



Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO

Caderno técnico Túneis

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
Diretoria Geral
Diretoria de Planejamento e Pesquisa
Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes

Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO

Versão 1.1
Mês de referência: janeiro de 2025

Caderno técnico Túneis



Controle de versão do Caderno técnico

Número da versão	Referência	Descrição das alterações	Data da entrega da versão	Documento de referência	Observações
1.0	janeiro de 2025	-	24/03/2025	Informativo SICRO nº 01/2025, de 25/03/2025.	-
1.1	janeiro de 2025	adequação dos vínculos dos sumários e melhoria de itens de formatação	21/05/2025	-	-



APRESENTAÇÃO

O Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO constitui a síntese de todo o desenvolvimento técnico das áreas de custos do extinto Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – DNER e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT na formação de preços referenciais para contratação e desenvolvimento de obras públicas na área de infraestrutura de transportes.

Consoante a história desses relevantes órgãos, o SICRO abrange o conhecimento e a experiência acumulados desde a edição das primeiras tabelas referenciais de preços, passando pelo pioneirismo na conceituação e aplicação das composições de custos, até as mais recentes diferenciações de serviços e modais de transportes, particularmente no que se refere às composições de custos de serviços ferroviários e hidroviários.

Em alinhamento com a constante evolução dos procedimentos executivos de serviços de engenharia, associados ao aprimoramento tecnológico dos insumos empregados no desenvolvimento das atividades, torna-se primordial manter um processo contínuo de revisão do sistema, de modo a prover ao seu usuário uma ferramenta de orçamentação representativa e atualizada de forma harmônica com métodos de trabalho inovadores adotados no âmbito de empreendimentos de infraestrutura de transportes.

Nesse sentido, visando promover uma abordagem expandida das premissas e metodologias já consolidadas, incorporando novos elementos técnicos, ampliando seu arcabouço conceitual, foi concebida uma nova estrutura organizacional para os dispositivos integrantes do sistema, cujos conteúdos encontram-se incorporados nos seguintes itens:

- manuais de custos - metodologia e conceitos;
- memoriais de cálculo - cadernos técnicos e planilhas de equipes mecânicas;
- aplicação de metodologias.

Nos manuais de custos constam os elementos teóricos e diretivos que constituem as metodologias empregadas no desenvolvimento das composições de custos referenciais do SICRO, bem como de todos os instrumentos aplicados na formação de orçamentos e precificação de obras de infraestrutura de transportes.

Os cadernos técnicos apresentam as metodologias executivas das atividades e as respectivas condições de contorno adotadas no cálculo dos consumos dos materiais e produção horária dos serviços, suas respectivas memórias e as planilhas de equipes mecânicas.

A aplicação de metodologias possui por objetivo instituir um guia prático para elaboração de orçamentos baseados no SICRO, estabelecendo diretrizes básicas para tomada de decisão e exemplos práticos que ilustram o emprego das diferentes ferramentas que integram o sistema.



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Atividades integrantes do grupo de serviços de túneis	6
--	---

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação NATM	1
Tabela 2 - Guia para escavação e suporte de túneis	2
Tabela 3 - Parâmetros de escavação da calota em rocha	4
Tabela 4 - Parâmetros de escavação do rebaixo em rocha	5
Tabela 5 - Parâmetros de escavação em solos	5
Tabela 6 - Produções de equipe do serviço de escavação subterrânea em túnel classe I a IV	8
Tabela 7 - Consumo de cabos elétricos e duto de ventilação - escavação subterrânea em túnel classe I a IV	10
Tabela 8 - Consumo de luva e projetor - escavação subterrânea em túnel classe I a IV	11
Tabela 9 - Consumo de tubo em aço galvanizado - escavação subterrânea em túnel classe I a IV	12
Tabela 10 - Consumo de lâmpada fluorescente - escavação subterrânea em túnel classe I a IV	12
Tabela 11 - Consumo de emulsão explosiva - escavação subterrânea em túnel classe I a IV	13
Tabela 12 - Consumo de nonel iniciador - escavação subterrânea em túnel classe I a IV	13
Tabela 13 - Consumo de nonel de coluna - escavação subterrânea em túnel classe I a IV	14
Tabela 14 - Consumo dos equipamentos seccionados - escavação subterrânea em túnel classe I a IV	15
Tabela 15 - Consumo de ponteiro para rompedor hidráulico - escavação subterrânea em túnel classe I a IV	16
Tabela 16 - Produções de equipe do serviço de escavação subterrânea em túnel classe V	17
Tabela 17 - Consumo de cabos elétricos e duto de ventilação - escavação subterrânea em túnel classe V	19
Tabela 18 - Consumo de luva e projetor - escavação subterrânea em túnel classe V	20
Tabela 19 - Consumo de tubo em aço galvanizado - escavação subterrânea em túnel classe V	21



Tabela 20 - Consumo de lâmpada fluorescente - escavação subterrânea em túnel classe V	21
Tabela 21 - Consumo de ponteiro para rompedor hidráulico - escavação subterrânea em túnel classe V	22
Tabela 22 - Produções de equipe do serviço de escavação subterrânea em túnel classe VI	23
Tabela 23 - Consumo de cabos elétricos e duto de ventilação - escavação subterrânea em túnel classe VI	25
Tabela 24 - Consumo de luva e projetor - escavação subterrânea em túnel classe VI	26
Tabela 25 - Consumo de tubo em aço galvanizado - escavação subterrânea em túnel classe VI	26
Tabela 26 - Consumo de lâmpada fluorescente - escavação subterrânea em túnel classe VI	27
Tabela 27 - Parâmetros do plano de fogo - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	29
Tabela 28 - Consumo de cabos elétricos e duto de ventilação - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	30
Tabela 29 - Consumo de luva e projetor - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	31
Tabela 30 - Consumo de tubo em aço galvanizado - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	31
Tabela 31 - Consumo de lâmpada fluorescente - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	32
Tabela 32 - Consumo de nonel iniciador - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	33
Tabela 33 - Consumo de nonel de coluna - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	33
Tabela 34 - Consumo de nonel de ligação - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	34
Tabela 35 - Vida útil média da broca - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	34
Tabela 36 - Consumo de série de brocas - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	35
Tabela 37 - Consumo dos equipamentos seccionados - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	35
Tabela 38 - Vida útil média da broca - desmonte a frio com cunha hidráulica em túnel	39
Tabela 39 - Consumo de série de brocas integrais - desmonte a frio com cunha hidráulica em túnel	40
Tabela 40 - Parâmetros do plano de fogo - pré-fissuramento em túnel	41



Tabela 41 - Consumo de nonel iniciador - pré-fissuramento em túnel	42
Tabela 42 - Consumo de nonel de coluna - pré-fissuramento em túnel	42
Tabela 43 - Consumo de nonel de ligação - pré-fissuramento em túnel	43
Tabela 44 - Vida útil média da broca - desmonte a frio com cunha hidráulica em túnel	44
Tabela 45 - Consumo de série de brocas integrais - pré-fissuramento em túnel	44
Tabela 46 - Serviços empregados nas operações de transporte - cambotas metálicas treliçadas.....	46
Tabela 47 - Serviços empregados nas operações de transporte - armação de tela de aço em túnel.....	48
Tabela 48 - Consumo de aço - prego guia para controle de espessura de concreto projetado.....	50
Tabela 49 - Consumo de broca integral - prego guia para controle de espessura de concreto projetado.....	50
Tabela 50 - Consumo de adesivo - prego guia para controle de espessura de concreto projetado.....	51
Tabela 51 - Serviços empregados nas operações de transporte - prego guia para controle de espessura de concreto projetado.....	51
Tabela 52 - Consumo de válvula manchete - enfilagem tubular sistema convencional	55
Tabela 53 - Consumo de broca de <i>widia</i> - enfilagem tubular sistema convencional	56
Tabela 54 - Consumo de borracha para obturador mecânico - enfilagem tubular sistema convencional	56
Tabela 55 - Consumo dos equipamentos seccionados - enfilagem tubular sistema convencional	57
Tabela 56 - Consumo de solda - enfilagem tubular sistema convencional.....	58
Tabela 57 - Serviços empregados nas operações de transporte - enfilagem tubular sistema convencional	58
Tabela 58 - Conversão para transporte - enfilagem tubular sistema convencional	58
Tabela 59 - Consumo de tubo de aço-carbono iniciador - enfilagem tubular sistema autoperfurante.....	61
Tabela 60 - Consumo de tubo de aço-carbono para sistema autoperfurante - enfilagem tubular sistema autoperfurante	61
Tabela 61 - Consumo de cimento Portland CP II - enfilagem tubular sistema autoperfurante	62
Tabela 62 - Consumo de borracha para obturador mecânico - enfilagem tubular sistema autoperfurante.....	62



Tabela 63 - Consumo dos equipamentos seccionados - enfilagem tubular sistema autoperfurante.....	63
Tabela 64 - Serviços empregados nas operações de transporte - enfilagem tubular sistema autoperfurante.....	63
Tabela 65 - Consumo de cimento - coluna de <i>jet grouting</i> horizontal.....	66
Tabela 66 - Consumo de coroa, haste e hidromonitor - coluna de <i>jet grouting</i> horizontal.....	66
Tabela 67 - Serviços empregados nas operações de transporte - coluna de <i>jet grouting</i> horizontal.....	67
Tabela 68 - Consumo de cimento - coluna de <i>jet grouting</i> vertical.....	69
Tabela 69 - Consumo de coroa, haste e hidromonitor - coluna de <i>jet grouting</i> vertical.....	69
Tabela 70 - Serviços empregados nas operações de transporte - coluna de <i>jet grouting</i> vertical.....	70
Tabela 71 - Consumo de cimento - pregagem da frente	72
Tabela 72 - Consumo de coroa, haste e punho - pregagem da frente	73
Tabela 73 - Consumo de argamassa - pregagem da frente.....	73
Tabela 74 - Consumo de argamassa - drenagem de túnel com manta drenante	77
Tabela 75 - Serviços empregados nas operações de transporte - drenagem de túnel com manta drenante.....	77
Tabela 76 - Consumo de geotêxtil - dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel.....	79
Tabela 77 - Consumo de fio de poliamida - dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel.....	80
Tabela 78 - Vida útil média da broca - dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel.....	81
Tabela 79 - Consumo de série de brocas integrais - dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel.....	81
Tabela 80 - Serviços empregados nas operações de transporte - dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel.....	81
Tabela 81 - Vida útil média da broca - dreno não filtrante em tubo PVC em paredes e teto de túnel.....	84
Tabela 82 - Consumo de série de brocas integrais - dreno não filtrante em tubo PVC em paredes e teto de túnel	84
Tabela 83 - Serviços empregados nas operações de transporte - dreno não filtrante em tubo PVC em paredes e teto de túnel.....	84
Tabela 84 - Relação das composições de custos por subgrupo - túneis	85



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Parâmetros referenciais.....	2
2	SERVIÇOS	6
2.1	Escavação em túnel	6
2.1.1	Escavação subterrânea em túnel classe I a IV	6
2.1.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	<i>6</i>
2.1.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	<i>7</i>
2.1.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	<i>7</i>
2.1.1.4	<i>Mão de obra</i>	<i>9</i>
2.1.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>10</i>
2.1.1.6	<i>Operações de transporte</i>	<i>16</i>
2.1.1.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>16</i>
2.1.2	Escavação subterrânea em túnel classe V	16
2.1.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	<i>16</i>
2.1.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	<i>16</i>
2.1.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	<i>17</i>
2.1.2.4	<i>Mão de obra</i>	<i>18</i>
2.1.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>18</i>
2.1.2.6	<i>Operações de transporte</i>	<i>22</i>
2.1.2.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>22</i>
2.1.3	Escavação subterrânea em túnel classe VI.....	22
2.1.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	<i>22</i>
2.1.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	<i>22</i>
2.1.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	<i>22</i>
2.1.3.4	<i>Mão de obra</i>	<i>24</i>
2.1.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>24</i>
2.1.3.6	<i>Operações de transporte</i>	<i>27</i>
2.1.3.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>27</i>
2.1.4	Escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	27
2.1.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	<i>27</i>
2.1.4.2	<i>Metodologia executiva</i>	<i>27</i>
2.1.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	<i>27</i>
2.1.4.4	<i>Mão de obra</i>	<i>29</i>
2.1.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>29</i>



2.1.4.6	<i>Operações de transporte</i>	36
2.1.4.7	<i>Critérios de medição</i>	36
2.1.5	Desmonte a frio com cunha hidráulica em túnel	36
2.1.5.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	36
2.1.5.2	<i>Metodologia executiva</i>	36
2.1.5.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	37
2.1.5.4	<i>Mão de obra</i>	38
2.1.5.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	39
2.1.5.6	<i>Operações de transporte</i>	40
2.1.5.7	<i>Critérios de medição</i>	40
2.1.6	Pré-fissuramento em túnel	40
2.1.6.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	40
2.1.6.2	<i>Metodologia executiva</i>	40
2.1.6.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	40
2.1.6.4	<i>Mão de obra</i>	41
2.1.6.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	41
2.1.6.6	<i>Operações de transporte</i>	44
2.1.6.7	<i>Critérios de medição</i>	44
2.2	Suporte e revestimento primário	44
2.2.1	Cambotas metálicas treliçadas	44
2.2.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	44
2.2.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	45
2.2.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	45
2.2.1.4	<i>Mão de obra</i>	45
2.2.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	45
2.2.1.6	<i>Operações de transporte</i>	46
2.2.1.7	<i>Critérios de medição</i>	46
2.2.2	Armação de tela de aço em túnel	46
2.2.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	46
2.2.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	47
2.2.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	47
2.2.2.4	<i>Mão de obra</i>	47
2.2.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	47
2.2.2.6	<i>Operações de transporte</i>	47
2.2.2.7	<i>Critérios de medição</i>	48



2.2.3	Prego guia para controle de espessura de concreto projetado	48
2.2.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	48
2.2.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	48
2.2.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	49
2.2.3.4	<i>Mão de obra</i>	49
2.2.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	49
2.2.3.6	<i>Operações de transporte</i>	51
2.2.3.7	<i>Critérios de medição</i>	52
2.3	Tratamentos preliminares	52
2.3.1	Enfilagem tubular sistema convencional	52
2.3.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	52
2.3.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	52
2.3.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	53
2.3.1.4	<i>Mão de obra</i>	54
2.3.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	55
2.3.1.6	<i>Operações de transporte</i>	58
2.3.1.7	<i>Critérios de medição</i>	58
2.3.2	Enfilagem tubular sistema autoperfurante	58
2.3.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	59
2.3.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	59
2.3.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	59
2.3.2.4	<i>Mão de obra</i>	60
2.3.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	60
2.3.2.6	<i>Operações de transporte</i>	63
2.3.2.7	<i>Critérios de medição</i>	64
2.3.3	Coluna de <i>jet grouting</i> horizontal	64
2.3.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	64
2.3.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	64
2.3.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	65
2.3.3.4	<i>Mão de obra</i>	65
2.3.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	65
2.3.3.6	<i>Operações de transporte</i>	67
2.3.3.7	<i>Critérios de medição</i>	67
2.3.4	Coluna de <i>jet grouting</i> vertical	67
2.3.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	67



2.3.4.2	<i>Metodologia executiva</i>	67
2.3.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	68
2.3.4.4	<i>Mão de obra</i>	68
2.3.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	68
2.3.4.6	<i>Operações de transporte</i>	70
2.3.4.7	<i>Critérios de medição</i>	70
2.3.5	<i>Pregagem da frente</i>	70
2.3.5.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	70
2.3.5.2	<i>Metodologia executiva</i>	70
2.3.5.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	71
2.3.5.4	<i>Mão de obra</i>	71
2.3.5.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	71
2.3.5.6	<i>Operações de transporte</i>	74
2.3.5.7	<i>Critérios de medição</i>	74
2.4	Drenagem em túnel	74
2.4.1	<i>Drenagem de túnel com manta drenante</i>	74
2.4.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	74
2.4.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	74
2.4.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	74
2.4.1.4	<i>Mão de obra</i>	76
2.4.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	76
2.4.1.6	<i>Operações de transporte</i>	77
2.4.1.7	<i>Critérios de medição</i>	78
2.4.2	<i>Dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel</i>	78
2.4.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	78
2.4.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	78
2.4.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	78
2.4.2.4	<i>Mão de obra</i>	79
2.4.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	79
2.4.2.6	<i>Operações de transporte</i>	81
2.4.2.7	<i>Critérios de medição</i>	82
2.4.3	<i>Dreno não filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel</i>	82
2.4.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	82
2.4.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	82
2.4.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	82



2.4.3.4	<i>Mão de obra</i>	83
2.4.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	83
2.4.3.6	<i>Operações de transporte</i>	84
2.4.3.7	<i>Critérios de medição</i>	84
APÊNDICE A - RELAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS POR SUBGRUPO - TÚNEIS		85



1 INTRODUÇÃO

O presente caderno técnico compreende as diretrizes metodológicas utilizadas na elaboração das composições de custos associadas ao grupo de serviços de túneis, bem como os memoriais de cálculo descritivo desenvolvidos para a obtenção dos parâmetros empregados.

Contextualizando acerca do tema, especificamente no que tange aos modelos de custo integrantes do SICRO, túneis consistem em passagens subterrâneas implantadas com objetivo prover vias de comunicação, transpondo maciços rochosos ou de solo, de modo a encurtar a distância de ligação entre localidades, cuja associação com a infraestrutura de transportes proporciona a redução dos tempos de deslocamento e, conseqüentemente, dos custos de viagem.

A escavação de túneis em rocha é realizada por meio do emprego de explosivos, a partir da abertura de furos na cabeceira do maciço com o respectivo preenchimento das cargas para detonação, cuja técnica adotada constitui o “plano de fogo”.

Para as atividades desenvolvidas em solo, são utilizados equipamentos convencionais de terraplenagem, com o auxílio de elementos de sustentação e de reforço, aplicados de forma provisória ou permanente.

A metodologia empregada na modelagem referencial foi baseada na *New Austrian Tunneling Method* – NATM, consoante à classificação apresentada nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Classificação NATM

Classificação NATM	
Classe I	Maciços de rocha são, sem alterações, coesos e autoportantes, com ausência de planos (famílias) de fraturas ou diaclases, que, no entanto, poderão ocorrer de forma isolada.
Classe II	Maciços de rocha são, sem alterações, coesos e autoportantes, porém já apresentando pelo menos um plano (família) de diaclases ou de fraturas.
Classe III	Maciços de rocha são, fraturada, ainda com um certo grau de autossuporte e coesão, porém entrecortado por planos (famílias) de fraturas orientados segundo diferentes direções e mergulhos, podendo ocorrer faixas milimétricas a centimétricas de alterações nestas fraturas, associadas a maiores concentrações de água subterrânea.
Classe IV	Maciços de rocha mais fraturada e apresentando faixas intercaladas de rocha alterada, com coesão mais reduzida, autossuporte e estabilidade temporários, quadro que pode se agravar na presença de água subterrânea.
Classe V	Maciços formados por solo de alteração (saprólitos) ou rocha totalmente alterada, com pouca ou nenhuma coesão, ausência de autossuporte e estabilidade quando escavados; na presença de água subterrânea estes maciços passarão a ser classificados como de Classe VI.



Tabela 2 - Guia para escavação e suporte de túneis

Classe do maciço rochoso	Classe geomecânica RMR	Escavação	Suporte		
			Ancoragens	Concreto projetado	Cambotas
I	81 a 100	Seção total; 3 m de avanço	Geralmente não requer suporte com a exceção de ancoragens ocasionais		
II	61 a 80	Seção total; 1 a 1,5 m de avanço; suporte completo a 20 m da frente	Ancoragens com 3 m de comprimento, espaçadas de 2,5 m, ocasionalmente com malha em certas zonas do teto	50 mm no teto quando necessário	Nenhuma
III	41 a 60	Seção parcial (frente e rebaixo); 1,5 a 3 m de avanço; início do suporte a cada fogo; suporte completo a 10 m	Ancoragens sistemáticas com 4 m de comprimento espaçadas de 2 m nas paredes e teto, com malha no teto	50 a 100 mm no teto, 30 mm nas paredes	Nenhuma
IV	21 a 40	Seção parcial (frente e rebaixo); 1 a 1,5 m de avanço; instalação do suporte concomitantemente com a escavação	Ancoragens sistemáticas com 4 a 5 m de comprimento, espaçadas de 1 a 1,5 m com malha no teto e paredes	100 a 200 mm no teto, 100 mm nas paredes	Cambotas leves espaçadas de 1,5 m
V	< 20	Seções múltiplas; 0,5 a 1,5 m de avanço; instalação do suporte concomitantemente com a escavação; concreto projetado logo após o fogo	Ancoragens sistemáticas com 5 a 6 m de comprimento, espaçadas de 1 a 1,5 m com malha no teto e paredes; ancoragem na soleira	150 a 250 mm no teto, 150 mm nas paredes	Cambotas médias a pesadas espaçadas de 0,75 m; fechamento na soleira

Fonte: Adaptado de BIENIAWSKI, Z. T. **Engineering rock mass classifications**: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil and petroleum engineering. [S.l.]: Bieniawski, 1989.

1.1 Parâmetros referenciais

Visando padronização nos mecanismos utilizados para determinar as produções horárias de equipamentos e serviços, foram definidos métodos específicos para a concepção de memórias e formulações associadas, cuja classificação segue os seguintes preceitos:

- método teórico;
- método empírico:
 - aferição em obra;
 - referencial técnico especializado;
 - referencial histórico consolidado.



O método teórico consiste no desenvolvimento de expressões matemáticas que reproduzem o desempenho dos equipamentos durante o processo de execução dos serviços, levando em consideração dados de operação e características técnicas adquiridas em catálogos de fornecedores.

No sentido oposto, ao passo que não se vislumbra a possibilidade de se produzir um modelo teórico, são empregados métodos empíricos. No que tange ao procedimento de aferição em obra, sua base reside na realização de levantamentos de campo, objetivando a coleta de dados que permita sua utilização como parâmetro referencial de custos.

Em linhas distintas à prática anterior, o método empírico baseado em referencial técnico especializado remete a pesquisa em literatura acadêmica, em pareceres consultivos, bem como a catálogos fornecidos por empresas de engenharia e fabricantes de equipamentos, de onde podem ser extraídos, de forma consistente, valores de produções nominais de maquinários e serviços, ou ainda viabilizar a construção de modelos paramétricos que proporcionem a elaboração de memoriais de cálculo específicos.

Por fim, admite-se a utilização de referenciais históricos consolidados para definir a produção de serviços. Entretanto, tal recurso é utilizado estritamente se não for possível empregar os métodos anteriormente expostos, cujos valores obrigatoriamente são oriundos dos sistemas de custos desenvolvidos no âmbito do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT e Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – DNER.

A indicação do método aplicado na determinação da produção dos serviços do Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO constará das planilhas de produção de equipes mecânicas das atividades.

No grupo de serviços de túneis são utilizados os seguintes fatores de correção:

a) fator de eficiência

O fator de eficiência adotado para os serviços de túneis corresponde a 0,83.

Importante destacar que para as atividades em que a produção horária é estabelecida por meio de métodos empíricos, onde a atribuição do valor é efetuada de forma direta com base em aferições ou bibliografia técnica, caso os parâmetros geradores do fator de eficiência se encontrem incorporados nos procedimentos executivos observados, essas não farão jus à incidência desse.

b) fator de conversão:

- túneis classe VI (equivalente a materiais de 1ª categoria): $F_{cv} = 1,0 / 1,25 = 0,80$;
- túneis classe V (equivalente a materiais de 2ª categoria): $F_{cv} = 1,0 / 1,39 = 0,72$;
- túneis classe I a IV (equivalente a materiais de 3ª categoria): $F_{cv} = 1,0 / 1,75 = 0,57$.



De forma genérica, os demais fatores de conversão empregados no âmbito das atividades de túneis correspondem aos consumos de insumos por unidade de serviço.

c) fator de carga:

- materiais de 1ª categoria: $F_{ca} = 0,90$;
- materiais de 2ª categoria: $F_{ca} = 0,80$;
- materiais de 3ª categoria: $F_{ca} = 0,70$.

Especificamente para os caminhões basculantes utilizados em serviços de escavação, carga e transporte:

- materiais de 1ª categoria: $F_{ca} = 1,00$;
- materiais de 2ª categoria: $F_{ca} = 1,00$;
- materiais de 3ª categoria: $F_{ca} = 0,90$.

Para as escavadeiras hidráulicas:

- materiais de 1ª categoria: $F_{ca} = 1,00$;
- materiais de 2ª categoria: $F_{ca} = 0,80$;
- materiais de 3ª categoria: $F_{ca} = 0,70$.

Os parâmetros associados a escavação da calota em rocha e do rebaixo encontram-se apresentados nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 - Parâmetros de escavação da calota em rocha

Classe	Seção (m²)	Profundidade dos furos (m)	Subfuração (m)	Furos da seção	Furos do contorno e do pilão	Velocidade de perfuração (m/min)
I	100,00	4,00	0,50	110	40	1,00
II	100,00	3,50	0,40	110	40	1,00
III	100,00	3,00	0,30	110	40	1,00
IV	100,00	2,40	0,20	110	40	1,00
I	75,00	4,00	0,50	90	30	1,00
II	75,00	3,50	0,40	90	30	1,00
III	75,00	3,00	0,30	90	30	1,00
IV	75,00	2,40	0,20	90	30	1,00
I	50,00	4,00	0,50	80	30	1,00
II	50,00	3,50	0,40	80	30	1,00
III	50,00	3,00	0,30	80	30	1,00
IV	50,00	2,40	0,20	80	30	1,00
I	30,00	4,00	0,50	50	30	1,00
II	30,00	3,50	0,40	50	30	1,00



Tabela 3 - Parâmetros de escavação da calota em rocha (2/2)

Classe	Seção (m ²)	Profundidade dos furos (m)	Subfuração (m)	Furos da seção	Furos do contorno e do pilão	Velocidade de perfuração (m/min)
III	30,00	3,00	0,30	50	30	1,00
IV	30,00	2,40	0,20	50	30	1,00

Tabela 4 - Parâmetros de escavação do rebaixo em rocha

Classe	Malha de perfuração (m ²)	Profundidade dos furos (m)	Subfuração (m)	Número de furos	Velocidade de perfuração (m/min)
I a IV	2,00 m x 2,50 m	2,00	0,60	21	0,25

A velocidade de perfuração inclui os tempos gastos com a troca de hastes, afiação e posicionamento do furo.

A tabela 5 apresenta os parâmetros de escavação em solos.

Tabela 5 - Parâmetros de escavação em solos

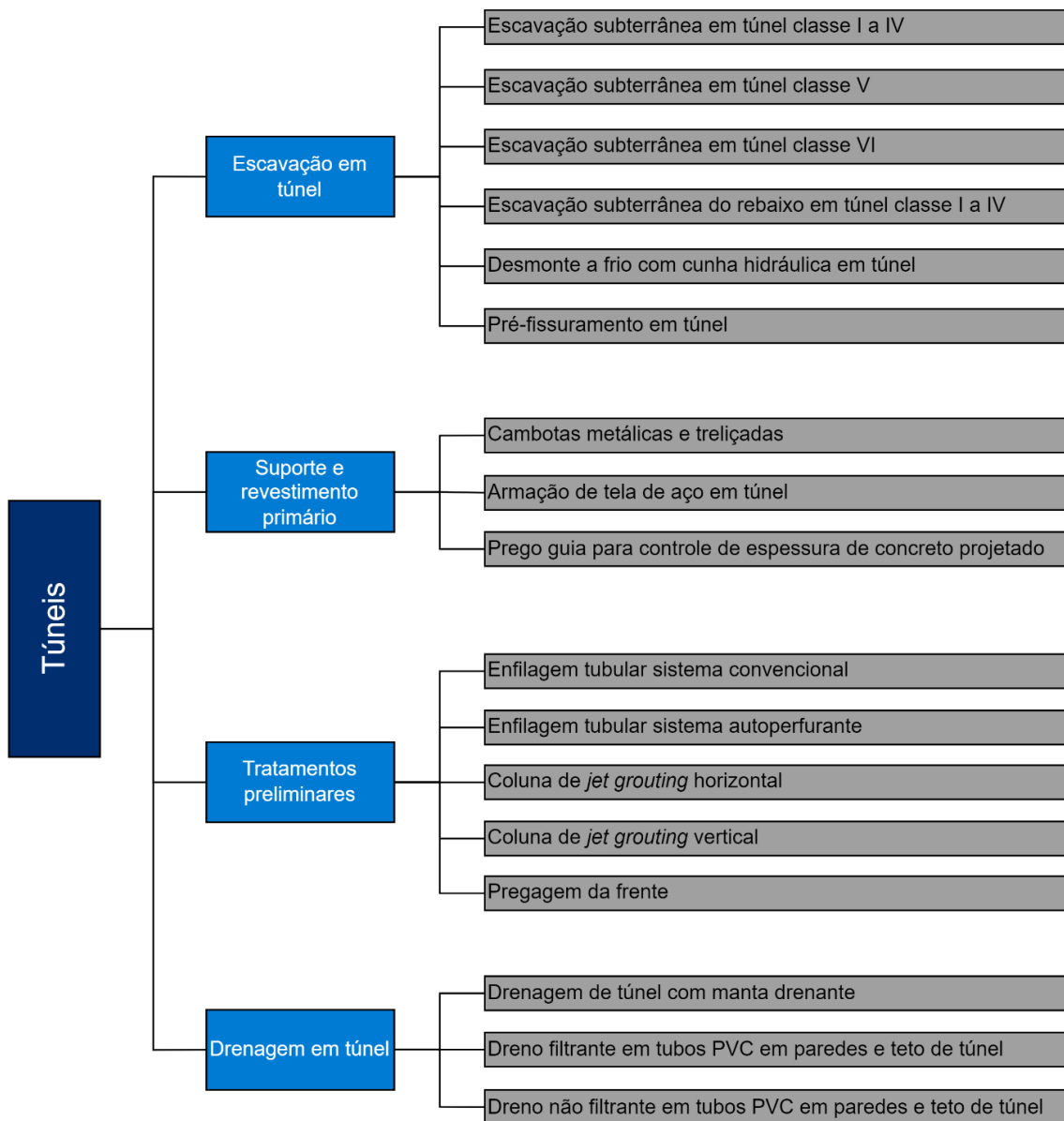
Classe	Seção (m ²)	Profundidade do avanço (m)	Capacidade da escavadeira (m ³)	Tempo de ciclo (min)
V	100,00	0,80	0,40000	0,28
V	75,00	0,80	0,40000	0,28
V	50,00	0,80	0,40000	0,28
V	30,00	0,80	0,40000	0,28
VI	100,00	0,60	0,40000	0,24
VI	75,00	0,60	0,40000	0,24
VI	50,00	0,60	0,40000	0,24
VI	30,00	0,60	0,40000	0,24



2 SERVIÇOS

As atividades integrantes do grupo de serviços de túneis são classificadas em conformidade com a estrutura organizacional apresentada na figura 1.

Figura 1 - Atividades integrantes do grupo de serviços de túneis



Fonte: FGV IBRE

2.1 Escavação em túnel

2.1.1 Escavação subterrânea em túnel classe I a IV

O serviço consiste na escavação subterrânea de túnel classe I a IV, em rocha, por meio do emprego de explosivos.

2.1.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.



2.1.1.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- instalação manual dos sistemas elétricos para iluminação e ventilação do túnel;
- execução de furos no maciço rochoso por meio de jumbo eletro-hidráulico;
- preenchimento manual dos furos com material explosivo com auxílio da plataforma de trabalho do jumbo eletro-hidráulico;
- montagem manual do circuito de detonação;
- detonação da rocha;
- execução manual do bate-choco com auxílio da plataforma de trabalho do jumbo eletro-hidráulico;
- abatimento de choco por meio de escavadeira com martelo hidráulico;
- carga da rocha em caminhão basculante por meio de carregadeira de pneus;
- transporte do material por meio de caminhão basculante.

2.1.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- jumbo eletro-hidráulico com 3 braços;
- escavadeira hidráulica com martelo hidráulico de 1.700 kg;
- carregadeira de pneus para rocha;
- caminhão basculante para rocha;
- ventilador axial;
- grupos geradores.

As produções horárias do serviço foram estabelecidas por meio do método teórico, sendo definidas por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{H \times A}{T_c}$$

onde:

P representa a produção de equipe, em metros cúbicos por hora;

H representa a profundidade de escavação, em metros;

A representa a área da seção transversal do túnel, em metros quadrados;

T_c representa o tempo de ciclo do avanço na escavação do túnel, em horas.



A tabela 6 apresenta os parâmetros referenciais adotados e as respectivas produtividades.

Tabela 6 - Produções de equipe do serviço de escavação subterrânea em túnel classe I a IV

Classe	Profundidade (m)	Produção de equipe (m³/h)			
		Acima de 90 m²	60 a 90 m²	40 a 60 m²	20 a 40 m²
		A = 100 m² T _c = 12 h	A = 75 m² T _c = 10 h	A = 50 m² T _c = 10 h	A = 30 m² T _c = 10 h
I	4,00	33,33	30,00	20,00	12,00
II	3,50	29,17	26,25	17,50	10,50
III	3,00	25,00	22,50	15,00	9,00000
IV	2,40	20,00	18,00	12,00	7,20000

a) jumbo eletro-hidráulico com 3 braços

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times A \times H \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

A representa a área de escavação, em metros quadrados;

H representa a profundidade de escavação, em metros;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

O grupo gerador opera em conjunto com o jumbo, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) escavadeira hidráulica com martelo hidráulico de 1.700 kg

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times A \times H}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

A representa a área de escavação, em metros quadrados;

H representa a profundidade de escavação, em metros;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.



c) carregadeira de pneus para rocha

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_{cv} \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;
C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;
F_{ca} representa o fator de carga;
F_{cv} representa o fator de conversão;
F_e representa o fator de eficiência;
T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

d) caminhão basculante para rocha

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_{cv} \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;
C_{ap} representa a capacidade do caminhão, em metros cúbicos;
F_{ca} representa o fator de carga;
F_{cv} representa o fator de conversão;
F_e representa o fator de eficiência;
T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

São empregadas uma unidade de ventilador axial e uma de grupo gerador para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

2.1.1.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 *blaster* para a montagem e ligação do circuito de detonação;
- 1 eletricista com periculosidade para instalar os sistemas elétricos;
- 5 frentistas de túnel com periculosidade para auxiliar a escavação, executar o bate-choco, auxiliar a montagem do circuito de detonação e auxiliar as etapas de implantação dos sistemas elétricos.



2.1.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) cabos elétricos e duto de ventilação

Consistem em insumos utilizados na instalação da iluminação e ventilação do túnel, consoante aos seguintes elementos:

- cabo elétrico: consiste em insumo com a finalidade de prover energia aos sistemas;
- duto de ventilação: consiste em insumo com a finalidade de conduzir a poeira e materiais finos em suspensão no ar durante o processo de escavação.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{T_x}{n \times A}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em metros por metro cúbico;

T_x representa a taxa de uso do material, em metros por metro;

n representa o número de reutilizações do material;

A representa a área da seção transversal do túnel, em metros quadrados.

A tabela 7 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 7 - Consumo de cabos elétricos e duto de ventilação - escavação subterrânea em túnel classe I a IV

Código SICRO	Descrição	Taxa de uso (m/m)	Número de reutilizações	Consumos (m/m³)			
				Seção acima de 90 m² A = 100 m²	Seção de 60 a 90 m² A = 75 m²	Seção de 40 a 60 m² A = 50 m²	Seção de 20 a 40 m² A = 30 m²
M0266	Cabo de cobre flexível antichama isolado em PVC - tensão de 0,6/1,0 kV e seção de 240 mm²	1,50	10	0,00150	0,00200	0,00300	0,00500
M0269	Cabo de cobre flexível antichama isolado em PVC - tensão de 0,6/1,0 kV e seção de 50 mm²	1,50	10	0,00150	0,00200	0,00300	0,00500
M0253	Cabo de cobre flexível antichama isolado em PVC - tensão de 450/750 V e seção de 16 mm²	1,50	10	0,00150	0,00200	0,00300	0,00500



Tabela 7 - Consumo de cabos elétricos e duto de ventilação - escavação subterrânea em túnel classe I a IV (2/2)

Código SICRO	Descrição	Taxa de uso (m/m)	Número de reutilizações	Consumos (m/m³)			
				Seção acima de 90 m² A = 100 m²	Seção de 60 a 90 m² A = 75 m²	Seção de 40 a 60 m² A = 50 m²	Seção de 20 a 40 m² A = 30 m²
M0260	Cabo de cobre PP flexível isolado em PVC - tensão de 300/500 V e seção de 3 x 1,5 mm²	0,50	10	0,00050	0,00067	0,00100	0,00167
M1702	Duto flexível de ventilação em PVC - D = 1,20 m	1,00	2	0,00500	0,00667	0,01000	0,01667

b) luva para tubo de aço galvanizado e projetor para lâmpada

Consistem em insumos utilizados na instalação da iluminação e ventilação do túnel, consoante aos seguintes elementos:

- luva para tubo: consiste em insumo empregado na junção de tubos de aço galvanizado;
- projetor para lâmpada: consiste em insumo com a finalidade de refletir e direcionar o feixe de luz.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{T_x \times n}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em unidades por metro cúbico;
 T_x representa a taxa de uso do material, em metros cúbicos por unidade;
 n representa o número de reutilizações do material.

A tabela 8 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 8 - Consumo de luva e projetor - escavação subterrânea em túnel classe I a IV

Código SICRO	Descrição	Taxa de uso (m³/un)	Número de reutilizações	Consumo (un/m³)
M1732	Luva em aço galvanizado com rosca BSP classe leve - D = 50 mm (2")	1.200,00	10	0,00008
M1218	Projetor externo em alumínio fundido para lâmpada de até 2.000 W	500,00	10	0,00020



c) tubo em aço galvanizado com rosca BSP classe leve - D = 50 mm (2")

Consiste em insumo utilizado para passagem dos cabos nas ligações dos sistemas elétricos do túnel.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{T_x \times n}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em metros por metro cúbico;
 T_x representa a taxa de uso do material, em metros cúbicos por metro;
 n representa o número de reutilizações do material.

A tabela 9 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 9 - Consumo de tubo em aço galvanizado - escavação subterrânea em túnel classe I a IV

Taxa de uso (m³/m)	Número de reutilizações	Consumo (m/m³)
200,00	10	0,00050

d) lâmpada fluorescente compacta eletrônica - potência de 20 W

Consiste em insumo utilizado para iluminação do túnel.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{V_u}{T_x}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em unidades por metro cúbico;
 V_u representa a vida útil do material, em meses;
 T_x representa a taxa de uso do material, em metros cúbicos mês por unidade.

A tabela 10 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 10 - Consumo de lâmpada fluorescente - escavação subterrânea em túnel classe I a IV

Vida útil (mês)	Taxa de uso (m³.mês/un)	Consumo (un/m³)
12	500,00	0,02400



e) emulsão explosiva encartuchada

Consiste em emulsão explosiva de alta potência utilizada para promover o desmonte da rocha.

A tabela 11 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

Tabela 11 - Consumo de emulsão explosiva - escavação subterrânea em túnel classe I a IV

Classe	Profundidade (m)	Consumos (kg/m³)			
		Seção acima de 90 m²	Seção de 60 a 90 m²	Seção de 40 a 60 m²	Seção de 20 a 40 m²
		150 furos	120 furos	110 furos	80 furos
I	4,00	1,80000	1,80000	2,00000	2,20000
II	3,50	1,80000	1,80000	2,00000	2,20000
III	3,00	1,50000	1,50000	1,80000	2,00000
IV	2,40	1,40000	1,40000	1,50000	1,80000

f) nonel iniciador - C = 300,0 m

Consiste em sistema de iniciação não elétrico utilizado para a detonação à distância.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{N}{V_t} = \frac{N}{H \times A}$$

onde:

Q representa o consumo de nonel iniciador, em unidades por metro cúbico;

N representa o número de nonel iniciador, em unidades;

V_t representa o volume de rocha a detonar, em metros cúbicos;

H representa a profundidade de perfuração, em metros;

A representa a área da seção transversal do túnel, em metros quadrados.

A tabela 12 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

Tabela 12 - Consumo de nonel iniciador - escavação subterrânea em túnel classe I a IV

Classe	Número de nonel iniciador (un)	Profundidade (m)	Consumos (un/m³)			
			Seção acima de 90 m² A = 100m²	Seção de 60 a 90 m² A = 75m²	Seção de 40 a 60 m² A = 50m²	Seção de 20 a 40 m² A = 30m²
I	1	4,00	0,00250	0,00333	0,00500	0,00833
II	1	3,50	0,00286	0,00381	0,00571	0,00952
III	1	3,00	0,00333	0,00444	0,00667	0,01111
IV	1	2,40	0,00417	0,00556	0,00833	0,01389



g) nonel de coluna (túnel) - C = 4,8 m

Consiste em sistema de iniciação não elétrico utilizado para a detonação de cada furo.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{N_f}{H \times A}$$

onde:

Q representa o consumo de nonel de coluna, em unidades por metro cúbico;

N_f representa o número de furos, em unidade;

H representa a profundidade, em metros;

A representa a área de seção, em metros quadrados.

A tabela 13 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

Tabela 13 - Consumo de nonel de coluna - escavação subterrânea em túnel classe I a IV

Classe	Profundidade (m)	Consumos (un/m³)			
		Seção acima de 90 m² A = 100m² 150 furos	Seção de 60 a 90 m² A = 75m² 120 furos	Seção de 40 a 60 m² A = 50m² 110 furos	Seção de 20 a 40 m² A = 30m² 80 furos
I	4,00	0,37500	0,40000	0,55000	0,66667
II	3,50	0,42857	0,45714	0,62857	0,76190
III	3,00	0,50000	0,53333	0,73333	0,88889
IV	2,40	0,62500	0,66667	0,91667	1,11111

h) dimensionamento dos equipamentos seccionados

Consistem em insumos acoplados ao jumbo, consoante aos seguintes elementos:

- coroa: consiste na extremidade inferior utilizada para executar o furo;
- haste: consiste na parte central responsável por transferir esforços do punho para a coroa;
- punho: consiste no componente de extensão que transmite o movimento de percussão e de rotação para as hastes;
- luva: consiste na peça utilizada para junção das hastes de perfuração.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{N_f \times (H + S_F)}{A \times H \times V_u}$$



onde:

Q representa o consumo do material, em unidades por metro cúbico;

N_f representa o número de furos;

H representa a profundidade dos furos, em metros;

S_F representa a subfuração, em metros;

A representa a área da seção transversal do túnel, em metros quadrados;

V_u representa a vida útil do consumível, em metros por unidade.

A tabela 14 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 14 - Consumo dos equipamentos seccionados - escavação subterrânea em túnel classe I a IV

Descrição	Classe	H (m)	S _F (m)	V _u (m/un)	Consumos (un/m³)			
					Seção acima de 90 m²	Seção de 60 a 90 m²	Seção de 40 a 60 m²	Seção de 20 a 40 m²
					A = 100 m² 150 furos	A = 75 m² 120 furos	A = 50 m² 110 furos	A = 30 m² 80 furos
Coroa de botões esféricos linha T38	I	4,00	0,50	650,00	0,00260	0,00277	0,00381	0,00462
	II	3,50	0,40	650,00	0,00257	0,00274	0,00377	0,00457
	III	3,00	0,30	650,00	0,00254	0,00271	0,00372	0,00451
	IV	2,40	0,20	650,00	0,00250	0,00267	0,00367	0,00444
Haste linha R/T38 - R32 para jumbo hidráulico	I	4,00	0,50	1.400,00	0,00121	0,00129	0,00177	0,00214
	II	3,50	0,40	1.400,00	0,00119	0,00127	0,00175	0,00212
	III	3,00	0,30	1.400,00	0,00118	0,00126	0,00173	0,00210
	IV	2,40	0,20	1.400,00	0,00116	0,00124	0,00170	0,00206
Luva de acoplamento linha T38 para jumbo hidráulico	I	4,00	0,50	900,00	0,00188	0,00200	0,00275	0,00333
	II	3,50	0,40	900,00	0,00186	0,00198	0,00272	0,00330
	III	3,00	0,30	900,00	0,00183	0,00196	0,00269	0,00326
	IV	2,40	0,20	900,00	0,00181	0,00193	0,00265	0,00321
Punho linha T38 para jumbo hidráulico	I	4,00	0,50	1.750,00	0,00096	0,00103	0,00141	0,00171
	II	3,50	0,40	1.750,00	0,00096	0,00102	0,00140	0,00170
	III	3,00	0,30	1.750,00	0,00094	0,00101	0,00138	0,00168
	IV	2,40	0,20	1.750,00	0,00093	0,00099	0,00136	0,00165

i) ponteiro para rompedor hidráulico de 1.700 kg

Consiste em insumo acoplado ao martelo hidráulico para o desmonte de rocha no abatimento de choco.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{V_u}$$



onde:

Q representa o consumo de ponteiro, em unidades por metro cúbico;

V_u representa a vida útil do ponteiro, em metros cúbicos por unidade.

A tabela 15 apresenta o parâmetro referencial adotado e o respectivo consumo do material.

Tabela 15 - Consumo de ponteiro para rompedor hidráulico - escavação subterrânea em túnel classe I a IV

Vida útil (m³/un)	Consumo (un/m³)
5.000,00	0,00020

2.1.1.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

2.1.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de escavação subterrânea de túnel classe I a IV deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

2.1.2 Escavação subterrânea em túnel classe V

O serviço consiste na escavação subterrânea de túnel classe V, em solo de alteração (saprólitos) ou rocha totalmente alterada, por meio de escavadeira hidráulica.

2.1.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.1.2.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- instalação manual dos sistemas elétricos para iluminação e ventilação do túnel;
- fragmentação de blocos da rocha alterada por meio de escavadeira com martelo hidráulico;
- escavação do maciço e carga do material em caminhão basculante por meio de escavadeira hidráulica sobre esteira;
- transporte do material por meio de caminhão basculante.



2.1.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- escavadeira hidráulica sobre esteira;
- escavadeira hidráulica com martelo hidráulico de 520 kg;
- caminhão basculante;
- ventilador axial;
- grupo gerador.

As produções horárias do serviço foram estabelecidas por meio do método teórico, sendo definidas por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{A \times H}{T_c}$$

onde:

P representa a produção de equipe, em metros cúbicos por hora;

A representa a área da seção transversal do túnel, em metros quadrados;

H representa a profundidade de escavação, em metros;

T_c representa o tempo de ciclo do avanço na escavação do túnel, em horas.

A tabela 16 apresenta os parâmetros referenciais adotados e as respectivas produtividades.

Tabela 16 - Produções de equipe do serviço de escavação subterrânea em túnel classe V

Seção	Área de referência (m ²)	Profundidade de escavação (m)	Tempo de ciclo (h)	Produção de equipe (m ³ /h)
Acima de 90 m ²	110,00	0,80	12,00	7,33333
60 a 90 m ²	75,00	0,80	10,00	6,00000
40 a 60 m ²	50,00	0,80	10,00	4,00000
20 a 40 m ²	30,00	0,80	8,00	3,00000

a) escavadeira hidráulica sobre esteira

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_{cv} \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade da escavadeira sobre esteiras, em metros cúbicos;



F_{ca} representa o fator de carga;
 F_{cv} representa o fator de conversão;
 F_e representa o fator de eficiência;
 T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

A escavadeira com martelo hidráulico opera em conjunto com a escavadeira hidráulica sobre esteiras, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) caminhão basculante

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_{cv} \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;
 C_{ap} representa a capacidade do caminhão, em metros cúbicos;
 F_{ca} representa o fator de carga;
 F_{cv} representa o fator de conversão;
 F_e representa o fator de eficiência;
 T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

São empregadas uma unidade de ventilador axial e uma de grupo gerador para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

2.1.2.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 eletricista com periculosidade para instalar os sistemas elétricos;
- 3 frentistas de túnel para auxiliar a escavação e as etapas de implantação dos sistemas elétricos.

2.1.2.5 Materiais e atividades auxiliares

a) cabos elétricos e duto de ventilação

Consistem em insumos utilizados na instalação da iluminação e ventilação do túnel, consoante aos seguintes elementos:

- cabo elétrico: consiste em insumo com a finalidade de prover energia aos sistemas;
- duto de ventilação: consiste em insumo com a finalidade de conduzir a poeira e materiais finos em suspensão no ar durante o processo de escavação.



O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{T_x}{n \times A}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em metros por metro cúbico;

T_x representa a taxa de uso do material, em metros por metro;

n representa o número de reutilizações do material;

A representa a área da seção transversal do túnel, em metros quadrados.

A tabela 17 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 17 - Consumo de cabos elétricos e duto de ventilação - escavação subterrânea em túnel classe V

Código SICRO	Descrição	Taxa de uso (m/m)	Número de reutilizações	Consumos (m/m³)			
				Seção acima de 90 m² A = 100 m²	Seção de 60 a 90 m² A = 75 m²	Seção de 40 a 60 m² A = 50 m²	Seção de 20 a 40 m² A = 30 m²
M0253	Cabo de cobre flexível antichama isolado em PVC - tensão de 450/750 V e seção de 16 mm²	1,50	10	0,00150	0,00200	0,00300	0,00500
M0260	Cabo de cobre PP flexível isolado em PVC - tensão de 300/500 V e seção de 3 x 1,5 mm²	0,50	10	0,00050	0,00067	0,00100	0,00167
M0269	Cabo de cobre flexível antichama isolado em PVC - tensão de 0,6/1,0 kV e seção de 50 mm²	1,50	10	0,00150	0,00200	0,00300	0,00500
M1702	Duto flexível de ventilação em PVC - D = 1,20 m	1,00	2	0,00500	0,00667	0,01000	0,01667

b) luva para tubo de aço galvanizado e projetor para lâmpada

Consistem em insumos utilizados na instalação da iluminação e ventilação do túnel, consoante aos seguintes elementos:



- luva para tubo: consiste em insumo empregado na junção de tubos de aço galvanizado;
- projetor para lâmpada: consiste em insumo com a finalidade de refletir e direcionar o feixe de luz.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{T_x \times n}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em unidades por metro cúbico;
 T_x representa a taxa de uso do material, em metros cúbicos por unidade;
 n representa o número de reutilizações do material.

A tabela 18 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 18 - Consumo de luva e projetor - escavação subterrânea em túnel classe V

Código SICRO	Descrição	Taxa de uso (m³/un)	Número de reutilizações	Consumo (un/m³)
M1732	Luva em aço galvanizado com rosca BSP classe leve - D = 50 mm (2")	1.200,00	10	0,00008
M1218	Projetor externo em alumínio fundido para lâmpada de até 2.000 W	500,00	10	0,00020

c) tubo em aço galvanizado com rosca BSP classe leve - D = 50 mm (2")

Consiste em insumo utilizado para passagem dos cabos nas ligações dos sistemas elétricos do túnel.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{T_x \times n}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em metros por metro cúbico;
 T_x representa a taxa de uso do material, em metros cúbicos por metro;
 n representa o número de reutilizações do material.

A tabela 19 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.



Tabela 19 - Consumo de tubo em aço galvanizado - escavação subterrânea em túnel classe V

Taxa de uso (m³/m)	Número de reutilizações	Consumo (m/m³)
200,00	10	0,00050

d) lâmpada fluorescente compacta eletrônica - potência de 20 W

Consiste em insumo utilizado para iluminação do túnel.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{V_u}{T_x}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em unidades por metro cúbico;

V_u representa a vida útil do material, em meses;

T_x representa a taxa de uso do material, em metros cúbicos mês por unidade.

A tabela 20 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 20 - Consumo de lâmpada fluorescente - escavação subterrânea em túnel classe V

Vida útil (mês)	Taxa de uso (m³.mês/un)	Consumo (un/m³)
12	500,00	0,02400

e) ponteiro para rompedor hidráulico de 520 kg

Consiste em insumo acoplado ao martelo hidráulico para o desmonte de rocha no abatimento de choco.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{V_u}$$

onde:

Q representa o consumo de ponteiro, em unidades por metro cúbico;

V_u representa a vida útil do ponteiro, em metros cúbicos por unidade.

A tabela 21 apresenta o parâmetro referencial adotado e o respectivo consumo do material.

**Tabela 21 - Consumo de ponteiro para rompedor hidráulico - escavação subterrânea em túnel classe V**

Vida útil (m³/un)	Consumo (un/m³)
6.250,00	0,00016

2.1.2.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

2.1.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de escavação subterrânea de túnel classe V deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

2.1.3 Escavação subterrânea em túnel classe VI

O serviço consiste na escavação subterrânea de túnel classe VI, em solo, por meio de escavadeira hidráulica.

2.1.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.1.3.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- instalação manual dos sistemas elétricos para iluminação e ventilação do túnel;
- escavação do solo e carga do material em caminhão basculante por meio de escavadeira hidráulica sobre esteira;
- transporte do material por meio de caminhão basculante.

2.1.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- escavadeira hidráulica sobre esteira;
- caminhão basculante;
- ventilador axial;
- grupo gerador.

As produções horárias do serviço foram estabelecidas por meio do método teórico, sendo definidas por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$P = \frac{A \times H}{T_c}$$

onde:

P representa a produção de equipe, em metros cúbicos por hora;

A representa a área da seção transversal do túnel, em metros quadrados;

H representa a profundidade de escavação, em metros;

T_c representa o tempo de ciclo do avanço na escavação do túnel, em horas.

A tabela 22 apresenta os parâmetros referenciais adotados e as respectivas produtividades.

Tabela 22 - Produções de equipe do serviço de escavação subterrânea em túnel classe VI

Seção	Área de referência (m ²)	Profundidade de escavação (m)	Tempo de ciclo (h)	Produção de equipe (m ³ /h)
Acima de 90 m ²	110,00	0,60	12,00	5,50000
60 a 90 m ²	75,00	0,60	10,00	4,50000
40 a 60 m ²	50,00	0,60	10,00	3,00000
20 a 40 m ²	30,00	0,60	8,00	2,25000

a) escavadeira hidráulica sobre esteira

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_{cv} \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade da escavadeira sobre esteiras, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_{cv} representa o fator de conversão;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

b) caminhão basculante

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_{cv} \times F_e}{T_c}$$



onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;
C_{ap} representa a capacidade do caminhão, em metros cúbicos;
F_{ca} representa o fator de carga;
F_{cv} representa o fator de conversão;
F_e representa o fator de eficiência;
T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

São empregadas uma unidade de ventilador axial e uma de grupo gerador para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

2.1.3.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 eletricista com periculosidade para instalar os sistemas elétricos;
- 3 frentistas de túnel para auxiliar a escavação e as etapas de implantação dos sistemas elétricos.

2.1.3.5 Materiais e atividades auxiliares

a) cabos elétricos e duto de ventilação

Consistem em insumos utilizados na instalação da iluminação e ventilação do túnel, consoante aos seguintes elementos:

- cabo elétrico: consiste em insumo com a finalidade de prover energia aos sistemas;
- duto de ventilação: consiste em insumo com a finalidade de conduzir a poeira e materiais finos em suspensão no ar durante o processo de escavação.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{T_x}{n \times A}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em metros por metro cúbico;
T_x representa a taxa de uso do material, em metros por metro;
n representa o número de reutilizações do material;
A representa a área da seção transversal do túnel, em metros quadrados.

A tabela 23 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.



Tabela 23 - Consumo de cabos elétricos e duto de ventilação - escavação subterrânea em túnel classe VI

Código SICRO	Descrição	Taxa de uso (m/m)	Número de reutilizações	Consumos (m/m³)			
				Seção acima de 90 m²	Seção de 60 a 90 m²	Seção de 40 a 60 m²	Seção de 20 a 40 m²
				A = 100 m²	A = 75 m²	A = 50 m²	A = 30 m²
M0253	Cabo de cobre flexível antichama isolado em PVC - tensão de 450/750 V e seção de 16 mm²	1,50	10	0,00150	0,00200	0,00300	0,00500
M0260	Cabo de cobre PP flexível isolado em PVC - tensão de 300/500 V e seção de 3 x 1,5 mm²	0,50	10	0,00050	0,00067	0,00100	0,00167
M0269	Cabo de cobre flexível antichama isolado em PVC - tensão de 0,6/1,0 kV e seção de 50 mm²	1,50	10	0,00150	0,00200	0,00300	0,00500
M1702	Duto flexível de ventilação em PVC - D = 1,20 m	1,00	2	0,00500	0,00667	0,01000	0,01667

b) luva para tubo de aço galvanizado e projetor para lâmpada

Consistem em insumos utilizados na instalação da iluminação e ventilação do túnel, consoante aos seguintes elementos:

- luva para tubo: consiste em insumo empregado na junção de tubos de aço galvanizado;
- projetor para lâmpada: consiste em insumo com a finalidade de refletir e direcionar o feixe de luz.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{T_x \times n}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em unidades por metro cúbico;
 T_x representa a taxa de uso do material, em metros cúbicos por unidade;
 n representa o número de reutilizações do material.



A tabela 24 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 24 - Consumo de luva e projetor - escavação subterrânea em túnel classe VI

Código SICRO	Descrição	Taxa de uso (m³/un)	Número de reutilizações	Consumo (un/m³)
M1732	Luva em aço galvanizado com rosca BSP classe leve - D = 50 mm (2")	1.200,00	10	0,00008
M1218	Projetor externo em alumínio fundido para lâmpada de até 2.000 W	500,00	10	0,00020

c) tubo em aço galvanizado com rosca BSP classe leve - D = 50 mm (2")

Consiste em insumo utilizado para passagem dos cabos nas ligações dos sistemas elétricos do túnel.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{T_x \times n}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em metros por metro cúbico;
 T_x representa a taxa de uso do material, em metros cúbicos por metro;
 n representa o número de reutilizações do material.

A tabela 25 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 25 - Consumo de tubo em aço galvanizado - escavação subterrânea em túnel classe VI

Taxa de uso (m³/m)	Número de reutilizações	Consumo (m/m³)
200,00	10	0,00050

d) lâmpada fluorescente compacta eletrônica - potência de 20 W

Consiste em insumo utilizado para iluminação do túnel.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{V_u}{T_x}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em unidades por metro cúbico;
 V_u representa a vida útil do material, em meses;
 T_x representa a taxa de uso do material, em metros cúbicos mês por unidade.



A tabela 26 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 26 - Consumo de lâmpada fluorescente - escavação subterrânea em túnel classe VI

Vida útil (mês)	Taxa de uso (m³.mês/un)	Consumo (un/m³)
12	500,00	0,02400

2.1.3.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

2.1.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de escavação subterrânea de túnel classe VI deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

2.1.4 Escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV

O serviço consiste na escavação subterrânea de túnel classe I a IV, em rocha, por meio do emprego de explosivos.

2.1.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.1.4.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- instalação manual dos sistemas elétricos para iluminação e ventilação do túnel;
- execução de furos no maciço rochoso por meio de perfuratriz sobre esteiras;
- montagem manual do circuito de detonação;
- detonação do maciço rochoso;
- desmonte secundário por meio de martelo perfurador a ar comprimido;
- carga do material em caminhão basculante por meio de carregadeira de pneus;
- transporte do material por meio de caminhão basculante.

2.1.4.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:



- perfuratriz sobre esteiras: líder de equipe;
- martetele perfurador a ar comprimido;
- compressor de ar;
- carregadeira de pneus para rocha;
- caminhão basculante para rocha;
- ventilador axial;
- grupo gerador.

a) perfuratriz sobre esteiras

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times A_f \times E \times H \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

A_f representa o afastamento, em metros;

E representa o espaçamento, em metros;

H representa a altura da bancada, em metros;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

b) carregadeira de pneus para rocha

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_{cv} \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_{cv} representa o fator de conversão;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

c) caminhão basculante para rocha

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_{cv} \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade do caminhão, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_{cv} representa o fator de conversão;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

Para o desenvolvimento do serviço são empregadas uma unidade de marteleiro perfurador e compressor de ar com utilização operativa de 0,50, e uma unidade de ventilador axial e grupo gerador, sendo atribuída a utilização operativa integral.

2.1.4.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 *blaster* para a montagem e ligação do circuito de detonação;
- 1 eletricista com periculosidade para instalar os sistemas elétricos;
- 4 frentistas de túnel com periculosidade para auxiliar a escavação, a montagem do circuito de detonação, as etapas de desmonte secundário e implantação dos sistemas elétricos.

2.1.4.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram estabelecidos por meio de referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 27.

Tabela 27 - Parâmetros do plano de fogo - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV

Parâmetros	Variáveis e expressões de cálculo	Valor
Número de furos	N_f	21 un
Afastamento	A_f	2,00 m
Espaçamento	E	2,50 m
Altura da bancada	H	2,00 m
Subfuração	$S_f = 0,3 \times A_f$	0,60 m
Comprimento da furação	$C_f = H + S_f$	2,60 m
Volume produzido por furo	$V_f = A_f \times E \times H$	10,00 m ³
Volume de rocha a detonar	$V_t = V_f \times N_f$	210,00 m ³



a) cabos elétricos e duto de ventilação

Consistem em insumos utilizados na instalação da iluminação e ventilação do túnel, consoante aos seguintes elementos:

- cabo elétrico: consiste em insumo com a finalidade de prover energia aos sistemas;
- duto de ventilação: consiste em insumo com a finalidade de conduzir a poeira e materiais finos em suspensão no ar durante o processo de escavação.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{T_x}{n \times A}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em metros por metro cúbico;

T_x representa a taxa de uso do material, em metros por metro;

n representa o número de reutilizações do material;

A representa a área da seção transversal do túnel, em metros quadrados.

A tabela 28 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 28 - Consumo de cabos elétricos e duto de ventilação - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV

Código SICRO	Descrição	Taxa de uso (m/m)	Número de reutilizações	Área média (m²)	Consumos (m/m³)
M0253	Cabo de cobre flexível antichama isolado em PVC - tensão de 450/750 V e seção de 16 mm²	1,50	10	63,7500	0,00235
M0260	Cabo de cobre PP flexível isolado em PVC - tensão de 300/500 V e seção de 3 x 1,5 mm²	0,50	10	63,7500	0,00078
M0269	Cabo de cobre flexível antichama isolado em PVC - tensão de 0,6/1,0 kV e seção de 50 mm²	1,50	10	63,7500	0,00235
M1702	Duto flexível de ventilação em PVC - D = 1,20 m	1,00	2	63,7500	0,00784

b) luva para tubo de aço galvanizado e projetor para lâmpada

Consistem em insumos utilizados na instalação da iluminação e ventilação do túnel, consoante aos seguintes elementos:

- luva para tubo: consiste em insumo empregado na junção de tubos de aço galvanizado;



- projetor para lâmpada: consiste em insumo com a finalidade de refletir e direcionar o feixe de luz.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{T_x \times n}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em unidades por metro cúbico;
 T_x representa a taxa de uso do material, em metros cúbicos por unidade;
 n representa o número de reutilizações do material.

A tabela 29 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 29 - Consumo de luva e projetor - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV

Código SICRO	Descrição	Taxa de uso (m³/un)	Número de reutilizações	Consumos (un/m³)
M1732	Luva em aço galvanizado com rosca BSP classe leve - D = 50 mm (2")	1.200,00	10	0,00008
M1218	Projetor externo em alumínio fundido para lâmpada de até 2.000 W	500,00	10	0,00020

c) tubo em aço galvanizado com rosca BSP classe leve - D = 50 mm (2")

Consiste em insumo utilizado para passagem dos cabos nas ligações dos sistemas elétricos do túnel.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{T_x \times n}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em metros por metro cúbico;
 T_x representa a taxa de uso do material, em metros cúbicos por metro;
 n representa o número de reutilizações do material.

A tabela 30 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 30 - Consumo de tubo em aço galvanizado - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV

Taxa de uso (m³/m)	Número de reutilizações	Consumo (m/m³)
200,00	10	0,00050



d) lâmpada fluorescente compacta eletrônica - potência de 20 W

Consiste em insumo utilizado para iluminação do túnel.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{V_u}{T_x}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em unidades por metro cúbico;

V_u representa a vida útil do material, em meses;

T_x representa a taxa de uso do material, em metros cúbicos por unidade por mês.

A tabela 31 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 31 - Consumo de lâmpada fluorescente - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV

Vida útil (mês)	Taxa de uso (m³.mês/un)	Consumo (un/m³)
12	500,00	0,02400

e) emulsão explosiva encartuchada

Consiste em emulsão explosiva de alta potência utilizada para promover o desmonte da rocha.

O consumo referencial adotado é de 0,560 kg por unidade de serviço executado.

f) nonel iniciador - C = 300,0 m

Consiste em sistema de iniciação não elétrico utilizado para a detonação à distância.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{N}{V_t}$$

onde:

Q representa o consumo de nonel iniciador, em unidades por metro cúbico;

N representa o número de nonel iniciador, em unidades;

V_t representa o volume de rocha a detonar, em metros cúbicos.

A tabela 32 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.



Tabela 32 - Consumo de nonel iniciador - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV

Número de nonéis (un)	Volume de rocha (m³)	Consumo (un/m³)
1	210,00	0,00476

g) nonel de coluna - C = 4,8 m

Consiste em sistema de iniciação não elétrico utilizado para a detonação de cada furo.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{N_f}{V_t}$$

onde:

Q representa o consumo de nonel de coluna, em unidades por metro cúbico;

N_f representa a número de furos, em unidades;

V_t representa o volume de rocha a detonar, em metros cúbicos.

A tabela 33 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 33 - Consumo de nonel de coluna - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV

Número de furos (un)	Volume de rocha (m³)	Consumo (un/m³)
21	210,00	0,10000

h) nonel de ligação - C = 6,0 m

Consiste em sistema de iniciação não elétrico utilizado para conectar o circuito de detonação.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{N}{V_t}$$

onde:

Q representa o consumo de nonel de ligação, em unidades por metro cúbico;

N representa o número de nonéis de ligação, em unidades;

V_t representa o volume de rocha a detonar, em metros cúbicos.

A tabela 34 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.



Tabela 34 - Consumo de nonel de ligação - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV

Número de nonéis (un)	Volume de rocha (m³)	Consumo (un/m³)
7	210,00	0,03333

i) série de brocas integrais

Consiste em insumo acoplado ao martelete para desmonte secundário da rocha.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{R_P}{V_{mb}}$$

onde:

Q representa o consumo de broca, em unidades de broca por metro cúbico;

R_P representa a razão de perfuração linear, em metros por metro cúbico;

V_{mb} representa a vida útil média da broca, em metros por unidade.

Consoante às premissas estabelecidas por meio de referencial técnico especializado, a vida útil ou duração de uma broca para rochas graníticas pode ser fixada entre 120,00 e 140,00 m. Para rochas calcárias ou basálticas, de menor abrasividade, considera-se o dobro deste valor para a vida útil.

A vida útil média da broca é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$V_{mb} = \frac{(V_{m+a}) + (V_{m-a})}{2}$$

onde:

V_{mb} representa a vida útil média da broca, em metros por unidade;

V_{m+a} representa a vida média da broca para rochas mais abrasivas, em metros por unidade;

V_{m-a} representa a vida média da broca para rochas menos abrasivas, em metros por unidade.

A tabela 35 apresenta os parâmetros referenciais adotados no cálculo da vida útil média da broca.

Tabela 35 - Vida útil média da broca - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV

Vida útil média para rochas mais abrasivas (m/un)	Vida útil média para rochas menos abrasivas (m/un)	Vida útil média da broca (m/un)
130,00	260,00	195,00



A tabela 36 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 36 - Consumo de série de brocas - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV

Razão de perfuração (m/m³)	Vida útil média da broca (m/un)	Consumo (un/m³)
0,50000	195,00	0,00256

j) dimensionamento dos equipamentos seccionados

Consistem em insumos acoplados à perfuratriz, consoante aos seguintes elementos:

- coroa: consiste na extremidade inferior utilizada para executar o furo;
- haste: consiste na parte central responsável por transferir esforços do punho para a coroa;
- punho: consiste no componente de extensão que transmite o movimento de percussão e de rotação para as hastes;
- luva: consiste na peça utilizada para junção das hastes de perfuração.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{H + S_F}{(V_u \times V_f)}$$

onde:

Q representa o consumo do equipamento seccionado, em unidades por metro cúbico;

H representa a altura da bancada, em metros;

S_F representa a subfuração, em metros;

V_u representa a vida útil média dos equipamentos seccionados, em metros por unidade;

V_f representa o volume produzido por furo, em metros cúbicos.

A tabela 37 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 37 - Consumo dos equipamentos seccionados - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV

Código SICRO	Equipamento seccionado para perfuratriz	Altura da bancada (m)	Subfuração (m)	Volume (m³)	Vida útil média (m/un)	Consumo (un/m³)
M2062	Coroa de botões esféricos linha T38	2,00	0,60	10,00	650,00	0,00040



Tabela 37 - Consumo dos equipamentos seccionados - escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV (2/2)

Código SICRO	Equipamento seccionado para perfuratriz	Altura da bancada (m)	Subfuração (m)	Volume (m³)	Vida útil média (m/un)	Consumo (un/m³)
M2065	Haste linha T38 para perfuratriz sobre esteiras	2,00	0,60	10,00	1.400,00	0,00019
M2066	Luva em aço linha T38 para perfuratriz sobre esteiras	2,00	0,60	10,00	900,00	0,00029
M2067	Punho linha T38 para perfuratriz sobre esteiras	2,00	0,60	10,00	1.750,00	0,00015

2.1.4.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

2.1.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

2.1.5 Desmonte a frio com cunha hidráulica em túnel

O serviço consiste no desmonte ou secção de blocos de rocha por meio de cunhas com expansores hidráulicos.

2.1.5.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.1.5.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- execução de furos por meio de martetele perfurador a ar comprimido;
- introdução nos furos da cunha com expansores hidráulicos;
- desmonte da rocha por meio de cunha hidráulica;
- carga do material em caminhão basculante por meio de carregadeira de pneus;
- transporte do material por meio de caminhão basculante.



2.1.5.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- cunha hidráulica: líder de equipe;
- martelete perfurador a ar comprimido;
- compressor de ar portátil;
- carregadeira de pneus para rocha;
- caminhão basculante para rocha.

a) cunha hidráulica

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times A_f \times E \times H \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

A_f representa o afastamento, em metros;

E representa o espaçamento, em metros;

H representa a profundidade do furo, em metros;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

b) martelete perfurador a ar comprimido

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times A_f \times E \times H \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

A_f representa o afastamento, em metros;

E representa o espaçamento, em metros;

H representa a altura do furo, em metros;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

O compressor opera em conjunto com o martelete, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.



c) carregadeira de pneus para rocha

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_{cv} \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;
C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;
F_{ca} representa o fator de carga;
F_{cv} representa o fator de conversão;
F_e representa o fator de eficiência;
T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

Ao passo que a utilização do equipamento ocorre de forma parcial durante a execução da atividade, é imputada a utilização operativa integral com quantidades fracionadas.

d) caminhão basculante para rocha

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_{cv} \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;
C_{ap} representa a capacidade do caminhão, em metros cúbicos;
F_{ca} representa o fator de carga;
F_{cv} representa o fator de conversão;
F_e representa o fator de eficiência;
T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

Ao passo que a utilização do equipamento ocorre de forma parcial durante a execução da atividade, é imputada a utilização operativa integral com quantidades fracionadas.

2.1.5.4 Mão de obra

É empregado de forma acessória ao desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 1 frentista de túnel para auxiliar a execução dos furos e introdução da cunha hidráulica.



2.1.5.5 Materiais e atividades auxiliares

a) série de brocas integrais

Consiste em insumo acoplado ao marteleto para a execução dos furos na rocha.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{R_P}{V_{mb}}$$

onde:

Q representa o consumo de broca, em unidades por metro cúbico;

R_P representa a razão de perfuração linear, em metros por metro cúbico;

V_{mb} representa a vida útil média da broca, em metros por unidade.

Consoante às premissas estabelecidas por meio de referencial técnico especializado, a vida útil ou duração de uma broca para rochas graníticas pode ser fixada entre 120,00 e 140,00 m. Para rochas calcárias ou basálticas, de menor abrasividade, considera-se o dobro deste valor para a vida útil.

A vida útil média da broca é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$V_{mb} = \frac{(V_{m+a}) + (V_{m-a})}{2}$$

onde:

V_{mb} representa a vida útil média da broca, em metros por unidade;

V_{m+a} representa a vida média da broca para rochas mais abrasivas, em metros por unidade;

V_{m-a} representa a vida média da broca para rochas menos abrasivas, em metros por unidade.

A tabela 38 apresenta os parâmetros referenciais adotados no cálculo da vida útil média da broca.

Tabela 38 - Vida útil média da broca - desmonte a frio com cunha hidráulica em túnel

Vida útil média para rochas mais abrasivas (m/un)	Vida útil média para rochas menos abrasivas (m/un)	Vida útil média da broca (m/un)
130,00	260,00	195,00

A tabela 39 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.



Tabela 39 - Consumo de série de brocas integrais - desmonte a frio com cunha hidráulica em túnel

Razão de perfuração (m/m³)	Vida útil média (m/un)	Consumo (un/m³)
4,00	195,00	0,02051

2.1.5.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

2.1.5.7 Critérios de medição

A medição do serviço de desmonte a frio com cunha hidráulica deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

2.1.6 Pré-fissuramento em túnel

O serviço consiste na execução de pré-fissuramento de maciço em rocha nas paredes laterais de túneis, por meio do emprego de explosivos.

A atividade possui por finalidade promover o corte em rocha de modo a obter uma superfície plana bem-acabada.

2.1.6.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.1.6.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- execução de furos por meio de martelete perfurador a ar comprimido;
- montagem manual do circuito de detonação;
- detonação do maciço rochoso.

2.1.6.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida de forma conjunta pelos seguintes equipamentos:

- martelete perfurador a ar comprimido: líder de equipe;
- compressor de ar portátil.

a) martelete perfurador a ar comprimido

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$P = \frac{60 \times E \times H \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros quadrados por hora;

E representa o espaçamento, em metros;

H representa a altura do furo, em metros;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

A produção horária do serviço é estabelecida por meio da relação entre o número de marteletes empregados na atividade e sua respectiva produtividade.

O compressor de ar opera em conjunto com o martelete, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

2.1.6.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 *blaster* para a montagem e ligação do circuito de detonação;
- 1 frentista de túnel com periculosidade para auxiliar a montagem do circuito de detonação.

2.1.6.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram estabelecidos por meio de referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 40.

Tabela 40 - Parâmetros do plano de fogo - pré-fissuramento em túnel

Parâmetros	Variáveis e expressões de cálculo	Valor
Número de furos	N_f	50 un
Extensão da linha de furos	E_t	35,00 m
Espaçamento	E	0,70 m
Altura da bancada	H	1,00 m
Comprimento total de perfuração	$C_p = N_f \times H$	50,00 m
Área por furo	$A_f = E \times H$	0,7000 m ²
Área total por ciclo	$A_c = A_f \times N_f$	35,00 m ²

a) emulsão explosiva encartuchada

Consiste em emulsão explosiva de alta potência utilizada para promover o desmonte da rocha.

O consumo referencial adotado é de 0,400 kg por unidade de serviço executado.



b) nonel iniciador - C = 300,0 m

Consiste em sistema de iniciação não elétrico utilizado para a detonação à distância.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{N}{A_c}$$

onde:

Q representa o consumo de nonel iniciador, em unidades por metro quadrado;
N representa o número de nonel iniciador, em unidades;
A_c representa a área total por ciclo, em metros quadrados.

A tabela 41 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 41 - Consumo de nonel iniciador - pré-fissuramento em túnel

Número de nonéis (un)	Área total por ciclo (m ²)	Consumo (un/m ²)
1	35,00	0,02857

c) nonel de coluna - C = 4,8 m

Consiste em sistema de iniciação não elétrico utilizado para a detonação de cada furo.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{N}{A_c}$$

onde:

Q representa o consumo de nonel de coluna, em unidades por metro quadrado;
N representa o número de nonéis de coluna, em unidades;
A_c representa a área total por ciclo, em metros quadrados.

A tabela 42 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 42 - Consumo de nonel de coluna - pré-fissuramento em túnel

Número de nonéis (un)	Área total por ciclo (m ²)	Consumo (un/m ²)
13	35,00	0,37143



d) nonel de ligação - C = 6,0 m

Consiste em sistema de iniciação não elétrico utilizado para conectar o circuito de detonação.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{N}{A_c}$$

onde:

Q representa o consumo de nonel de ligação, em unidades por metro quadrado;
N representa o número de nonéis de ligação, em unidades;
A_c representa a área total por ciclo, em metros quadrados.

A tabela 43 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 43 - Consumo de nonel de ligação - pré-fissuramento em túnel

Número de nonéis (un)	Área total por ciclo (m ²)	Consumo (un/m ²)
7	35,00	0,20000

e) série de brocas integrais

Consiste em insumo acoplado ao marteleto para a execução dos furos na rocha.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{C_p}{A_c \times V_{mb}}$$

onde:

Q representa o consumo da série de brocas, em unidades por metro quadrado;
C_p representa o comprimento total de perfuração, em metros;
A_c representa a área total por ciclo, em metros quadrados;
V_{mb} representa a vida útil média das brocas, em metros por unidade.

Consoante às premissas estabelecidas por meio de referencial técnico especializado, a vida útil ou duração de uma broca para rochas graníticas pode ser fixada entre 120,00 e 140,00 m. Para rochas calcárias ou basálticas, de menor abrasividade, considera-se o dobro deste valor para a vida útil.

A vida útil média da broca é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$V_{mb} = \frac{(V_{m+a}) + (V_{m-a})}{2}$$



onde:

V_{mb} representa a vida útil média da broca, em metros por unidade;

V_{m+a} representa a vida média da broca para rochas mais abrasivas, em metros por unidade;

V_{m-a} representa a vida média da broca para rochas menos abrasivas, em metros por unidade.

A tabela 44 apresenta os parâmetros referenciais adotados no cálculo da vida útil média da broca.

Tabela 44 - Vida útil média da broca - desmonte a frio com cunha hidráulica em túnel

Vida útil média para rochas mais abrasivas (m/un)	Vida útil média para rochas menos abrasivas (m/un)	Vida útil média da broca (m/un)
130,00	260,00	195,00

A tabela 45 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 45 - Consumo de série de brocas integrais - pré-fissuramento em túnel

Comprimento de perfuração (m)	Área total por ciclo (m ²)	Vida útil média (m/un)	Consumo (un/m ²)
50,00	35,00	195,00	0,00733

2.1.6.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

2.1.6.7 Critérios de medição

A medição do serviço de pré-fissuramento em túnel deve ser realizada em metros quadrados, em função da área da superfície efetivamente obtida.

2.2 Suporte e revestimento primário

2.2.1 Cambotas metálicas treliçadas

O serviço consiste na execução de escoramento em túneis escavados em solo ou em rocha alterada por meio de perfis metálicos.

A solução é usualmente adotada quando não é possível empregar tirantes para promover o suporte das cargas iniciais do terreno, constituindo gabarito para o revestimento de concreto e guia para proceder o adequado alinhamento do túnel.

2.2.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.



2.2.1.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- confecção das cambotas metálicas;
- posicionamento das cambotas nas paredes do túnel com auxílio de escavadeira hidráulica sobre esteira;
- fixação manual das cambotas com auxílio da plataforma autopropelida.

2.2.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra. De forma acessória à execução da atividade são empregados os seguintes equipamentos:

- escavadeira hidráulica sobre esteira;
- plataforma autopropelida.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 166,00 kg/h.

2.2.1.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 9 armadores para a confecção das cambotas;
- 9 frentistas de túnel para posicionar e fixar as cambotas no túnel.

2.2.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) aço CA 50

Consiste em insumo utilizado na confecção das cambotas metálicas.

O consumo referencial adotado é de 1,00 kg por unidade de serviço executado.

b) chapa grossa em aço ASTM A36

Consiste em insumo utilizado para confecção das juntas de ligação entre as cambotas.

O consumo referencial adotado é de 0,100 kg por unidade de serviço executado.

c) parafuso de cabeça sextavada em aço

Consiste em insumo utilizado para fixação das cambotas.

O consumo referencial adotado é de 0,002 un por unidade de serviço executado.



d) solda elétrica de perfis metálicos e chapas de aço com eletrodo E70XX

Consiste na soldagem dos perfis e chapas metálicas utilizados na confecção das cambotas.

O consumo referencial adotado é de 0,003 kg por unidade de serviço executado.

2.2.1.6 Operações de transporte

A tabela 46 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 46 - Serviços empregados nas operações de transporte - cambotas metálicas treliçadas

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0004	Aço CA 50	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
M1378	Chapa grossa em aço ASTM A36	0,00100 t/kg	5914333	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga com caminhão guindauto de 20 t.m
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

2.2.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de cambotas metálicas treliçadas deve ser realizada em quilogramas, em função da massa efetivamente instalada.

2.2.2 Armação de tela de aço em túnel

O serviço consiste no posicionamento de telas de aço nas paredes de túneis.

2.2.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.



2.2.2.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- amarração manual das telas de aço de forma a criar uma malha extensa;
- posicionamento manual das telas em aço com auxílio de plataforma pantográfica.

2.2.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra. De forma acessória à execução da atividade, é empregado o seguinte equipamento:

- plataforma pantográfica montada em caminhão.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 37,18 kg/h.

2.2.2.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 armador para amarrar as telas de aço;
- 4 frentistas de túnel para posicionar as telas montadas nas paredes do túnel.

2.2.2.5 Materiais e atividades auxiliares

a) arame liso recozido em aço-carbono

Consiste em insumo utilizado para promover a amarração das telas de aço.

O consumo referencial adotado é de 0,005 kg por unidade de serviço executado.

b) tela em aço CA 60 soldada nervurada

Consiste em insumo composto por fios de aço nervurados longitudinais e transversais, ortogonais entre si, sobrepostos e soldados por resistência elétrica, utilizado no revestimento de escavações subterrâneas.

O consumo referencial adotado é de 1,005 kg por unidade de serviço executado, já incorporado uma taxa de perda de 0,5% em função da sobreposição de camadas e recortes no material.

2.2.2.6 Operações de transporte

A tabela 47 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.



Tabela 47 - Serviços empregados nas operações de transporte - armação de tela de aço em túnel

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0999	Tela em aço CA 60 soldada nervurada	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
M0075	Arame liso recozido em aço-carbono - D = 1,24 mm (18 BWG)	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

2.2.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de armação de tela de aço em túnel deve ser realizada em quilogramas, em função da massa efetivamente instalada no túnel.

2.2.3 Pregos guia para controle de espessura de concreto projetado

O serviço consiste na implantação de guia para controle de espessura de concreto projetado.

2.2.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.2.3.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- posicionamento dos equipamentos e da mão de obra por meio de plataforma autopropelida;
- execução dos furos no maciço rochoso por meio de martelete perfurador/rompedor a ar comprimido;
- limpeza manual dos furos;



- aplicação manual do adesivo à base de resina poliéster nos furos;
- ancoragem manual da barra de aço nos furos.

2.2.3.3 *Produção horária e equipe mecânica*

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- martetele perfurador/rompedor a ar comprimido: líder de equipe;
- compressor de ar portátil;
- plataforma autopropelida.

a) martetele perfurador a ar comprimido

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times Q_t \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em unidades por hora;

Q_t representa a quantidade de furos, em unidades;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

A produção horária do serviço é estabelecida por meio da relação entre o número de marteteles empregados na atividade e sua respectiva produtividade.

O compressor de ar opera em conjunto com o martetele, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa.

É empregada uma unidade do equipamento plataforma autopropelida para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral.

2.2.3.4 *Mão de obra*

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 frentistas de túnel para limpar os furos, aplicar o adesivo e ancorar as barras de aço.

2.2.3.5 *Materiais e atividades auxiliares*

a) aço CA 50

Consiste em insumo utilizado como guia para controle da espessura do concreto projetado.



O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \gamma \times E_t$$

onde:

Q representa o consumo de aço, em quilogramas por unidade;
 γ representa a massa linear do aço, em quilogramas por metro;
 E_t representa a extensão da barra de aço por prego, em metros por unidade.

A tabela 48 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 48 - Consumo de aço - prego guia para controle de espessura de concreto projetado

Diâmetro da barra (mm)	Massa linear (kg/m)	Extensão da barra (m/un)	Consumo (kg/un)
6,3	0,245	0,40	0,09800
8,0	0,395	0,40	0,15800
10,0	0,617	0,40	0,24680
Consumo médio			0,16760

b) broca integral série H19 - D = 24 mm e C = 0,4 m

Consiste em insumo acoplado ao marteleto para a execução dos furos na rocha.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{H}{V_u}$$

onde:

Q representa o consumo de broca, em unidades por unidade;
H representa a profundidade perfurada, em metros por unidade;
 V_u representa a vida útil, em metros por unidade.

A tabela 49 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 49 - Consumo de broca integral - prego guia para controle de espessura de concreto projetado

Profundidade (m/un)	Vida útil (m/un)	Consumo (un/un)
0,10	195,00	0,00051



c) adesivo à base de resina poliéster bicomponente para ancoragem

Consiste em insumo utilizado para ancoragem das barras de aço no maciço rochoso.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{\frac{(D^2 - D_N^2)}{4.000} \times \pi \times H}{T_x}$$

onde:

Q representa o consumo de adesivo à base de resina, em quilogramas por unidade;

D representa o diâmetro do furo, em milímetros;

D_N representa o diâmetro nominal da barra, em milímetros;

H representa a profundidade perfurada, em milímetros;

T_x representa a taxa de rendimento do adesivo, em mililitros por quilograma.

A tabela 50 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 50 - Consumo de adesivo - prego guia para controle de espessura de concreto projetado

Diâmetro da barra (mm)	Diâmetro do furo (mm)	Profundidade perfurada (mm)	Taxa de rendimento (ml/kg)	Consumo (kg/un)
6,3	16	100	556,00	0,03056
8,0	16	100	556,00	0,02712
10,0	16	100	556,00	0,02204
Consumo médio				0,02657

2.2.3.6 Operações de transporte

A tabela 51 apresenta o parâmetro referencial adotado, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 51 - Serviços empregados nas operações de transporte - prego guia para controle de espessura de concreto projetado

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0004	Aço CA 50	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural



Tabela 51 - Serviços empregados nas operações de transporte - prego guia para controle de espessura de concreto projetado (2/2)

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0004	Aço CA 50	0,00100 t/kg	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
M1736	Adesivo à base de resina poliéster bicomponente para ancoragem	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

2.2.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de prego guia para controle de espessura de concreto projetado em túnel deve ser realizada em unidades, em função da quantidade efetivamente instalada.

2.3 Tratamentos preliminares

2.3.1 Enfilagem tubular sistema convencional

O serviço consiste na execução de enfilagem tubular em túneis por meio do sistema convencional, constituindo revestimento protetor ao redor da seção do túnel de modo a consolidar o maciço.

2.3.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.3.1.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- execução de furos no maciço por meio de perfuratriz hidráulica rotoperfussiva;
- execução de solda elétrica para junção dos tubos de aço;
- perfuração dos tubos por meio de furadeira de impacto;
- instalação manual das válvulas manchetes;
- posicionamento dos equipamentos e da mão de obra por meio de plataforma pantográfica;



- inserção manual dos tubos nos furos;
- confecção e injeção da nata de cimento no tubo por meio de conjunto misturador com bomba para grauteamento e obturador mecânico.

2.3.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- perfuratriz hidráulica rotopercussiva;
- misturador com bomba para grauteamento;
- plataforma pantográfica;
- obturador mecânico;
- furadeira de impacto;
- grupos geradores.

A produção horária do serviço é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;
C representa o comprimento total perfurado, em metros;
F_e representa o fator de eficiência;
T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

a) perfuratriz hidráulica rotopercussiva

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times H \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;
H representa a profundidade do furo, em metros;
F_e representa o fator de eficiência;
T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

b) misturador com bomba para grauteamento

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$P = \frac{60 \times H \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;
H representa a profundidade da enfilagem, em metros;
F_e representa o fator de eficiência;
T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

O grupo gerador e o obturador mecânico operam em conjunto com o misturador, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

c) plataforma pantográfica

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times H \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;
H representa a profundidade da enfilagem, em metros;
F_e representa o fator de eficiência;
T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

d) furadeira de impacto

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times H \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;
H representa a profundidade da enfilagem, em metros;
F_e representa o fator de eficiência;
T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

O grupo gerador opera em conjunto com a furadeira, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

2.3.1.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:



- 4 frentistas de túnel para auxiliar no posicionamento da perfuratriz, operar a furadeira de impacto e o obturador, instalar as válvulas manchetes, inserir os tubos e abastecer o misturador.

2.3.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) tubo em aço-carbono *schedule* 40 - D = 65 mm (2 1/2")

Consiste em insumo inserido no maciço para aumentar sua resistência e auxiliar na injeção de nata de cimento.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m por unidade de serviço executado.

b) cimento Portland CP II - 32 - saco

Consiste em insumo aglomerante para confecção da nata de cimento.

O consumo referencial adotado é de 50,00 kg por unidade de serviço executado.

c) válvula manchete - D = 73 mm

Consiste em insumo utilizado para criar pontos de injeção de nata de cimento, revestindo os furos do tubo de aço, possuindo elasticidade adequada para expansão e contração.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{Q_t}{H}$$

onde:

Q representa o consumo de válvula manchete, em unidades por metro;

Q_t representa a quantidade de válvulas por enfilagem, em unidades;

H representa a profundidade da enfilagem, em metros.

A tabela 52 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 52 - Consumo de válvula manchete - enfilagem tubular sistema convencional

Quantidade (un)	Profundidade (m)	Consumo (un/m)
11	12,00	0,91667

d) broca de *widia* - D = 8 mm e C = 120 mm

Consiste em insumo acoplado à furadeira de impacto para execução de furos no tubo.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$Q = \frac{Q_t}{H \times V_u}$$

onde:

Q representa o consumo de broca, em unidades por metro;

Q_t representa a quantidade de furos, em unidades;

H representa a profundidade da enfilagem, em metros;

V_u representa a vida útil da broca, em unidades de furo por unidade.

A tabela 53 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 53 - Consumo de broca de *widia* - enfilagem tubular sistema convencional

Quantidade (un)	Profundidade (m)	Vida útil (un/un)	Consumo (un/m)
44	12,00	250	0,01467

e) borracha para obturador mecânico

Consiste em insumo utilizado no obturador mecânico para permitir a liberação da nata de cimento com a pressão adequada.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{V_u}$$

onde:

Q representa o consumo de borracha, em unidade por metro;

V_u representa a vida útil, em metros por unidade.

A tabela 54 apresenta o parâmetro referencial adotado e o respectivo consumo do material.

Tabela 54 - Consumo de borracha para obturador mecânico - enfilagem tubular sistema convencional

Vida útil (m/un)	Consumo (un/m)
1.000,00	0,00100

f) dimensionamento dos equipamentos seccionados

Consistem em insumos acoplados à perfuratriz, consoante aos seguintes elementos:

- coroa: consiste na extremidade inferior utilizada para executar o furo;



- haste: consiste na parte central responsável por transferir esforços do punho para a coroa;
- punho: consiste no componente de extensão que transmite o movimento de percussão e de rotação para as hastes.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{V_u}$$

onde:

Q representa o consumo, em unidade por metro;

V_u representa a vida média dos equipamentos seccionados, em metros por unidade.

A tabela 55 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 55 - Consumo dos equipamentos seccionados - enfilagem tubular sistema convencional

Código SICRO	Descrição	Vida útil (m/un)	Consumo (un/m)
M1649	Coroa de botões esféricos linha ST68 - D = 102 mm (4")	900,00	0,00111
M1749	Haste linha ST68 para perfuração - D = 87,0 mm (3 7/16") e C = 1,83 m	1.400,00	0,00071
M1735	Punho linha ST68 para perfuração - D = 80 mm (3 5/32")	2.000,00	0,00050

g) solda elétrica de perfis metálicos e chapas de aço com eletrodo E70XX

Consiste na soldagem dos tubos de aço.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{\pi \times D_e \times e_t \times e_f \times \rho \times T_x}{H}$$

onde:

Q representa o consumo de solda, em quilogramas por metro;

D_e representa o diâmetro externo do tubo, em metros;

e_t representa a espessura do tubo, em metros;

e_f representa a espessura do filete da solda, em metros;

ρ representa a massa específica da solda, em quilogramas por metro cúbico;

T_x representa a taxa de deposição da solda;

H representa a profundidade da enfilagem, em metros.

A tabela 56 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.



Tabela 56 - Consumo de solda - enfilagem tubular sistema convencional

D_e (m)	e_t (m)	e_f (m)	ρ (kg/m ³)	T_x	H (m)	Consumo (kg/m)
0,073	0,00516	0,003	7.850,00	1,10	12,00	0,00255

2.3.1.6 Operações de transporte

A tabela 57 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 57 - Serviços empregados nas operações de transporte - enfilagem tubular sistema convencional

Descrição	Código SICRO	Descrição
Coroa de botões esféricos, cimento Portland, punho para perfuração, tubo em aço-carbono, haste para perfuração e válvula manchete	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

A tabela 58 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 58 - Conversão para transporte - enfilagem tubular sistema convencional

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M1649	Coroa de botões esféricos linha ST68 - D = 102 mm (4")	0,00580 t/un
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	0,00100 t/kg
M1735	Punho linha ST68 para perfuração - D = 80 mm (3 5/32")	0,01830 t/un
M1765	Tubo em aço-carbono schedule 40 - D = 65 mm (2 1/2")	0,00862 t/m
M1749	Haste linha ST68 para perfuração - D = 87,0 mm (3 7/16") e C = 1,83 m	0,04160 t/un
M1751	Válvula manchete - D = 73 mm	0,00010 t/un

2.3.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de enfilagem tubular em sistema convencional deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

2.3.2 Enfilagem tubular sistema autoperfurante

O serviço consiste na execução de enfilagem tubular em túneis por meio do sistema autoperfurante, constituindo revestimento protetor ao redor da seção do túnel de modo a consolidar o maciço.



2.3.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.3.2.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- preparação e posicionamento dos tubos de aço no jumbo eletro-hidráulico;
- perfuração do maciço com simultânea inserção do tubo por meio de jumbo eletro-hidráulico;
- posicionamento dos equipamentos e da mão de obra por meio de plataforma de trabalho do jumbo eletro-hidráulico;
- confecção e injeção da nata de cimento no tubo por meio de conjunto misturador com bomba para grauteamento e obturador mecânico.

2.3.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- jumbo eletro-hidráulico com 3 braços: líder de equipe;
- misturador com bomba para grauteamento;
- obturador mecânico;
- grupos geradores.

a) jumbo eletro-hidráulico com 3 braços

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times H \times Q_t \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

H representa a profundidade da enfilagem, em metros por unidade;

Q_t representa a quantidade de enfilagens, em unidades;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

O grupo gerador opera em conjunto com o jumbo, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.



b) misturador com bomba para grauteamento

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times H \times Q_t \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

H representa a profundidade da enfilagem, em metros por unidade;

Q_t representa a quantidade de enfilagens, em unidades;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

O grupo gerador e o obturador mecânico operam em conjunto com o misturador, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

2.3.2.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 3 frentistas de túnel para preparar e posicionar os tubos de aço, operar o obturador e abastecer o misturador.

2.3.2.5 Materiais e atividades auxiliares

a) tubo em aço-carbono iniciador para sistema autoperfurante com anel da coroa piloto - $D = 76,2$ mm (3") e $C = 3$ m

Consiste em insumo utilizado na perfuração do maciço, equipado com anel da coroa piloto.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{Q_t}{H}$$

onde:

Q representa o consumo de tubo iniciador, em unidades por metro;

Q_t representa a quantidade de tubos por enfilagem, em unidades;

H representa a profundidade da enfilagem, em metros.

A tabela 59 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.



Tabela 59 - Consumo de tubo de aço-carbono iniciador - enfilagem tubular sistema autoperfurante

Quantidade (un)	Profundidade (m)	Consumo (un/m)
1	12,00	0,08333

b) tubo em aço-carbono para sistema autoperfurante - D = 76,2 mm

Consiste em insumo acoplado ao tubo em aço-carbono iniciador para o avanço da perfuração. Possuem válvulas em toda a sua extensão para permitir a adequada vazão da nata de cimento durante o processo de injeção.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{C}{H}$$

onde:

Q representa o consumo de tubo, em metros por metro;

C representa o comprimento de tubo por enfilagem, em metros;

H representa a profundidade da enfilagem, em metros.

A tabela 60 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 60 - Consumo de tubo de aço-carbono para sistema autoperfurante - enfilagem tubular sistema autoperfurante

Comprimento (m)	Profundidade (m)	Consumo (m/m)
9,00	12,00	0,75000

c) cimento Portland CP II - 32 - saco

Consiste em insumo aglomerante para confecção da nata de cimento.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{D_e}{D_c} \times Q_c$$

onde:

Q representa o consumo de cimento da enfilagem autoperfurante, em quilogramas por metro;

D_e representa o diâmetro de perfuração da enfilagem autoperfurante, em metros;

D_c representa o diâmetro da enfilagem convencional, em metros;

Q_c representa o consumo de cimento da enfilagem convencional, em quilogramas por metro.



A tabela 61 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material

Tabela 61 - Consumo de cimento Portland CP II - enfilagem tubular sistema autoperfurante

Diâmetro de perfuração (m)	Diâmetro de enfilagem (m)	Consumo de cimento da enfilagem (kg/m)	Consumo (kg/m)
0,076	0,102	50,00	37,25490

d) borracha para obturador mecânico

Consiste em insumo utilizado no obturador mecânico para permitir a liberação da nata de cimento com a pressão adequada.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{V_u}$$

onde:

Q representa o consumo de borracha para obturador, em unidades por metro;
 V_u representa a vida útil, em metros por unidade.

A tabela 62 apresenta o parâmetro referencial adotado e o respectivo consumo do material.

Tabela 62 - Consumo de borracha para obturador mecânico - enfilagem tubular sistema autoperfurante

Vida útil (m/un)	Consumo (un/m)
1.000,00	0,00100

e) dimensionamento dos equipamentos seccionados

Consistem em insumos acoplados ao jumbo, consoante aos seguintes elementos:

- coroa: consiste na extremidade inferior utilizada para executar o furo;
- haste: consiste na parte central responsável por transferir esforços do punho para a coroa;
- punho: consiste no componente de extensão que transmite o movimento de percussão e de rotação para as hastes;
- luva: consiste na peça utilizada para junção das hastes de perfuração.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$Q = \frac{1}{V_u}$$

onde:

Q representa o consumo do material, em unidades por metro;

V_u representa a vida útil dos equipamentos seccionados, em metros por unidade.

A tabela 63 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 63 - Consumo dos equipamentos seccionados - enfilagem tubular sistema autoperfurante

Código SICRO	Descrição	Vida útil (m/un)	Consumo (un/m)
M1653	Coroa piloto de botões esféricos para sistema autoperfurante - D = 76,2 mm (3")	800,00	0,00125
M2070	Haste linha R/T38 - R32 para jumbo hidráulico - D = 38 mm (1 1/2") e C = 4,50 m	1.300,00	0,00077
M2072	Luva de acoplamento linha T38 para jumbo hidráulico - D = 38,0 mm (1 1/2")	900,00	0,00111
M2073	Punho linha T38 para jumbo hidráulico - D = 38 mm (1 1/2")	1.500,00	0,00067

2.3.2.6 Operações de transporte

A tabela 64 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 64 - Serviços empregados nas operações de transporte - enfilagem tubular sistema autoperfurante

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
M1748	Tubo em aço-carbono iniciador para sistema autoperfurante com anel da coroa piloto - D = 76,2 mm (3") e C = 3 m	0,03780 t/un	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural



Tabela 64 - Serviços empregados nas operações de transporte - enfilagem tubular sistema autoperfurante (2/2)

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1748	Tubo em aço-carbono iniciador para sistema autoperfurante com anel da coroa piloto - D = 76,2 mm (3") e C = 3 m	0,03780 t/un	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
M1747	Tubo em aço-carbono para sistema autoperfurante - D = 76,2 mm	0,01210 t/m	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

2.3.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de enfilagem tubular em sistema autoperfurante deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

2.3.3 Coluna de *jet grouting* horizontal

O serviço consiste na execução de *jet grouting* horizontal, por meio da injeção de nata de cimento no maciço com alta pressão, de modo a desagregar o material e formar colunas de solo-cimento.

2.3.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.3.3.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- confecção da nata de cimento por meio de misturador automático para grauteamento;
- execução de furos no maciço por meio de perfuratriz hidráulica rotoperfussiva;
- retirada gradual da haste da perfuratriz e injeção simultânea de calda de cimento por meio de bomba de alta pressão para *jet grouting*.



2.3.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- perfuratriz hidráulica rotopercussiva: líder de equipe;
- misturador automático para grauteamento;
- bomba de alta pressão para *jet grouting*;
- compressor de ar portátil.

a) perfuratriz hidráulica rotopercussiva

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times H \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária da perfuratriz, em metros por hora;

H representa a profundidade da coluna horizontal, em metros;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

É atribuída utilização operativa integral para os demais equipamentos.

2.3.3.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 4 frentistas de túnel para abastecer o misturador, auxiliar a execução da perfuração do maciço e auxiliar a injeção da calda de cimento.

2.3.3.5 Materiais e atividades auxiliares

a) cimento Portland CP II - 32 - saco

Consiste em insumo aglomerante para confecção da nata de cimento.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = A \times Q_c = \pi \times \frac{D_e^2}{4} \times Q_c$$

onde:

Q representa o consumo de cimento, em quilogramas por metro;

A representa a área da seção da coluna, em metros quadrados;



Q_c representa o consumo referencial de cimento, em quilogramas por metro cúbico;

D_e representa o diâmetro da coluna, em metros.

A tabela 65 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 65 - Consumo de cimento - coluna de *jet grouting* horizontal

Diâmetro da coluna (m)	Consumo de cimento (kg/m³)	Consumo (kg/m)
0,40	400,00	50,26548
0,50	400,00	78,53982
0,60	400,00	113,09734

b) coroa, haste e hidromonitor

Consistem em insumos acoplados à perfuratriz, consoante aos seguintes elementos:

- coroa: consiste na extremidade inferior utilizada para executar o furo;
- haste: consiste na parte central responsável por transferir esforços do punho para a coroa;
- hidromonitor: consiste na peça localizada na extremidade inferior da haste para alojamento dos bicos de injeção.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{V_u}$$

onde:

Q representa o consumo dos insumos, em unidades por metro;

V_u representa a vida média dos materiais, em metros por unidade.

A tabela 66 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 66 - Consumo de coroa, haste e hidromonitor - coluna de *jet grouting* horizontal

Código SICRO	Descrição	Vida útil (m/un)	Consumo (un/m)
M2046	Coroa de botões cônicos - TCI tricone - D = 121 mm (4 3/4")	2.000,00	0,00050
M1731	Haste de perfuração simples para <i>jet grouting</i> - D = 88,9 mm (3 1/2") e C = 3,00 m	5.000,00	0,00020
M1750	Hidromonitor com bico de injeção para <i>jet grouting</i> - D = 88,9 mm (3 1/2")	5.000,00	0,00020



2.3.3.6 Operações de transporte

A tabela 67 apresenta o parâmetro referencial adotado, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

Tabela 67 - Serviços empregados nas operações de transporte - coluna de *jet grouting* horizontal

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

2.3.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de coluna de *jet grouting* horizontal deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

2.3.4 Coluna de *jet grouting* vertical

O serviço consiste na execução de *jet grouting* vertical, por meio da injeção de nata de cimento no maciço com alta pressão, de modo a desagregar o material e formar colunas de solo-cimento.

2.3.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.3.4.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- confecção da nata de cimento por meio de misturador automático para grauteamento;
- execução de furos no maciço por meio de perfuratriz hidráulica rotoperçussiva;
- retirada gradual da haste da perfuratriz e injeção simultânea de calda de cimento por meio de bomba de alta pressão para *jet grouting*.



2.3.4.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- perfuratriz hidráulica rotopercussiva: líder de equipe;
- misturador automático para grauteamento;
- bomba de alta pressão para *jet grouting*;
- compressor de ar portátil.

a) perfuratriz hidráulica rotopercussiva

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times H \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária da perfuratriz, em metros por hora;

H representa a profundidade da coluna vertical, em metros;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

É atribuída utilização operativa integral para os demais equipamentos.

2.3.4.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 4 frentistas de túnel para abastecer o misturador, auxiliar a execução da perfuração do maciço e auxiliar a injeção da calda de cimento.

2.3.4.5 Materiais e atividades auxiliares

a) cimento Portland CP II - 32 - saco

Consiste em insumo aglomerante para confecção da nata de cimento.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = A \times Q_c = \pi \times \frac{D_e^2}{4} \times Q_c$$

onde:

Q representa o consumo de cimento, em quilogramas por metro;

A representa a área da seção da coluna, em metros quadrados;



Q_c representa o consumo referencial de cimento, em quilogramas por metro cúbico;

D_e representa o diâmetro da coluna, em metros.

A tabela 68 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

Tabela 68 - Consumo de cimento - coluna de *jet grouting* vertical

Diâmetro da coluna (m)	Consumo de cimento (kg/m³)	Consumo (kg/m)
0,80	400,00	201,06193
0,90	400,00	254,46900
1,00	400,00	314,15927
1,10	400,00	380,13271
1,20	400,00	452,38934

b) coroa, haste e hidromonitor

Consistem em insumos acoplados à perfuratriz, consoante aos seguintes elementos:

- coroa: consiste na extremidade inferior utilizada para executar o furo;
- haste: consiste na parte central responsável por transferir esforços do punho para a coroa;
- hidromonitor: consiste na peça localizada na extremidade inferior da haste para alojamento dos bicos de injeção.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{V_u}$$

onde:

Q representa o consumo dos insumos, em unidades por metro;

V_u representa a vida média dos materiais, em metros por unidade.

A tabela 69 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 69 - Consumo de coroa, haste e hidromonitor - coluna de *jet grouting* vertical

Código SICRO	Descrição	Vida útil (m/un)	Consumo (un/m)
M2046	Coroa de botões cônicos - TCI tricone - D = 121 mm (4 3/4")	2.000,00	0,00050
M1731	Haste de perfuração simples para <i>jet grouting</i> - D = 88,9 mm (3 1/2") e C = 3,00 m	5.000,00	0,00020
M1750	Hidromonitor com bico de injeção para <i>jet grouting</i> - D = 88,9 mm (3 1/2")	5.000,00	0,00020



2.3.4.6 Operações de transporte

A tabela 70 apresenta o parâmetro referencial adotado, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

Tabela 70 - Serviços empregados nas operações de transporte - coluna de *jet grouting* vertical

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

2.3.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de coluna de *jet grouting* vertical deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

2.3.5 Pregagem da frente

O serviço consiste na execução de reforço da face frontal de escavação por meio do processo de pregagem.

2.3.5.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.3.5.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- com vergalhão de fibra de vidro:
 - execução de furos horizontais na frente de escavação por meio de perfuratriz hidráulica rotoperfussiva;
 - confecção e injeção da nata de cimento por meio de misturador com bomba para grauteamento;
 - inserção manual das barras de fibra de vidro nos furos.



- com tubo de Policloreto de Vinila – PVC:
 - execução de furos horizontais na frente de escavação por meio de perfuratriz hidráulica rotopercussiva;
 - inserção manual dos tubos de PVC nos furos;
 - confecção e injeção de argamassa de cimento e areia por meio de misturador com bomba para grauteamento.

2.3.5.3 *Produção horária e equipe mecânica*

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- perfuratriz hidráulica rotopercussiva: líder de equipe;
- misturador com bomba para grauteamento;
- grupo gerador.

a) perfuratriz hidráulica rotopercussiva

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times H \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária da perfuratriz, em metros por hora;

H representa a profundidade da pregagem, em metros;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

O grupo gerador e o misturador operam em conjunto com a perfuratriz, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

2.3.5.4 *Mão de obra*

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 3 frentistas de túnel para auxiliar a execução da perfuração, abastecer o misturador e inserir as barras de fibra de vidro ou tubos PVC.

2.3.5.5 *Materiais e atividades auxiliares*

a) cimento Portland CP II - 32 - saco

Consiste em insumo aglomerante para confecção da nata de cimento.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$Q = \frac{Q_n \times 2}{3} = \frac{(V \times \rho) \times 2}{3} = \frac{[(\pi \times \frac{D_e^2}{4} \times T_x) \times \rho] \times 2}{3}$$

onde:

Q representa o consumo de cimento, em quilogramas por metro;

Q_n representa o consumo de nata de cimento, em quilogramas por metro;

V representa o volume de nata de cimento, em metros cúbicos por metro;

ρ representa a massa específica da nata de cimento, em quilogramas por metro cúbico;

D_e representa o diâmetro do furo, em metros;

T_x representa a taxa de majoração do volume de nata em razão da parcela que penetra no maciço, extravasando o volume restrito ao furo.

A tabela 71 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 71 - Consumo de cimento - pregagem da frente

D_e (m)	T_x	ρ (kg/m ³)	Consumo (kg/m)
0,075	2,00	1.900,00	11,19192

b) coroa, haste e punho

Consistem em insumos acoplados à perfuratriz, consoante aos seguintes elementos:

- coroa: consiste na extremidade inferior utilizada para executar o furo;
- haste: consiste na parte central responsável por transferir esforços do punho para a coroa;
- punho: consiste no componente de extensão que transmite o movimento de percussão e de rotação para as hastes.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{V_u}$$

onde:

Q representa o consumo dos insumos, em unidades por metro;

V_u representa a vida média dos materiais, em metros por unidade.

A tabela 72 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 72 - Consumo de coroa, haste e punho - pregagem da frente**

Código SICRO	Descrição	Vida útil (m/un)	Consumo (un/m)
M0202	Coroa de botões esféricos linha T45 - D = 76 mm (3")	800,00	0,00125
M1649	Coroa de botões esféricos linha ST68 - D = 102 mm (4")	900,00	0,00111
M1749	Haste linha ST68 para perfuração - D = 87,0 mm (3 7/16") e C = 1,83 m	1.400,00	0,00071
M1735	Punho linha ST68 para perfuração - D = 80 mm (3 5/32")	2.000,00	0,00050

c) tubo de PVC ponta e bolsa para esgoto - D = 75 mm (3")

Consiste em insumo implantado no maciço para promover sua estabilização.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m por unidade de serviço executado.

d) barra de fibra de vidro (vergalhão) - D = 25,0 mm

Consiste em insumo implantado no maciço para promover sua estabilização.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m por unidade de serviço executado.

e) argamassa de cimento e areia 1:1 - confecção em betoneira e lançamento manual - areia comercial

Consiste na confecção e lançamento de argamassa de cimento e areia para o preenchimento dos furos no serviço de pregagem com tubo de PVC.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \pi \times \frac{D_e^2}{4} \times T_x$$

onde:

Q representa o consumo de argamassa, em metros cúbicos por metro;

D_e representa o diâmetro do furo, em metros;

T_x representa a taxa de majoração do volume de argamassa em razão da parcela que penetra no maciço, extravasando o volume restrito ao furo.

A tabela 73 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 73 - Consumo de argamassa - pregagem da frente

Diâmetro (m)	Taxa de majoração	Consumo (m³/m)
0,10	2,00	0,01571



2.3.5.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

2.3.5.7 Critérios de medição

A medição do serviço de pregagem da frente deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

2.4 Drenagem em túnel

2.4.1 Drenagem de túnel com manta drenante

O serviço consiste na execução de sistema de drenagem por meio da implantação de manta de polietileno alveolar.

2.4.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.4.1.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- limpeza manual do local de implantação;
- preparação da argamassa por meio do misturador de argamassa;
- projeção da argamassa por meio de bomba;
- arremate manual;
- posicionamento manual da manta com o geotêxtil;
- implantação da manta por meio de ferramenta de fixação à pólvora;
- utilização da plataforma autopropelida para auxiliar na execução das atividades.

2.4.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra. De forma acessória à execução da atividade são empregados os seguintes equipamentos:

- misturador de argamassa;
- bomba para concreto projetado via úmida;
- ferramenta de fixação à pólvora de ação direta;
- plataforma autopropelida;
- compressor de ar portátil.



A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 10,05 m²/h.

a) misturador de argamassa

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros quadrados por hora;

C_{ap} representa a capacidade efetiva do misturador, em metros cúbicos;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

Ao passo que a utilização do equipamento ocorre de forma parcial durante a execução da atividade, é imputada a utilização operativa integral com quantidades fracionadas.

b) bomba para concreto projetado via úmida

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{C_{ap} \times F_e \times F_p}{F_{cv}}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros quadrados por hora;

C_{ap} representa a capacidade, em metros cúbicos por hora;

F_e representa o fator de eficiência;

F_p representa o fator de perda da produção;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros.

O compressor opera em conjunto com a bomba, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

c) ferramenta de fixação à pólvora de ação direta

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times Q_t \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$



onde:

P representa a produção horária, em metros quadrados por hora;

Q_t representa a quantidade de furos, em unidades;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em unidades de furo por metro quadrado;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

São empregadas duas unidades do equipamento ferramenta de fixação à pólvora de ação direta.

d) plataforma autopropelida

É empregada uma unidade do equipamento plataforma autopropelida, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

2.4.1.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 4 frentistas de túnel para limpar o local de aplicação, executar o arremate da argamassa, posicionar a manta e operar a ferramenta de fixação à pólvora.

2.4.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) argamassa polimérica monocomponente para reparos estruturais

Consiste em insumo utilizado no tratamento da superfície do túnel.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{\rho \times A \times e \times (1 + k)}{1 - F_p}$$

onde:

Q representa o consumo de argamassa, em quilogramas por metro quadrado;

ρ representa a massa específica da argamassa, em quilogramas por metro cúbico;

A representa a área, em metros quadrados por metro quadrado;

e representa a espessura de argamassa projetada, em metros;

k representa a perda de material na mistura da argamassa;

F_p representa o fator de perda de material bombeado na projeção de argamassa.

A tabela 74 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.



Tabela 74 - Consumo de argamassa - drenagem de túnel com manta drenante

Massa específica (kg/m³)	Área (m²/m²)	Espessura (m)	Perda (%)	Fator de perda (%)	Consumo (kg/m²)
1.750,00	1,00	0,025	5,00	27,50	63,36207

b) finca pino de ação direta e pino com furo - D = 6,35 mm (1/4")

Consiste em insumo utilizado para fixar a manta no concreto.

O consumo referencial adotado é de 8 un por unidade de serviço executado.

c) manta drenante em malha de polietileno e geotêxtil de polipropileno em uma das faces

Consiste em insumo produzido com membrana drenante, confeccionada com camada de polietileno especial alveolar de alta densidade e geotêxtil de polipropileno aplicado em uma das faces, utilizada para drenagem do túnel.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m² por unidade de serviço executado.

2.4.1.6 Operações de transporte

A tabela 75 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 75 - Serviços empregados nas operações de transporte - drenagem de túnel com manta drenante

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1379	Argamassa polimérica monocomponente para reparos estruturais	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
M1733	Manta drenante em malha de polietileno e geotêxtil de polipropileno em uma das faces	0,00060 t/m²	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada



2.4.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de drenagem de túnel com manta deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente executada.

2.4.2 Dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel

O serviço consiste no fornecimento e instalação de dreno filtrante para paredes e teto de túneis por meio do emprego de tubos de PVC.

2.4.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.4.2.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- execução de furos por meio da perfuratriz pneumática;
- revestimento manual dos tubos de PVC com geotêxtil;
- instalação manual dos tubos revestidos;
- utilização da plataforma autopropelida para auxiliar na execução das atividades.

2.4.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida de forma conjunta pelos seguintes equipamentos:

- perfuratriz pneumática: líder de equipe;
- plataforma autopropelida;
- compressor de ar portátil.

a) perfuratriz pneumática

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times E_t \times F_e}{T_c}$$

onde:

P representa a produção horária da perfuratriz, em metros por hora;

E_t representa a extensão do dreno, em metros;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.



O compressor de ar portátil e a plataforma autopropelida operam em conjunto com a perfuratriz, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

2.4.2.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 frentistas de túnel para revestir o tubo de PVC com geotêxtil e instalar no local de aplicação.

2.4.2.5 Materiais e atividades auxiliares

a) tubo de PVC rosqueável para água fria

Consiste em tubo de PVC utilizado para a coleta e escoamento da água infiltrada no maciço.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m por unidade de serviço executado.

b) geotêxtil não-tecido agulhado em poliéster - resistência à tração longitudinal de 10 kN/m

Consiste em manta sintética fabricada em material geotêxtil não-tecido utilizado para execução de dreno filtrante em tubo de PVC.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = [(\pi \times D_e) + C_o] \times C$$

onde:

Q representa o consumo de geotêxtil, em metros quadrados por metro;

D_e representa o diâmetro externo do tubo, em metros;

C_o representa o comprimento de superposição do geotêxtil, em metros;

C representa o comprimento referencial do tubo, em metros por metro.

A tabela 76 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 76 - Consumo de geotêxtil - dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel

Diâmetro externo (m)	Comprimento de superposição (m)	Comprimento referencial (m/m)	Consumo (m ² /m)
0,05	0,04	1,00	0,19708



c) fio de poliamida Nº 40 - E = 0,40 mm

Consiste em insumo utilizado para fixação da manta geotêxtil ao redor do tubo de PVC.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{\pi \times D_e}{E}$$

onde:

Q representa o consumo de fio, em metros por metro;

D_e representa o diâmetro externo do tubo, em metros;

E representa o espaçamento entre amarrações, em metros.

A tabela 77 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 77 - Consumo de fio de poliamida - dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel

Diâmetro externo (m)	Espaçamento (m)	Consumo (m/m)
0,05	0,03	5,23599

d) série de brocas integrais

Consiste em insumo acoplado à perfuratriz para execução de furos em rocha.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{V_{mb}}$$

onde:

Q representa o consumo, em unidades por metro;

V_{mb} representa a vida útil média da broca, em metros por unidade.

Consoante às premissas estabelecidas por meio de referencial técnico especializado, a vida útil ou duração de uma broca para rochas graníticas pode ser fixada entre 120,00 e 140,00 m. Para rochas calcárias ou basálticas, de menor abrasividade, considera-se o dobro deste valor para a vida útil.

A vida útil média da broca é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$V_{mb} = \frac{(V_{m+a}) + (V_{m-a})}{2}$$



onde:

V_{mb} representa a vida útil média da broca, em metros por unidade;

V_{m+a} representa a vida média da broca para rochas mais abrasivas, em metros por unidade;

V_{m-a} representa a vida média da broca para rochas menos abrasivas, em metros por unidade.

A tabela 78 apresenta os parâmetros referenciais adotados no cálculo da vida útil média da broca.

Tabela 78 - Vida útil média da broca - dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel

Vida útil média para rochas mais abrasivas (m/un)	Vida útil média para rochas menos abrasivas (m/un)	Vida útil média da broca (m/un)
130,00	260,00	195,00

A tabela 79 apresenta o parâmetro referencial adotado e o respectivo consumo do material.

Tabela 79 - Consumo de série de brocas integrais - dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel

Vida útil média da broca (m/un)	Consumo (un/m)
195,00	0,00513

2.4.2.6 Operações de transporte

A tabela 80 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 80 - Serviços empregados nas operações de transporte - dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1720	Geotêxtil não-tecido agulhado em poliéster - resistência à tração longitudinal de 10 kN/m	0,00021 t/m ²	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
M1665	Tubo de PVC rosqueável para água fria - D = 40 mm (1 1/2")	0,00032 t/m	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural



Tabela 80 - Serviços empregados nas operações de transporte - dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel (2/2)

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1665	Tubo de PVC rosqueável para água fria - D = 40 mm (1 1/2")	0,00032 t/m	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

2.4.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de dreno filtrante em tubos PVC para túneis deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

2.4.3 Dreno não filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel

O serviço consiste no fornecimento e instalação de dreno não filtrante para paredes e teto de túneis por meio do emprego de tubos de PVC.

2.4.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.4.3.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- execução de furos por meio da perfuratriz pneumática;
- instalação manual dos tubos;
- utilização da plataforma autopropelida para auxiliar na execução das atividades.

2.4.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida de forma conjunta pelos seguintes equipamentos:

- perfuratriz pneumática: líder de equipe;
- plataforma autopropelida;
- compressor de ar portátil.

a) perfuratriz pneumática

A produção horária é estabelecida pelo método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times E_t \times F_e}{T_c}$$



onde:

P representa a produção horária da perfuratriz, em metros por hora;

E_t representa a extensão do dreno, em metros;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

O compressor de ar portátil e a plataforma autopropelida operam em conjunto com a perfuratriz, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

2.4.3.4 Mão de obra

É empregado de forma acessória ao desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 1 frentista de túnel para instalar o tubo de PVC no local de aplicação.

2.4.3.5 Materiais e atividades auxiliares

a) tubo de PVC rosqueável para água fria - D = 40 mm (1 1/2")

Consiste em tubo de PVC utilizado para a coleta e escoamento da água infiltrada no maciço.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m por unidade de serviço executado.

b) série de brocas integrais S12

Consiste em insumo acoplado à perfuratriz para execução de furos em rocha.

O consumo é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{V_{mb}}$$

onde:

Q representa o consumo, em unidades por metro;

V_{mb} representa a vida útil média da broca, em metros por unidade.

Consoante às premissas estabelecidas por meio de referencial técnico especializado, a vida útil ou duração de uma broca para rochas graníticas pode ser fixada entre 120,00 e 140,00 m. Para rochas calcárias ou basálticas, de menor abrasividade, considera-se o dobro deste valor para a vida útil.

A vida útil média da broca é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$V_{mb} = \frac{(V_{m+a}) + (V_{m-a})}{2}$$



onde:

V_{mb} representa a vida útil média da broca, em metros por unidade;

V_{m+a} representa a vida média da broca para rochas mais abrasivas, em metros por unidade;

V_{m-a} representa a vida média da broca para rochas menos abrasivas, em metros por unidade.

A tabela 81 apresenta os parâmetros referenciais adotados no cálculo da vida útil média da broca.

Tabela 81 - Vida útil média da broca - dreno não filtrante em tubo PVC em paredes e teto de túnel

Vida útil média para rochas mais abrasivas (m/un)	Vida útil média para rochas menos abrasivas (m/un)	Vida útil média da broca (m/un)
130,00	260,00	195,00

A tabela 82 apresenta o parâmetro referencial adotado e o respectivo consumo do material.

Tabela 82 - Consumo de série de brocas integrais - dreno não filtrante em tubo PVC em paredes e teto de túnel

Vida útil média da broca (m/un)	Consumo (un/m)
195,00	0,00513

2.4.3.6 Operações de transporte

A tabela 83 apresenta o parâmetro referencial adotado, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

Tabela 83 - Serviços empregados nas operações de transporte - dreno não filtrante em tubo PVC em paredes e teto de túnel

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1665	Tubo de PVC rosqueável para água fria - D = 40 mm (1 1/2")	0,00032 t/m	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

2.4.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de dreno não filtrante em tubo PVC para túneis deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.



APÊNDICE A - RELAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS POR SUBGRUPO - TÚNEIS

A tabela 84 apresenta as composições de custos do grupo de serviços de túneis, relacionando o código SICRO ao respectivo subgrupo.

Tabela 84 - Relação das composições de custos por subgrupo - túneis

Subgrupo	Código SICRO
2.1.1 Escavação subterrânea em túnel classe I a IV	6219500, 6219418, 6219412, 6219406, 6219501, 6219419, 6219413, 6219407, 6219502, 6219420, 6219414, 6219408, 6219503, 6219421, 6219415 e 6219409
2.1.2 Escavação subterrânea em túnel classe V	6219504, 6219422, 6219416 e 6219410
2.1.3 Escavação subterrânea em túnel classe VI	6219505, 6219423, 6219417 e 6219411
2.1.4 Escavação subterrânea do rebaixo em túnel classe I a IV	6219518
2.1.5 Desmonte a frio com cunha hidráulica em túnel	6219521
2.1.6 Pré-fissuramento em túnel	6219520
2.2.1 Cambotas metálicas treliçadas	6205797
2.2.2 Armação de tela de aço em túnel	6208126
2.2.3 Prego guia para controle de espessura de concreto projetado	6219524
2.3.1 Enfilagem tubular sistema convencional	6219511
2.3.2 Enfilagem tubular sistema autoperfurante	6219508
2.3.3 Coluna de <i>jet grouting</i> horizontal	6205791, 6205792 e 6205793
2.3.4 Coluna de <i>jet grouting</i> vertical	6205796, 6219451, 6219452, 6205794 e 6205795
2.3.5 Pregagem da frente	6219433 e 6205801
2.4.1 Drenagem de túnel com manta drenante	6219527
2.4.2 Dreno filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel	6219526
2.4.3 Dreno não filtrante em tubos PVC em paredes e teto de túnel	6219525