43
	Hidrogel 300 ml/un	l					43,2				R\$ 43,2	R\$ 0,50

Técnica de Intervenção	Itens de aplicação	Unidade	Áreas de intervenção							Totais	Custo unitário		Custo total
			P1.1	P1.3	P2.1	P2.2	P3.1/P3.2	P4.1	P4.2				
Enrocamento vivo	Pedra (dimensão 0,30 m)	m³			-		14,9	-	64	-	78,9	R\$ 77,00	R\$ 6.075,42
	Pedra (dimensão 0,40 m)	m³			1,7		304,8	-	-	-	306,4	R\$ 77,00	R\$ 23.593,26
	Pedra (dimensão 0,50 m)	m³			-		-	274,5	85,8	53,1	413,4	R\$ 77,00	R\$ 31.831,95
	Mudas plantio L 0,7 m (3 un/m²)	total			12		1911	1296	900	252	-	-	-
	Allamanda cathartica	un.			-		273	216	150	42	681	R\$ -	R\$ -
	Calliandra brevipes	un.			4		273	216	150	42	685	R\$ -	R\$ -
	Calliandra tweedii	un.			-		273	216	150	42	681	R\$ -	R\$ -
	Colliguaja brasiliensis	un.			4		273	216	150	42	685	R\$ -	R\$ -
	Gymnanthes schottiana	un.			4		273	216	150	42	685	R\$ -	R\$ -
	Phyllanthus sellowianus	un.			-		273	-	-	-	273	R\$ -	R\$ -
	Sesbania virgata	un.			-		273	216	150	42	681	R\$ -	R\$ -
	Calagem 20 g/m²	kg			0,14		12,7	8,7	-	1,7	23,2	R\$ 0,28	R\$ 6,50
	Calagem 2900 g/m²	kg			-		-	-	872,0	-	872,0	R\$ 0,28	R\$ 244,17
	Adubo NPK 18:18:18 (35 g/un)	kg			0,4		66,9	45,4	31,5	8,8	153,0	R\$ 2,43	R\$ 371,72
	Hidrogel 300 ml/un	l			3,5		573,3	388,9	270,0	75,5	1311,2	R\$ 0,50	R\$ 655,60
Enrocamento fundo do leito	Pedra (dimensão 0,40 m)	m³					85,3	-		-	85,3	R\$ 77,00	R\$ 6.566,87
	Pedra (dimensão 0,50 m)	m³					-	31,2		5,8	37,0	R\$ 77,00	R\$ 2.846,88
	Pedra (dimensão 0,60 m)	m³					58,4	-		-	58,4	R\$ 77,00	R\$ 4.500,11
Soleiras	Pedra (dimensão 0,80 m)	m³					23,7				23,7	R\$ 77,00	R\$ 1.827,30
Biorretentores de coco combinados com mudas arbustivas	Biorretentor de coco (3,0 m x Ø 30 cm)	un.							42		42	R\$ 135,00	R\$ 5.670,00
	Fio de polipropileno 4 mm	m							150		150	R\$ 0,70	R\$ 105,00
	Piloto de aço L 1,2 m x Ø 12 mm	un.							124		124	R\$ 8,04	R\$ 996,96
	Mudas plantio em linha L 0,7 m (5 un/m)	total							600		-	-	-
	Allamanda cathartica	un.							100		100	R\$ -	R\$ -
	Calliandra brevipes	un.							100		100	R\$ -	R\$ -
	Gymnanthes schottiana	un.							100		100	R\$ -	R\$ -
	Ludwigia elegans	un.							100		100	R\$ -	R\$ -
	Phyllanthus sellowianus	un.							100		100	R\$ -	R\$ -
	Sesbania virgata	un.							100		100	R\$ -	R\$ -
	Adubo NPK 18:18:18 (35 g/un)	kg							21,0		21,0	R\$ 2,43	R\$ 51,03
	Hidrogel 300 ml/un	l							180,0		180,0	R\$ 0,50	R\$ 90,00
Plantio de arbustivas	Plantio de mudas L 0,7 m (3 un/m²)	total			738		1464	192	150		-	-	-
	Allamanda cathartica	un.			123		244	32	25		424	R\$ -	R\$ -
	Calliandra brevipes	un.			123		244	32	25		424	R\$ -	R\$ -
	Colliguaja brasiliensis	un.			123		244	32	25		424	R\$ -	R\$ -
	Gymnanthes schottiana	un.			123		244	32	25		424	R\$ -	R\$ -
	Ludwigia elegens	un.			123		244	32	25		424	R\$ -	R\$ -
	Sesbania virgata	un.			123		244	32	25		424	R\$ -	R\$ -
	Adubo NPK 18:18:18 (35 g/un)	kg			25,8		51,2	6,7	5,2		89,0	R\$ 2,43	R\$ 216,32
	Hidrogel 300 ml/un	l			221,4		439,1	57,6	44,9		763,0	R\$ 0,50	R\$ 381,51
Plantio de herbáceas	Arachis repens (2 un/m²)	un.			490		974	128	801		2393	R\$ -	R\$ -
	Sphagneticola trilobata (2 un/m²)	un.			490		974	128	801		2393	R\$ -	R\$ -
	Calagem 20 g/m²	kg			4,9		9,7	1,3	-		15,9	R\$ 0,28	R\$ 4,46
	Calagem 2900 g/m²	kg			-		-	-	1040,3		1040,3	R\$ 0,28	R\$ 291,28
	Adubo NPK 18:18:18 (25 g/un)	kg			24,5		48,7	6,4	40,1		119,7	R\$ 2,43	R\$ 290,82
	Hidrogel 200 ml/un	l			196,0		389,8	51,2	320,5		957,4	R\$ 0,50	R\$ 478,72
Recomposição de áreas impactadas pela obra		vg	1							1	R\$ -	R\$ -	
Manutenção		un.	6							6	R\$ -	R\$ -	
TOTAL												R\$ 362.025,62	