



## **Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO**

# **Caderno técnico Serviços Auxiliares**

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 Serviços Auxiliares**



### 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 auxiliares.....	4
Figura 2 - Plano de fogo - escavação de vala em material de 3ª categoria.....	10
Figura 3 - Tubo com encaixe Ponta e Bolsa - PB.....	16
Figura 4 - Plano de fogo - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira .	30
Figura 5 - Plano de fogo - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha .....	38
Figura 6 - Plano de fogo - rocha para britagem com perfuratriz manual .....	46
Figura 7 - Conjunto de captação em um dreno .....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produções horárias do serviço de escavação manual em material de 1ª e 2ª categoria.....	5
Tabela 2 - Parâmetros do plano de fogo adotados - escavação de vala em material de 3ª categoria.....	10
Tabela 3 - Consumo de emulsão explosiva - escavação de vala em material de 3ª categoria .....	11
Tabela 4 - Consumo de nonel de coluna - escavação de vala em material de 3ª categoria.....	11
Tabela 5 - Consumo de nonel de ligação - escavação de vala em material de 3ª categoria.....	12
Tabela 6 - Consumo de nonel iniciador - escavação de vala em material de 3ª categoria.....	12
Tabela 7 - Vida útil média da broca - escavação de vala em material de 3ª categoria.....	13
Tabela 8 - Consumo de série de brocas - escavação de vala em material de 3ª categoria.....	14
Tabela 9 - Serviços empregados nas operações de transporte - escavação de vala em material de 3ª categoria .....	14
Tabela 10 - Quantidades adotadas na determinação do consumo do transportador manual no serviço de confecção de tubos de concreto .....	15
Tabela 11 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra na confecção de tubos de concreto convencionais e perfurados ..	16
Tabela 12 - Consumo de concreto - confecção de tubos de concreto convencionais e perfurados.....	17
Tabela 13 - Quantidades adotadas na determinação do consumo do transportador manual no serviço de confecção de tubos de concreto poroso .....	18



Tabela 14 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra na confecção de tubos de concreto poroso.....	19
Tabela 15 - Dimensões dos tubos de concreto poroso .....	19
Tabela 16 - Quantidades adotadas na determinação do consumo do carro manual modelo plataforma no serviço de confecção canaleta meia cana .....	20
Tabela 17 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra na confecção de canaletas meia cana .....	21
Tabela 18 - Consumos de concreto no serviço de confecção de canaleta meia cana .....	21
Tabela 19 - Consumo de tubo PEAD - areia extraída com draga de sucção tipo bomba .....	23
Tabela 20 - Parâmetros do plano de fogo adotados - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira .....	30
Tabela 21 - Consumo de emulsão explosiva - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira .....	31
Tabela 22 - Consumo de nonel iniciador - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira.....	31
Tabela 23 - Consumo de nonel de coluna - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira.....	32
Tabela 24 - Consumo de nonel de ligação - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira.....	32
Tabela 25 - Consumo de nonel de iniciação para fogacho - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira.....	33
Tabela 26 - Vida útil média da broca - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira .....	34
Tabela 27 - Consumo de série de brocas - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira.....	34
Tabela 28 - Consumo dos equipamentos seccionados - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira .....	35
Tabela 29 - Parâmetros do plano de fogo adotados - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha.....	37
Tabela 30 - Consumo de emulsão explosiva - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha .....	38
Tabela 31 - Consumo de nonel iniciador - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha .....	39
Tabela 32 - Consumo de nonel de coluna - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha .....	39
Tabela 33 - Consumo de nonel de ligação - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha .....	40



Tabela 34 - Consumo de nonel de iniciação para fogacho - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha.....	40
Tabela 35 - Vida útil média da broca - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha .....	41
Tabela 36 - Consumo de série de brocas - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha .....	42
Tabela 37 - Consumo dos equipamentos seccionados - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha.....	42
Tabela 38 - Parâmetros do plano de fogo adotados - rocha para britagem com perfuratriz manual .....	45
Tabela 39 - Consumo de emulsão explosiva - rocha para britagem com perfuratriz manual .....	46
Tabela 40 - Consumo de nonel de coluna - rocha para britagem com perfuratriz manual .....	47
Tabela 41 - Consumo de nonel de ligação - rocha para britagem com perfuratriz manual .....	47
Tabela 42 - Consumo de nonel iniciador - rocha para britagem com perfuratriz manual .....	48
Tabela 43 - Vida útil média da broca - escavação de vala em material de 3ª categoria.....	49
Tabela 44 - Consumo de série de brocas - rocha para britagem com perfuratriz manual .....	49
Tabela 45 - Consumo de mandíbula, cunha, manta e revestimento de bojo para produção de brita em central de britagem.....	51
Tabela 46 - Consumo de mandíbula fixa e móvel - rachão ou pedra de mão produzida.....	55
Tabela 47 - Consumo de mandíbulas e cunhas - material pétreo produzido em britador de mandíbulas móvel - camada final de aterro .....	57
Tabela 48 - Parâmetros do plano de fogo adotados - escavação de <i>tunnel liner</i> em material de 3ª categoria.....	63
Tabela 49 - Consumo de cordel detonante - escavação de <i>tunnel liner</i> em material de 3ª categoria.....	63
Tabela 50 - Consumo de estopim - escavação de <i>tunnel liner</i> em material de 3ª categoria.....	64
Tabela 51 - Vida útil média da broca - escavação de <i>tunnel liner</i> em material de 3ª categoria .....	65
Tabela 52 - Consumo de série de brocas para escavação de <i>tunnel liner</i> em material de 3ª categoria.....	65
Tabela 53 - Produções horárias do serviço de limpeza manual de terreno.....	78
Tabela 54 - Consumo de filtros - recarga de cilindro com ar respirável para atividades de mergulho .....	80



Tabela 55 - Consumo de recarga de cilindro - operação de mergulho autônomo .....	83
Tabela 56 - Relação das composições de custos por subgrupo - serviços auxiliares .....	87





## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Parâmetros referenciais.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>SERVIÇOS .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Escavação .....</b>	<b>5</b>
2.1.1	Escavação manual em material de 1ª e 2ª categoria .....	5
2.1.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>5</i>
2.1.1.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>5</i>
2.1.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>5</i>
2.1.1.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>5</i>
2.1.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>6</i>
2.1.1.6	<i>Operações de transporte .....</i>	<i>6</i>
2.1.1.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>6</i>
2.1.2	Escavação manual de vala em material de 1ª categoria .....	6
2.1.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>6</i>
2.1.2.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>6</i>
2.1.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>6</i>
2.1.2.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>6</i>
2.1.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>7</i>
2.1.2.6	<i>Operações de transporte .....</i>	<i>7</i>
2.1.2.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>7</i>
2.1.3	Escavação mecânica de vala em material de 1ª e 2ª categoria .....	7
2.1.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>7</i>
2.1.3.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>7</i>
2.1.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>7</i>
2.1.3.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>8</i>
2.1.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>8</i>
2.1.3.6	<i>Operações de transporte .....</i>	<i>8</i>
2.1.3.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>8</i>
2.1.4	Escavação de vala em material de 3ª categoria .....	8
2.1.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>8</i>
2.1.4.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>9</i>
2.1.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>9</i>
2.1.4.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>9</i>
2.1.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>10</i>



2.1.4.6	<i>Operações de transporte</i> .....	14
2.1.4.7	<i>Critérios de medição</i> .....	14
<b>2.2</b>	<b>Confecção de tubos de concreto</b> .....	<b>14</b>
2.2.1	Confecção de tubos de concreto convencionais e perfurados .....	14
2.2.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	14
2.2.1.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	15
2.2.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	15
2.2.1.4	<i>Mão de obra</i> .....	15
2.2.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	16
2.2.1.6	<i>Operações de transporte</i> .....	17
2.2.1.7	<i>Critérios de medição</i> .....	17
2.2.2	Confecção de tubos de concreto poroso .....	17
2.2.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	17
2.2.2.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	17
2.2.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	18
2.2.2.4	<i>Mão de obra</i> .....	18
2.2.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	19
2.2.2.6	<i>Operações de transporte</i> .....	19
2.2.2.7	<i>Critérios de medição</i> .....	19
2.2.3	Confecção de canaleta meia cana .....	20
2.2.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	20
2.2.3.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	20
2.2.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	20
2.2.3.4	<i>Mão de obra</i> .....	21
2.2.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	21
2.2.3.6	<i>Operações de transporte</i> .....	22
2.2.3.7	<i>Critérios de medição</i> .....	22
<b>2.3</b>	<b>Areia extraída</b> .....	<b>22</b>
2.3.1	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba .....	22
2.3.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	22
2.3.1.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	22
2.3.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	22
2.3.1.4	<i>Mão de obra</i> .....	23
2.3.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	23
2.3.1.6	<i>Operações de transporte</i> .....	24



2.3.1.7	<i>Critérios de medição</i> .....	24
2.3.2	Areia extraída com escavadeira hidráulica de longo alcance .....	24
2.3.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	24
2.3.2.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	24
2.3.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	24
2.3.2.4	<i>Mão de obra</i> .....	25
2.3.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	25
2.3.2.6	<i>Operações de transporte</i> .....	25
2.3.2.7	<i>Critérios de medição</i> .....	25
2.3.3	Areia extraída com trator e carregadeira .....	25
2.3.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	25
2.3.3.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	26
2.3.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	26
2.3.3.4	<i>Mão de obra</i> .....	27
2.3.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	27
2.3.3.6	<i>Operações de transporte</i> .....	27
2.3.3.7	<i>Critérios de medição</i> .....	27
<b>2.4</b>	<b>Rocha para britagem</b> .....	<b>27</b>
2.4.1	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira.....	27
2.4.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	27
2.4.1.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	27
2.4.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	28
2.4.1.4	<i>Mão de obra</i> .....	29
2.4.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	30
2.4.1.6	<i>Operações de transporte</i> .....	35
2.4.1.7	<i>Critérios de medição</i> .....	35
2.4.2	Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira - camada final de aterro em rocha .....	35
2.4.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	35
2.4.2.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	36
2.4.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	36
2.4.2.4	<i>Mão de obra</i> .....	37
2.4.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	37
2.4.2.6	<i>Operações de transporte</i> .....	43
2.4.2.7	<i>Critérios de medição</i> .....	43



2.4.3	Rocha para britagem com perfuratriz manual.....	43
2.4.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	43
2.4.3.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	43
2.4.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	43
2.4.3.4	<i>Mão de obra .....</i>	45
2.4.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	45
2.4.3.6	<i>Operações de transporte .....</i>	49
2.4.3.7	<i>Critérios de medição.....</i>	49
<b>2.5</b>	<b>Produção de agregados.....</b>	<b>49</b>
2.5.1	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h.....	49
2.5.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	49
2.5.1.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	49
2.5.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	50
2.5.1.4	<i>Mão de obra .....</i>	50
2.5.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	51
2.5.1.6	<i>Operações de transporte .....</i>	52
2.5.1.7	<i>Critérios de medição.....</i>	52
2.5.2	Pedra de mão produzida manualmente.....	52
2.5.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	52
2.5.2.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	52
2.5.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	52
2.5.2.4	<i>Mão de obra .....</i>	52
2.5.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	52
2.5.2.6	<i>Operações de transporte .....</i>	52
2.5.2.7	<i>Critérios de medição.....</i>	53
2.5.3	Rachão ou pedra de mão produzida .....	53
2.5.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	53
2.5.3.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	53
2.5.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	53
2.5.3.4	<i>Mão de obra .....</i>	54
2.5.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	54
2.5.3.6	<i>Operações de transporte .....</i>	55
2.5.3.7	<i>Critérios de medição.....</i>	55
2.5.4	Material pétreo produzido em britador de mandíbulas móvel - camada final de aterro em rocha.....	55



2.5.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	55
2.5.4.2	<i>Metodologia executiva</i>	55
2.5.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	56
2.5.4.4	<i>Mão de obra</i>	56
2.5.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	56
2.5.4.6	<i>Operações de transporte</i>	57
2.5.4.7	<i>Critérios de medição</i>	57
<b>2.6</b>	<b><i>Tunnel liner</i></b>	<b>58</b>
2.6.1	Escavação manual de <i>tunnel liner</i> em material de 1ª categoria	58
2.6.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	58
2.6.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	58
2.6.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	58
2.6.1.4	<i>Mão de obra</i>	59
2.6.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	59
2.6.1.6	<i>Operações de transporte</i>	59
2.6.1.7	<i>Critérios de medição</i>	59
2.6.2	Escavação manual de <i>tunnel liner</i> em material de 2ª categoria	59
2.6.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	59
2.6.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	59
2.6.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	60
2.6.2.4	<i>Mão de obra</i>	60
2.6.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	60
2.6.2.6	<i>Operações de transporte</i>	61
2.6.2.7	<i>Critérios de medição</i>	61
2.6.3	Escavação de <i>tunnel liner</i> em material de 3ª categoria	61
2.6.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	61
2.6.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	61
2.6.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	61
2.6.3.4	<i>Mão de obra</i>	62
2.6.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	62
2.6.3.6	<i>Operações de transporte</i>	65
2.6.3.7	<i>Critérios de medição</i>	65
2.6.4	Iluminação provisória para <i>tunnel liner</i>	65
2.6.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	66
2.6.4.2	<i>Metodologia executiva</i>	66



2.6.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	66
2.6.4.4	<i>Mão de obra</i>	66
2.6.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	66
2.6.4.6	<i>Operações de transporte</i>	66
2.6.4.7	<i>Critérios de medição</i>	66
2.6.5	<i>Ventilação provisória para tunnel liner</i>	67
2.6.5.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	67
2.6.5.2	<i>Metodologia executiva</i>	67
2.6.5.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	67
2.6.5.4	<i>Mão de obra</i>	67
2.6.5.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	67
2.6.5.6	<i>Operações de transporte</i>	67
2.6.5.7	<i>Critérios de medição</i>	67
<b>2.7</b>	<b>Estruturas metálicas</b>	<b>68</b>
2.7.1	<i>Calandragem de chapas metálicas</i>	68
2.7.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	68
2.7.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	68
2.7.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	68
2.7.1.4	<i>Mão de obra</i>	68
2.7.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	69
2.7.1.6	<i>Operações de transporte</i>	69
2.7.1.7	<i>Critérios de medição</i>	69
2.7.2	<i>Dobramento de chapas de alumínio com espessura de 1,5 mm e comprimento de dobra de até 500 mm</i>	69
2.7.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	69
2.7.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	69
2.7.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	69
2.7.2.4	<i>Mão de obra</i>	69
2.7.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	70
2.7.2.6	<i>Operações de transporte</i>	70
2.7.2.7	<i>Critérios de medição</i>	70
2.7.3	<i>Fixação de parafuso em estrutura metálica</i>	70
2.7.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	70
2.7.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	70
2.7.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	70



2.7.3.4	<i>Mão de obra</i> .....	70
2.7.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	70
2.7.3.6	<i>Operações de transporte</i> .....	70
2.7.3.7	<i>Critérios de medição</i> .....	71
2.7.4	Rebordeamento de chapa metálica com espessura de 5 mm.....	71
2.7.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	71
2.7.4.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	71
2.7.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	71
2.7.4.4	<i>Mão de obra</i> .....	71
2.7.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	72
2.7.4.6	<i>Operações de transporte</i> .....	72
2.7.4.7	<i>Critérios de medição</i> .....	72
<b>2.8</b>	<b>Apiloamento e compactação manual</b> .....	<b>72</b>
2.8.1	Apiloamento manual .....	72
2.8.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	72
2.8.1.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	72
2.8.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	72
2.8.1.4	<i>Mão de obra</i> .....	72
2.8.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	72
2.8.1.6	<i>Operações de transporte</i> .....	72
2.8.1.7	<i>Critérios de medição</i> .....	73
2.8.2	Apiloamento manual de superfície com espessura de 15 cm.....	73
2.8.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	73
2.8.2.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	73
2.8.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	73
2.8.2.4	<i>Mão de obra</i> .....	73
2.8.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	73
2.8.2.6	<i>Operações de transporte</i> .....	73
2.8.2.7	<i>Critérios de medição</i> .....	73
2.8.3	Compactação manual com soquete vibratório.....	73
2.8.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	74
2.8.3.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	74
2.8.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	74
2.8.3.4	<i>Mão de obra</i> .....	74
2.8.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	74



2.8.3.6	<i>Operações de transporte</i> .....	74
2.8.3.7	<i>Critérios de medição</i> .....	75
2.8.4	Selo de argila apilado .....	75
2.8.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	75
2.8.4.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	75
2.8.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	76
2.8.4.4	<i>Mão de obra</i> .....	76
2.8.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	76
2.8.4.6	<i>Operações de transporte</i> .....	76
2.8.4.7	<i>Critérios de medição</i> .....	76
2.8.5	Reaterro e compactação com soquete vibratório .....	76
2.8.5.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	76
2.8.5.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	76
2.8.5.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	77
2.8.5.4	<i>Mão de obra</i> .....	77
2.8.5.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	77
2.8.5.6	<i>Operações de transporte</i> .....	77
2.8.5.7	<i>Critérios de medição</i> .....	77
<b>2.9</b>	<b>Limpeza manual</b> .....	<b>77</b>
2.9.1	Limpeza manual do terreno .....	77
2.9.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	78
2.9.1.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	78
2.9.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	78
2.9.1.4	<i>Mão de obra</i> .....	78
2.9.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	78
2.9.1.6	<i>Operações de transporte</i> .....	78
2.9.1.7	<i>Critérios de medição</i> .....	78
<b>2.10</b>	<b>Atividades de mergulho</b> .....	<b>79</b>
2.10.1	Recarga de cilindro com ar respirável para atividades de mergulho .	79
2.10.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	79
2.10.1.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	79
2.10.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	79
2.10.1.4	<i>Mão de obra</i> .....	80
2.10.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	80
2.10.1.6	<i>Operações de transporte</i> .....	80





2.10.1.7 Critérios de medição.....	81
2.10.2 Operação de mergulho autônomo .....	81
2.10.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos .....	81
2.10.2.2 Metodologia executiva .....	81
2.10.2.3 Produção horária e equipe mecânica .....	81
2.10.2.4 Mão de obra .....	82
2.10.2.5 Materiais e atividades auxiliares.....	82
2.10.2.6 Operações de transporte .....	83
2.10.2.7 Critérios de medição.....	83
2.10.3 Operação de mergulho dependente .....	83
2.10.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos .....	83
2.10.3.2 Metodologia executiva .....	83
2.10.3.3 Produção horária e equipe mecânica .....	84
2.10.3.4 Mão de obra .....	85
2.10.3.5 Materiais e atividades auxiliares.....	85
2.10.3.6 Operações de transporte .....	86
2.10.3.7 Critérios de medição.....	86
<b>APÊNDICE A - RELAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS POR SUBGRUPO - SERVIÇOS AUXILIARES .....</b>	<b>87</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O presente caderno técnico compreende as diretrizes metodológicas utilizadas na elaboração das composições de custos associadas ao grupo de serviços auxiliares, 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 custos integrantes do SICRO, serviços auxiliares consistem em atividades genéricas executadas preliminarmente às operações principais ou de forma secundária simultânea, compreendendo a confecção de dispositivos, a extração de materiais, a produção de agregados e tarefas acessórias.

### 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 a 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 auxiliares são utilizados os seguintes fatores de correção:

a) fator de eficiência

Os fatores de eficiência adotados para os serviços auxiliares correspondem a:

- draga de sucção para extração de areia com tubo de descarga:  $F_e = 0,60$ ;
- demais equipamentos:  $F_e = 0,83$ .

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:

- materiais de 1ª categoria:  $F_{cv} = 1,0 / 1,25 = 0,80$ ;
- materiais de 2ª categoria:  $F_{cv} = 1,0 / 1,39 = 0,72$ ;
- materiais de 3ª categoria:  $F_{cv} = 1,0 / 1,75 = 0,57$ ;
- solos moles:  $F_{cv} = 1,0 / 1,25 = 0,80$ .

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:  $F_{ca} = 0,90$ ;
- solos moles:  $F_{ca} = 0,80$ .



Para as escavadeiras hidráulicas:

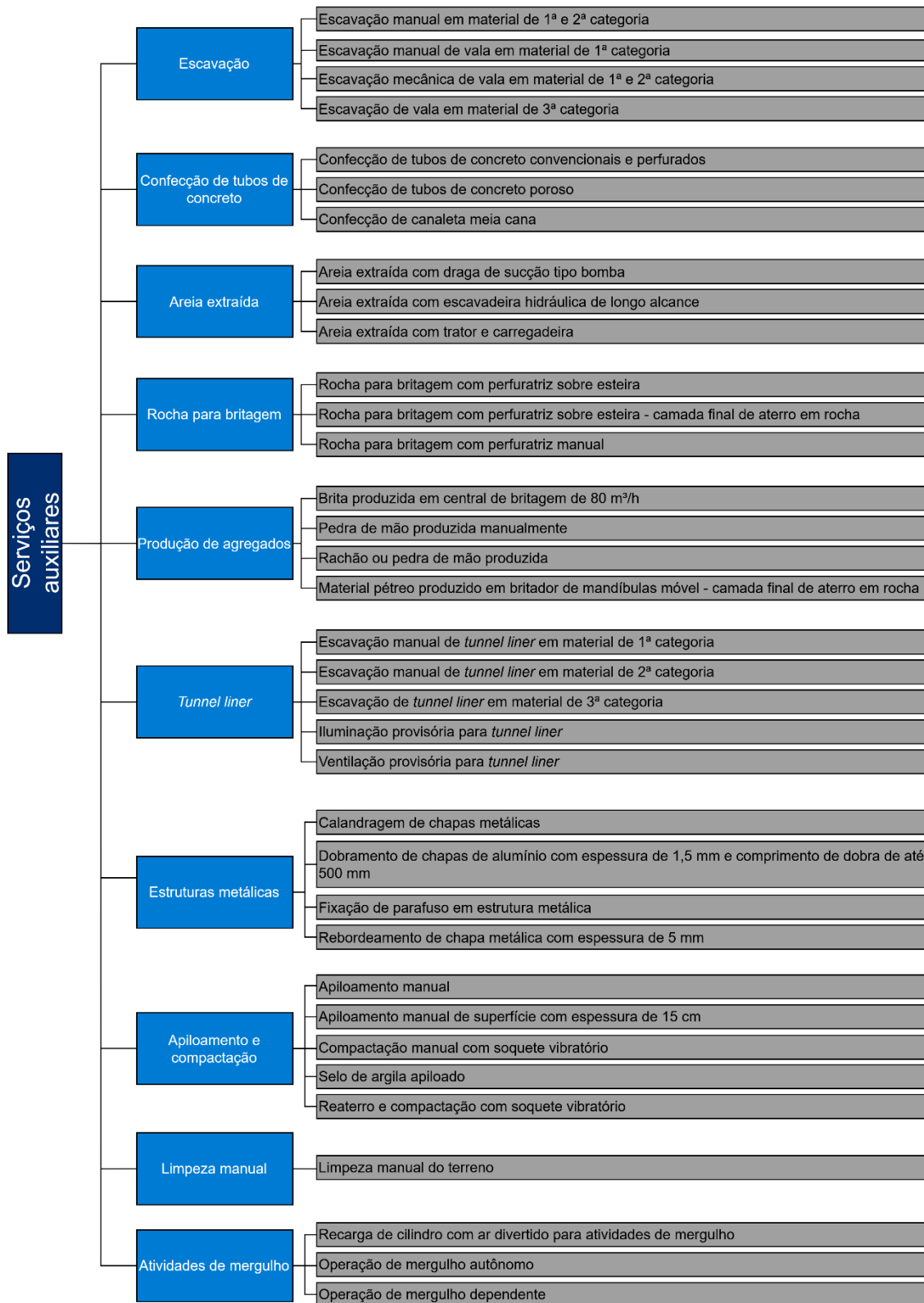
- materiais de 1ª categoria:  $F_{ca} = 1,00$ ;
- materiais de 2ª categoria:  $F_{ca} = 0,80$ ;
- materiais de 3ª categoria:  $F_{ca} = 0,70$ ;
- solos moles:  $F_{ca} = 0,80$ .



## 2 SERVIÇOS

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

**Figura 1 - Atividades integrantes do grupo de serviços auxiliares**



Fonte: FGV IBRE



## 2.1 Escavação

### 2.1.1 Escavação manual em material de 1ª e 2ª categoria

O serviço consiste na execução de escavação manual em material de 1ª ou 2ª categoria.

#### 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 da seguinte etapa:

- escavação manual.

#### 2.1.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra. As produtividades foram estabelecidas por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 1.

**Tabela 1 - Produções horárias do serviço de escavação manual em material de 1ª e 2ª categoria**

Código SICRO	Descrição	Produção de equipe (m³/h)
4805750	Escavação manual em material de 1ª categoria na profundidade de até 1 m	0,50000
4805751	Escavação manual em material de 1ª categoria na profundidade de 1 a 2 m	0,40000
4805752	Escavação manual em material de 1ª categoria na profundidade de 2 a 3 m	0,33333
4805753	Escavação manual em material de 1ª categoria na profundidade de 3 a 4 m	0,28571
4805760	Escavação manual em material de 2ª categoria na profundidade de até 1 m	0,35294
4805767	Escavação manual em material de 2ª categoria na profundidade de 1 a 2 m	0,28571
4805769	Escavação manual em material de 2ª categoria na profundidade de 2 a 3 m	0,24000
4805770	Escavação manual em material de 2ª categoria na profundidade de 3 a 4 m	0,20690

#### 2.1.1.4 Mão de obra

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 1 servente para escavar o solo.



#### 2.1.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.

#### 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 manual em materiais de 1ª e 2ª categoria deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*), de acordo com a classificação quanto à dificuldade de extração.

### 2.1.2 Escavação manual de vala em material de 1ª categoria

O serviço consiste na execução de escavação manual de vala em material de 1ª categoria.

#### 2.1.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 015/2006: *Drenagem - Drenos subterrâneos*;
- ABNT NBR 17015/2023: *Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis*.

#### 2.1.2.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução da seguinte etapa:

- escavação manual.

#### 2.1.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 0,30000 m³/h.

#### 2.1.2.4 Mão de obra

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 1 servente para escavar a vala.



#### 2.1.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.

#### 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 manual de vala em material de 1ª categoria deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

#### 2.1.3 Escavação mecânica de vala em material de 1ª e 2ª categoria

O serviço consiste na execução de escavação de vala em material de 1ª e 2ª categoria por meio de retroescavadeira de pneus.

##### 2.1.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 106/2009: *Terraplenagem - Cortes*;
- ABNT NBR 17015/2023: *Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis*.

##### 2.1.3.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução da seguinte etapa:

- escavação mecânica da vala por meio da retroescavadeira de pneus.

##### 2.1.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida exclusivamente pelo equipamento retroescavadeira de pneus, incorrendo em sua liderança de equipe e a consequente atribuição da produção horária do serviço.

A produtividade 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<sub>ap</sub> representa a capacidade, em metros cúbicos;

F<sub>ca</sub> representa o fator de carga;

F<sub>cv</sub> representa o fator de conversão;

F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;

T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

#### 2.1.3.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a escavação.

#### 2.1.3.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.

#### 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 mecânica de vala em materiais de 1ª e 2ª categoria deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*), de acordo com a classificação quanto à dificuldade de extração.

#### 2.1.4 Escavação de vala em material de 3ª categoria

O serviço consiste na execução de escavação de vala em material de 3ª categoria por meio de explosivos.

##### 2.1.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 106/2009: *Terraplenagem - Cortes*;
- DNIT ES 015/2006: *Drenagem - Drenos subterrâneos*;
- ANM NRM 16/2002: *Operações com explosivos e acessórios*;
- NR 16/2024: *Atividades e operações perigosas*;
- ABNT NBR 17015/2023: *Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis*.



#### 2.1.4.2 Metodologia executiva

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

- execução de furos na superfície das rochas por meio do martelete perfurador;
- montagem manual do circuito de detonação;
- detonação da rocha;
- remoção da rocha fragmentada.

#### 2.1.4.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida de forma conjunta pelos seguintes equipamentos:

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

A produtividade do martelete 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, 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.

#### 2.1.4.4 Mão de obra

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

- 1 *blaster* para a montagem do circuito de detonação;
- 1 servente para a montagem do circuito de detonação.



#### 2.1.4.5 Materiais e atividades auxiliares

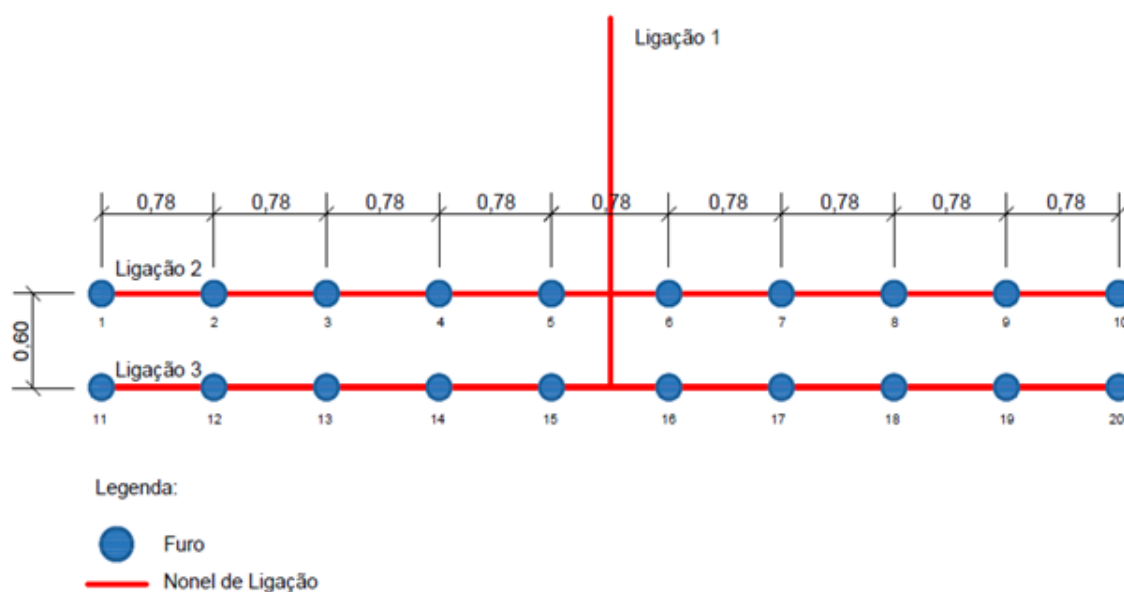
Os parâmetros referenciais adotados foram estabelecidos por meio de referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 2.

**Tabela 2 - Parâmetros do plano de fogo adotados - escavação de vala em material de 3ª categoria**

Parâmetros	Variáveis e expressões de cálculo	Valor
Número de furos	$N_f$	20 un
Diâmetro do furo	$\phi$	38 mm
Afastamento	$A_f$	0,60 m
Espaçamento	$E$	0,78 m
Altura da bancada	$H$	1,50 m
Subfuração	$S_f = 0,3 \times A_f$	0,40 m
Comprimento da furação	$C_f = H + S_f$	1,90 m
Volume produzido por furo	$V_f = A_f \times E \times H$	0,70200 m <sup>3</sup>
Volume de rocha a detonar	$V_t = V_f \times N_f$	14,04000 m <sup>3</sup>
Tampão	$T = 0,70 \times A_f \text{ a } 1,00 \times A_f$	0,42 a 0,60 m = 0,51 m
Altura de carga de fundo	$H_f = 1,30 \times A_f$	0,80 m
Altura de carga de coluna	$H_c = (H + S_f) - T - H_f$	0,59 m
Razão de carga linear do fundo	$L_f = \phi^2 / 1.000$	1,444 kg/m
Razão de carga linear de coluna	$L_c = 45\% \times L_f$	0,650 kg/m
Carga total por furo	$Q_f = (L_f \times H_f) + (L_c \times H_c)$	1,539 kg

O croqui constante da figura 2 apresenta o plano de fogo adotado como referência para escavação de vala em material de 3ª categoria.

**Figura 2 - Plano de fogo - escavação de vala em material de 3ª categoria**



Fonte: FGV IBRE



## a) emulsão explosiva encartuchada

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

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

$$Q = \frac{Q_f}{V_f}$$

onde:

Q representa o consumo de emulsão explosiva, em quilogramas por metro cúbico;

$Q_f$  representa a carga total por furo, em quilogramas;

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

A tabela 3 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 3 - Consumo de emulsão explosiva - escavação de vala em material de 3ª categoria**

Carga total por furo (kg)	Volume produzido (m³)	Consumo (kg/m³)
1,539	0,70200	2,19231

## b) nonel de coluna - C = 6,0 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 o número de furos, em unidades;

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

A tabela 4 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 4 - Consumo de nonel de coluna - escavação de vala em material de 3ª categoria**

Número de furos (un)	Volume e rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
20	14,04000	1,42450



c) 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:

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

onde:

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

$N_l$  representa o número de nonéis de ligação, em unidades;

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

A tabela 5 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 5 - Consumo de nonel de ligação - escavação de vala em material de 3ª categoria**

Número de nonéis (un)	Volume e rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
3	14,04000	0,21368

d) nonel iniciador - C = 150,0 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:

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

onde:

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

$N_i$  representa o número de nonel iniciador, em unidades;

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

A tabela 6 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 6 - Consumo de nonel iniciador - escavação de vala em material de 3ª categoria**

Número de nonéis (un)	Volume de rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
1	14,04000	0,07123



e) série de brocas integrais S12

Consiste em insumo acoplado ao marteleto para realizar os furos na rocha.

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

$$Q = \frac{N_f \times (H + S_f)}{V_{mb} \times V_t}$$

onde:

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

$N_f$  representa o número de furos, em unidades;

H representa a altura da bancada, em metros;

$S_f$  representa a subfuração, em metros;

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

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

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;

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

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

A tabela 7 apresenta os parâmetros referenciais adotados no cálculo da vida útil média da broca.

**Tabela 7 - Vida útil média da broca - escavação de vala em material de 3ª categoria**

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

A tabela 8 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 8 - Consumo de série de brocas - escavação de vala em material de 3ª categoria**

Número de furos (un)	Altura de bancada (m)	Subfuração (m)	Vida útil média da broca (m)	Volume de rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
20	1,50	0,40	195,00	14,04000	0,01388

#### 2.1.4.6 Operações de transporte

A tabela 9 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 9 - Serviços empregados nas operações de transporte - escavação de vala em material de 3ª categoria**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M3513	Material de 3ª categoria	2,63000 t/m³	5914657	Carga, manobra e descarga de blocos de rocha em caminhão basculante de 8 m³ - carga com retroescavadeira de 0,29 m³ e descarga livre
			5914346	Transporte de material de 3ª categoria com caminhão basculante de 8 m³ para rocha - rodovia em leito natural
			5914347	Transporte de material de 3ª categoria com caminhão basculante de 8 m³ para rocha - rodovia em revestimento primário
			5914348	Transporte de material de 3ª categoria com caminhão basculante de 8 m³ para rocha - rodovia pavimentada

#### 2.1.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de escavação de vala em material de 3ª categoria deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

## 2.2 Confeção de tubos de concreto

### 2.2.1 Confeção de tubos de concreto convencionais e perfurados

O serviço consiste na confeção de tubos de concreto convencionais ou perfurados.

#### 2.2.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- ABNT NBR 8890/2020: *Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário - Requisitos e métodos de ensaios*;
- IPR 724/2006: *Manual de drenagem de rodovias - 2ª edição*.



### 2.2.1.2 Metodologia executiva

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

- montagem manual das fôrmas do conjunto vibratório;
- confecção do concreto por meio de betoneira;
- lançamento do concreto nas fôrmas metálicas por meio de gericá;
- adensamento do concreto por meio do conjunto vibratório;
- transporte dos tubos até o local de cura e estocagem por meio de transportador manual;
- retirada manual das fôrmas.

### 2.2.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- conjunto vibratório para tubos de concreto com encaixe PB: líder de equipe;
- grupo gerador;
- transportador manual de tubos de concreto.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 2,00 m/h.

É atribuída a utilização operativa de 0,80 para o conjunto vibratório.

A tabela 10 apresenta os parâmetros referenciais adotados para utilização do transportador manual de tubos.

**Tabela 10 - Quantidades adotadas na determinação do consumo do transportador manual no serviço de confecção de tubos de concreto**

Equipamento	Quantidade (h/h)			
	D = 0,20	D = 0,30	D = 0,40	D = 0,50
Transportador manual de tubos de concreto	0,40000	0,60000	0,80000	1,00000

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

### 2.2.1.4 Mão de obra

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

- 1 servente para a montagem e retirada da fôrma e para o transporte do tubo.





A tabela 11 apresenta os parâmetros referenciais adotados.

**Tabela 11 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra na confecção de tubos de concreto convencionais e perfurados**

Descrição	Servente (h/h)
Confecção de tubos de concreto D = 0,20 m	0,80000
Confecção de tubos de concreto D = 0,30 m	1,20000
Confecção de tubos de concreto D = 0,40 m	1,60000
Confecção de tubos de concreto D = 0,50 m	2,00000
Confecção de tubos de concreto perfurado D = 0,20 m	0,90000
Confecção de tubos de concreto perfurado D = 0,30 m	1,30000
Confecção de tubos de concreto perfurado D = 0,40 m	1,70000

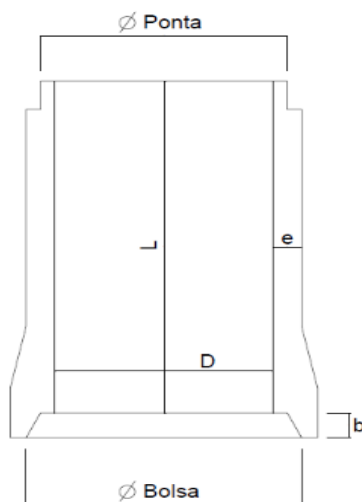
### 2.2.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) concreto fck = 20 MPa - confecção em betoneira e lançamento manual

Consiste na confecção e lançamento de concreto utilizado para produção dos tubos.

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos do croqui apresentado na figura 3.

**Figura 3 - Tubo com encaixe Ponta e Bolsa - PB**



Fonte: FGV IBRE

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

$$Q = \left[ \pi \times (1 - b) \times \left( \frac{(D + 2 \times e)^2 - D^2}{4} \right) + \pi \times (b + e) \times \frac{(D + 4 \times e)^2 - (D + 2 \times e)^2}{4} \right] \times \frac{1}{C}$$



onde:

Q representa o consumo, em metros cúbicos por metro;  
 b representa a espessura da bolsa, em metros;  
 D representa o diâmetro interno do tubo, em metros;  
 e representa a espessura da parede do tubo, em metros;  
 C representa o comprimento referencial, em metros.

A tabela 12 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos das atividades.

**Tabela 12 - Consumo de concreto - confecção de tubos de concreto convencionais e perfurados**

Diâmetro (m)	Espessura da parede (m)	Espessura da bolsa (m)	Comprimento referencial (m)	Consumo de concreto (m³/m)
0,20	0,030	0,050	1,00	0,02278
0,30	0,030	0,060	1,00	0,03254
0,40	0,040	0,065	1,00	0,05856
0,50	0,050	0,070	1,00	0,09260

#### 2.2.1.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.2.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de confecção de tubos de concreto deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente produzido.

#### 2.2.2 Confecção de tubos de concreto poroso

O serviço consiste na confecção de tubos de concreto poroso.

##### 2.2.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- ABNT NBR 8890/2020: *Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário - Requisitos e métodos de ensaios*;
- IPR 724/2006: *Manual de drenagem de rodovias - 2ª edição*.

##### 2.2.2.2 Metodologia executiva

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

- montagem manual das fôrmas do conjunto vibratório;



- confecção do concreto por meio de betoneira;
- lançamento do concreto nas fôrmas metálicas por meio de gericá;
- adensamento do concreto por meio do conjunto vibratório;
- transporte do tubo até o local de cura e estocagem por meio de transportador manual;
- retirada manual das fôrmas.

#### 2.2.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- conjunto vibratório para tubos de concreto com encaixe PB: líder de equipe;
- grupo gerador;
- transportador manual de tubos de concreto.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 2,00 m/h.

É atribuída a utilização operativa de 0,80 para o conjunto vibratório.

A tabela 13 apresenta os parâmetros referenciais adotados para utilização do transportador manual de tubos.

**Tabela 13 - Quantidades adotadas na determinação do consumo do transportador manual no serviço de confecção de tubos de concreto poroso**

Equipamento	Quantidade (h/h)		
	D = 0,20	D = 0,30	D = 0,40
Transportador manual de tubos de concreto	0,40000	0,60000	0,80000

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

#### 2.2.2.4 Mão de obra

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

- 1 servente para a montagem e retirada da fôrma e para o transporte do tubo.

A tabela 14 apresenta os parâmetros referenciais adotados.



**Tabela 14 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra na confecção de tubos de concreto poroso**

Descrição	Servente (h/h)
Confecção de tubos de concreto poroso D = 0,20 m	0,90000
Confecção de tubos de concreto poroso D = 0,30 m	1,30000
Confecção de tubos de concreto poroso D = 0,40 m	1,70000

#### 2.2.2.5 Materiais e atividades auxiliares

- a) concreto poroso para tubos de drenagem fck = 25 MPa - confecção em betoneira e lançamento manual

Consiste na confecção e lançamento de concreto poroso utilizado para produção dos tubos de concreto.

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

$$Q = \left[ \pi \times (1 - b) \times \left( \frac{(D + 2 \times e)^2 - D^2}{4} \right) + \pi \times (b + e) \times \frac{(D + 4 \times e)^2 - (D + 2 \times e)^2}{4} \right] \times \frac{1}{C}$$

onde:

Q representa o consumo, em metros cúbicos por metro;

b representa a espessura da bolsa, em metros;

D representa o diâmetro interno do tubo, em metros;

e representa a espessura da parede do tubo, em metros;

C representa o comprimento referencial, em metros.

A tabela 15 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos das atividades.

**Tabela 15 - Dimensões dos tubos de concreto poroso**

Diâmetro (m)	Espessura da parede (m)	Espessura da bolsa (m)	Comprimento referencial (m)	Consumo de concreto (m³/m)
0,20	0,03	0,050	1,00	0,02278
0,30	0,03	0,060	1,00	0,03254
0,40	0,04	0,065	1,00	0,05856

#### 2.2.2.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.2.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de confecção de tubos de concreto poroso deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente produzido.



### 2.2.3 Confeção de canaleta meia cana

O serviço consiste na confecção de canaleta meia cana de concreto.

#### 2.2.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- ABNT NBR 8890/2020: *Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário - Requisitos e métodos de ensaios*;
- IPR 724/2006: *Manual de drenagem de rodovias - 2ª edição*.

#### 2.2.3.2 Metodologia executiva

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

- montagem manual das fôrmas do conjunto vibratório;
- confecção do concreto por meio de betoneira;
- lançamento do concreto nas fôrmas metálicas por meio de gericá;
- adensamento do concreto por meio do conjunto vibratório;
- transporte do tubo até o local de cura e estocagem por meio de carro manual;
- retirada manual das fôrmas.

#### 2.2.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- conjunto vibratório para tubos de concreto com encaixe PB: líder de equipe;
- carro manual modelo plataforma;
- grupo gerador.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 2,00 m/h.

É atribuída a utilização operativa de 0,80 para o conjunto vibratório.

A tabela 16 apresenta os parâmetros referenciais adotados para utilização do carro manual.

**Tabela 16 - Quantidades adotadas na determinação do consumo do carro manual modelo plataforma no serviço de confecção canaleta meia cana**

Equipamento	Quantidade (h/h)	
	D = 0,30 m	D = 0,40 m
Transportador manual de tubos de concreto	0,45000	0,60000



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

#### 2.2.3.4 Mão de obra

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

- 1 pedreiro para montar a fôrma;
- 1 servente para retirar a fôrma e transportar a canaleta.

A tabela 17 apresenta os parâmetros referenciais adotados.

**Tabela 17 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra na confecção de canaletas meia cana**

Serviço	Pedreiro (h/h)	Servente (h/h)
Confecção de canaleta meia cana D = 0,30 m	0,18000	0,90000
Confecção de canaleta meia cana D = 0,40 m	0,26000	1,20000

#### 2.2.3.5 Materiais e atividades auxiliares

a) concreto fck = 20 MPa - confecção em betoneira e lançamento manual

Consiste na confecção e lançamento de concreto estrutural fck = 20 MPa utilizado para produção das canaletas.

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

$$Q = \frac{\left[ \pi \times (1 - b) \times \left( \frac{(D + 2 \times e)^2 - D^2}{4} \right) + \pi \times (b + e) \times \frac{(D + 4 \times e)^2 - (D + 2 \times e)^2}{4} \right]}{2 \times C}$$

onde:

Q representa o consumo, em metros cúbicos por metro;

b representa a espessura da bolsa, em metros;

D representa o diâmetro interno do tubo, em metros;

e representa a espessura da parede do tubo, em metros;

C representa o comprimento referencial, em metros.

A tabela 18 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos das atividades.

**Tabela 18 - Consumos de concreto no serviço de confecção de canaleta meia cana**

Diâmetro (m)	Espessura da parede (m)	Espessura da bolsa (m)	Comprimento referencial (m)	Consumo de concreto (m³/m)
0,30	0,03	0,060	1,00	0,01627
0,40	0,04	0,065	1,00	0,02928



### 2.2.3.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

### 2.2.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de confecção de canaleta meia cana deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente produzido.

## 2.3 Areia extraída

### 2.3.1 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba

O serviço consiste na extração de areia do leito de cursos d'água por meio de draga de sucção tipo bomba.

#### 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:

- posicionamento da draga no leito do rio;
- montagem manual da tubulação;
- sucção da areia por meio da draga;
- deposição da areia extraída em montes por meio da carregadeira de pneus.

#### 2.3.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- draga de sucção: líder de equipe;
- carregadeira de pneus.

a) draga de sucção para extração de areia com tubo de descarga

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

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

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

C<sub>ap</sub> representa a capacidade, em metros cúbicos;

F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;

T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.



b) carregadeira de pneus

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

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

onde:

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

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

$F_{ca}$  representa o fator de carga;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

#### 2.3.1.4 Mão de obra

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

- 4 serventes para montar a tubulação.

#### 2.3.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) tubo PEAD PE 100 PN 10 com flanges - D = 160 mm

Consiste em insumo fabricado em polietileno de alta densidade – PEAD, com pressão nominal igual a 10 bar e diâmetro de 160 mm, utilizado para transportar a areia extraída até o local de deposição.

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

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

onde:

Q representa o consumo, em metros por metro cúbico;

C representa o comprimento da tubulação de recalque, em metros;

$V_u$  representa a vida útil, em metros cúbicos.

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

**Tabela 19 - Consumo de tubo PEAD - areia extraída com draga de sucção tipo bomba**

Comprimento da tubulação (m)	Vida útil (m³)	Consumo (m/m³)
150,00	2.500.000,00	0,00006





### 2.3.1.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

### 2.3.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de areia extraída com draga de sucção deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido.

### 2.3.2 Areia extraída com escavadeira hidráulica de longo alcance

O serviço consiste na extração de areia por meio de escavadeira hidráulica de longo alcance.

A operação é realizada em cava e a céu aberto ou quando o depósito se situa acima do nível do lençol freático.

#### 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:

- extração da areia por meio da escavadeira hidráulica;
- deposição da areia extraída em montes por meio da carregadeira de pneus.

#### 2.3.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- escavadeira hidráulica de longo alcance sobre esteiras: líder de equipe;
- carregadeira de pneus.

a) escavadeira hidráulica de longo alcance sobre esteiras

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

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

onde:

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

C<sub>ap</sub> representa a capacidade, em metros cúbicos;

F<sub>ca</sub> representa o fator de carga;

F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;

T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.



b) carregadeira de pneus

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

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

onde:

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

C<sub>ap</sub> representa a capacidade, em metros cúbicos;

F<sub>ca</sub> representa o fator de carga;

F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;

T<sub>c</sub> representa o tempo de ciclo, em minutos.

#### 2.3.2.4 Mão de obra

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

- 4 serventes para auxiliar na extração da areia.

#### 2.3.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.

#### 2.3.2.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.3.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de areia extraída com escavadeira hidráulica de longo alcance deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido.

#### 2.3.3 Areia extraída com trator e carregadeira

O serviço consiste na extração de areia por meio de trator sobre esteiras com lâmina.

A operação é realizada em cava e a céu aberto ou quando o depósito se situa acima do nível do lençol freático.

#### 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 da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- extração da areia por meio do trator sobre esteiras;
- deposição da areia extraída em montes por meio da carregadeira de pneus.

### 2.3.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- trator sobre esteiras com lâmina: líder de equipe;
- carregadeira de pneus.

#### a) trator sobre esteiras com lâmina

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

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

onde:

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

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

$F_{ca}$  representa o fator de carga;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$T_c$  representa o tempo de ciclo, em minutos.

#### b) carregadeira de pneus

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

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

onde:

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

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

$F_{ca}$  representa o fator de carga;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$T_c$  representa o tempo de ciclo, em minutos.



#### 2.3.3.4 *Mão de obra*

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

- 4 serventes para auxiliar na extração da areia.

#### 2.3.3.5 *Materiais e atividades auxiliares*

Não se aplica a este serviço.

#### 2.3.3.6 *Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.

#### 2.3.3.7 *Critérios de medição*

A medição do serviço de areia extraída com trator e carregadeira deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido.

### 2.4 **Rocha para britagem**

#### 2.4.1 Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira

O serviço consiste na exploração mecanizada de pedreiras, para fins de produção de rocha para britagem, por meio da perfuratriz sobre esteiras e explosivos.

##### 2.4.1.1 *Dispositivos legais e técnico-normativos*

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- ANM NRM 16/2002: *Operações com explosivos e acessórios*;
- NR 16/2024: *Atividades e operações perigosas*.

##### 2.4.1.2 *Metodologia executiva*

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

- execução de furos nas rochas por meio da perfuratriz sobre esteiras;
- montagem manual do circuito de detonação;
- detonação da rocha;
- execução de furos nas rochas detonadas que possuem tamanhos indesejáveis por meio do martelo perfurador;
- montagem manual do circuito de detonação para o desmonte secundário;
- detonação secundária (fogacho);



- movimentação do volume de rocha detonada por meio do trator sobre esteiras;
- carga da rocha em caminhão basculante por meio da carregadeira de pneus;
- transporte do material por meio do caminhão basculante até a central de britagem.

#### 2.4.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- perfuratriz sobre esteiras: líder de equipe;
- caminhão basculante para rocha;
- carregadeira de pneus para rocha;
- compressor de ar;
- martelete perfurador a ar comprimido;
- trator sobre esteiras com lâmina.

##### 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 profundidade, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

##### b) 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 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, 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 de ciclo, em minutos.

d) trator sobre esteiras com lâmina

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 trator, 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 de ciclo, em minutos.

O marteleiro perfurador e o compressor de ar operam em conjunto, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

#### 2.4.1.4 Mão de obra

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

- 1 *blaster* para a montagem do circuito de detonação;
- 2 auxiliares de *blaster* para auxiliar a montagem do circuito de detonação.



#### 2.4.1.5 Materiais e atividades auxiliares

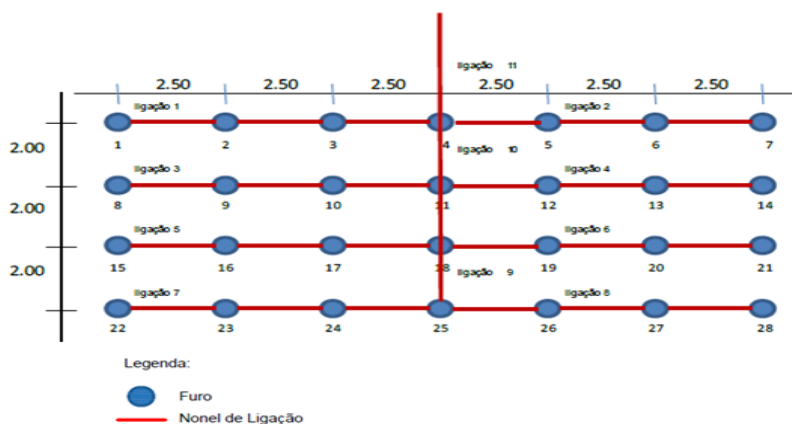
Os parâmetros referenciais adotados foram estabelecidos por meio de referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 20.

**Tabela 20 - Parâmetros do plano de fogo adotados - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira**

Parâmetros	Variáveis e expressões de cálculo	Valor
Número de furos	$N_f$	28 un
Diâmetro do furo	$\phi$	64 mm
Afastamento	$A_f$	2,00 m
Espaçamento	$E$	2,50 m
Altura da bancada	$H$	10,00 m
Subfuração	$S_f = 0,3 \times A_f$	0,60 m
Comprimento da furação	$C_f = H + S_f$	10,60 m
Volume produzido por furo	$V_f = A_f \times E \times H$	50,00 m <sup>3</sup>
Volume de rocha a detonar	$V_t = V_f \times N_f$	1.400,00 m <sup>3</sup>
Volume de fogacho	$V_a = 0,05 \times V_t$	70,00 m <sup>3</sup>
Tampão	$T = 0,70 \times A_f \text{ a } 1,00 \times A_f$	1,40 a 2,00 m = 1,70 m
Altura de carga de fundo	$H_f = 1,30 \times A_f$	2,60 m
Altura de carga de coluna	$H_c = (H + S_f) - T - H_f$	6,30 m
Razão de carga linear do fundo	$L_f = \phi^2 / 1.000$	4,096 kg/m
Razão de carga linear de coluna	$L_c = 45\% \times L_f$	1,638 kg/m
Carga total por furo	$Q_f = (L_f \times H_f) + (L_c \times H_c)$	20,972 kg

O croqui constante da figura 4 apresenta o plano de fogo adotado como referência para obtenção de rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira.

**Figura 4 - Plano de fogo - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira**



Fonte: FGV IBRE



## a) emulsão explosiva encartuchada

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

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

$$Q = (1 + k) \times \frac{Q_f}{V_f}$$

onde:

Q representa o consumo de emulsão explosiva, em quilogramas por metro cúbico;

k representa o coeficiente de perda;

$Q_f$  representa a carga total por furo, em quilogramas;

$V_f$  representa o volume produzido no corte por furo, em metros cúbicos.

A tabela 21 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 21 - Consumo de emulsão explosiva - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira**

Coeficiente de perda (%)	Carga total por furo (kg)	Volume produzido (m³)	Consumo (kg/m³)
10,00	20,972	50,00	0,46138

## b) nonel iniciador - C = 150,0 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 22 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 22 - Consumo de nonel iniciador - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira**

Número de nonéis (un)	Volume de rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
1	1.400,00	0,00071





c) nonel de coluna com 12 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 o número de furos, em unidades;

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

A tabela 23 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 23 - Consumo de nonel de coluna - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira**

Número de furos (un)	Volume e rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
28	1.400,00	0,02000

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:

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

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 24 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 24 - Consumo de nonel de ligação - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira**

Número de nonéis (un)	Volume e rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
11	1.400,00	0,00786



e) nonel de iniciação para fogacho - C = 6,0 m

Consiste em sistema de iniciação não elétrico para fogacho utilizado na detonação secundária.

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

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

onde:

Q representa o consumo de nonel de iniciação para fogacho, em unidades por metro cúbico;

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

V<sub>a</sub> representa o volume de fogacho, em metros cúbicos.

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

**Tabela 25 - Consumo de nonel de iniciação para fogacho - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira**

Número de nonéis (un)	Volume de fogacho (m³)	Consumo (un/m³)
1	70,00	0,01429

f) série de brocas integrais S12

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<sub>P</sub> representa a razão de perfuração linear, em metros por metro cúbico;

V<sub>mb</sub> 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.

No que tange à razão de perfuração para fogachos, o valor deve se encontrar no intervalo entre 0,50000 e 0,80000 m/m³.



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 26 apresenta os parâmetros referenciais adotados no cálculo da vida útil média da broca.

**Tabela 26 - Vida útil média da broca - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira**

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 27 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 27 - Consumo de série de brocas - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira**

Razão de perfuração (m/m³)	Vida útil média da broca (m/un)	Consumo (un/m³)
0,65000	195,00	0,00333

#### g) 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 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 28 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 28 - Consumo dos equipamentos seccionados - rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira**

Equipamento seccionado para perfuratriz	Altura da bancada (m)	Subfuração (m)	Volume produzido por furo (m³)	Vida útil média (m/un)	Consumo (un/m³)
Coroa de botões esféricos linha T38	10,00	0,60	50,00	650,00	0,00033
Haste linha T38 para perfuratriz sobre esteiras	10,00	0,60	50,00	1.400,00	0,00015
Luva em aço linha T38 para perfuratriz sobre esteiras	10,00	0,60	50,00	900,00	0,00024
Punho linha T38 para perfuratriz sobre esteiras	10,00	0,60	50,00	1.750,00	0,00012

#### 2.4.1.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.4.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de rocha para britagem deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

#### 2.4.2 Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira - camada final de aterro em rocha

O serviço consiste na exploração mecanizada de pedreiras, para fins de produção de material pétreo para camada final de aterro em rocha, por meio da perfuratriz sobre esteiras e explosivos.

##### 2.4.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- ANM NRM 16/2002: *Operações com explosivos e acessórios*;
- NR 16/2024: *Atividades e operações perigosas*.



#### 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 na superfície das rochas por meio da perfuratriz sobre esteiras;
- montagem manual do circuito de detonação;
- detonação da rocha;
- execução de furos na superfície das rochas detonadas que possuem tamanhos indesejáveis por meio do martelete perfurador;
- montagem manual do circuito de detonação para o desmonte secundário;
- detonação secundária (fogacho);
- movimentação do volume de rocha detonada por meio do trator sobre esteiras.

#### 2.4.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- perfuratriz sobre esteiras: líder de equipe;
- compressor de ar;
- martelete perfurador a ar comprimido;
- trator sobre esteiras com lâmina.

##### 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<sub>f</sub> representa o afastamento, em metros;  
 E representa o espaçamento, em metros;  
 H representa a profundidade, em metros;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

##### b) trator sobre esteiras com lâmina

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 trator, 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 de ciclo, em minutos.

O martelo perfurador e o compressor de ar operam em conjunto, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

#### 2.4.2.4 Mão de obra

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

- 1 *blaster* para a montagem do circuito de detonação;
- 2 auxiliares de *blaster* para auxiliar a montagem do circuito de detonação.

#### 2.4.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram estabelecidos por meio de referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 29.

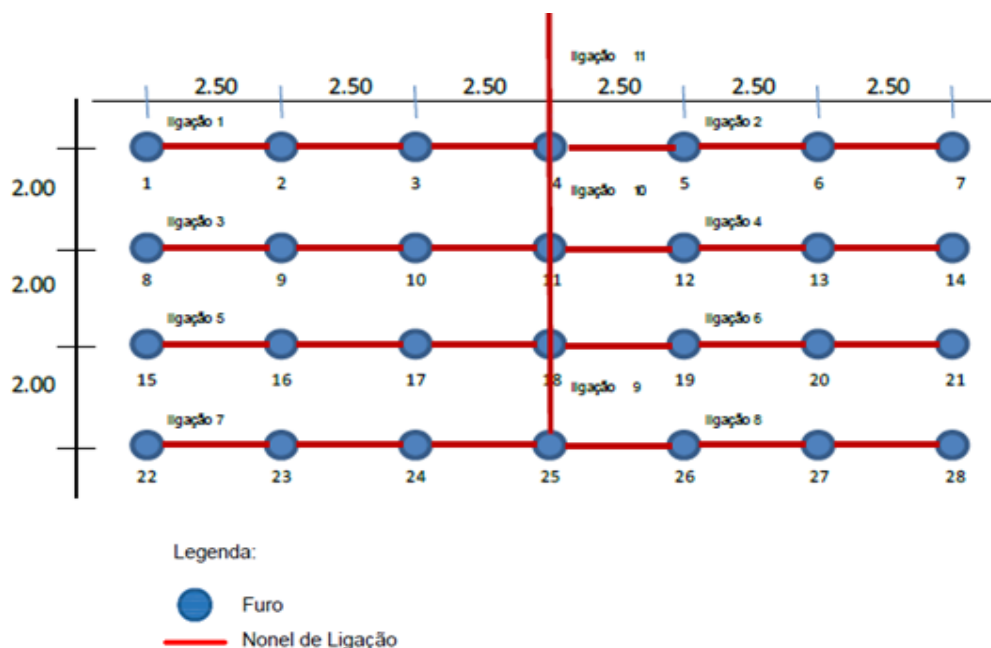
**Tabela 29 - Parâmetros do plano de fogo adotados - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha**

Parâmetros	Variáveis e expressões de cálculo	Valor
Número de furos	$N_f$	28 un
Diâmetro do furo	$\phi$	64 mm
Afastamento	$A_f$	2,00 m
Espaçamento	$E$	2,50 m
Altura da bancada	$H$	10,00 m
Subfuração	$S_f = 0,3 \times A_f$	0,60 m
Comprimento da furação	$C_f = H + S_f$	10,60 m
Volume produzido por furo	$V_f = A_f \times E \times H$	50,00 m <sup>3</sup>
Volume de rocha a detonar	$V_t = V_f \times N_f$	1.400,00 m <sup>3</sup>
Volume de fogacho	$V_a = 0,05 \times V_t$	70,00 m <sup>3</sup>
Tampão	$T = 0,70 \times A_f$ a $1,00 \times A_f$	1,40 a 2,00 m = 1,70 m
Altura de carga de fundo	$H_f = 1,30 \times A_f$	2,60 m
Altura de carga de coluna	$H_c = (H + S_f) - T - H_f$	6,30 m
Razão de carga linear do fundo	$L_f = \phi^2 / 1.000$	4,096 kg/m
Razão de carga linear de coluna	$L_c = 45\% \times L_f$	1,638 kg/m
Carga total por furo	$Q_f = (L_f \times H_f) + (L_c \times H_c)$	20,972 kg



O croqui constante da figura 5 apresenta o plano de fogo adotado como referência para obtenção de rocha para britagem para camada final de aterro.

**Figura 5 - Plano de fogo - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha**



Fonte: FGV IBRE

#### a) emulsão explosiva encartuchada

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

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

$$Q = (1 + k) \times \frac{Q_f}{V_f}$$

onde:

Q representa o consumo de emulsão explosiva, em quilogramas por metro cúbico;

k representa o coeficiente de perda;

$Q_f$  representa a carga total por furo, em quilogramas;

$V_f$  representa o volume produzido no corte por furo, em metros cúbicos.

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

**Tabela 30 - Consumo de emulsão explosiva - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha**

Coeficiente de perda (%)	Carga total por furo (kg)	Volume produzido (m³)	Consumo (kg/m³)
10,00	20,972	50,00	0,46138



b) nonel iniciador - C = 150,0 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 31 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 31 - Consumo de nonel iniciador - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha**

Número de nonéis (un)	Volume de rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
1	1.400,00	0,00071

c) nonel de coluna com 12 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 o número de furos, 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 de coluna - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha**

Número de furos (un)	Volume e rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
28	1.400,00	0,02000





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:

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

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<sub>t</sub> 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 ligação - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha**

Número de nonéis (un)	Volume e rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
11	1.400,00	0,00786

e) nonel de iniciação para fogacho - C = 6,0 m

Consiste em sistema de iniciação não elétrico para fogacho utilizado na detonação secundária.

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

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

onde:

Q representa o consumo de nonel de iniciação para fogacho, em unidades por metro cúbico;

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

V<sub>a</sub> representa o volume de fogacho, em metros cúbicos.

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

**Tabela 34 - Consumo de nonel de iniciação para fogacho - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha**

Número de nonéis (un)	Volume de fogacho (m³)	Consumo (un/m³)
1	70,00	0,01429



f) série de brocas integrais S12

Consiste em insumo acoplado ao marteleto 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.

No que tange à razão de perfuração para fogachos, o valor deve se encontrar no intervalo entre 0,50000 e 0,80000 m/m³.

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 - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha**

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 - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha**

Razão de perfuração (m/m³)	Vida útil média da broca (m/un)	Consumo (un/m³)
0,65000	195,00	0,00333

g) dimensionamento dos equipamentos seccionados

Consiste 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 altura da bancada, em metros;

S<sub>f</sub> representa a subfuração, em metros;

V<sub>u</sub> representa a vida útil média dos equipamentos seccionados, em metros por unidade;

V<sub>f</sub> 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 - rocha para britagem para camada final de aterro em rocha**

Equipamento seccionado para perfuratriz	Altura da bancada (m)	Subfuração (m)	Volume produzido por furo (m³)	Vida útil média (m/un)	Consumo (un/m³)
Coroa de botões esféricos linha T38	10,00	0,60	50,00	650,00	0,00033
Haste linha T38 para perfuratriz sobre esteiras	10,00	0,60	50,00	1.400,00	0,00015
Luva em aço linha T38 para perfuratriz sobre esteiras	10,00	0,60	50,00	900,00	0,00024
Punho linha T38 para perfuratriz sobre esteiras	10,00	0,60	50,00	1.750,00	0,00012



#### 2.4.2.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.4.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de rocha para britagem para camada final de aterro deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

#### 2.4.3 Rocha para britagem com perfuratriz manual

O serviço consiste na exploração mecanizada de pedreiras, para fins de produção de rocha para britagem, por meio da perfuratriz manual e explosivos.

##### 2.4.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- ANM NRM 16/2002: *Operações com explosivos e acessórios*;
- NR 16/2024: *Atividades e operações perigosas*.

##### 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 na superfície das rochas por meio do marteleto perfurador/rompedor;
- montagem manual do circuito de detonação;
- detonação da rocha;
- carga da rocha no caminhão basculante por meio da carregadeira de pneus;
- transporte do material por meio do caminhão basculante até a central de britagem.

##### 2.4.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- marteleto perfurador/rompedor a ar comprimido: líder e equipe;
- caminhão basculante para rocha;
- carregadeira de pneus;
- compressor de ar.



## a) martetele perfurador/rompedor 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 profundidade, 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 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 na atividade.

## b) 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.

## c) carregadeira de pneus

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, 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.

#### 2.4.3.4 Mão de obra

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

- 1 *blaster* para a montagem do circuito de detonação;
- 1 auxiliar de *blaster* para auxiliar a montagem do circuito de detonação.

#### 2.4.3.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram estabelecidos por meio de referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 38.

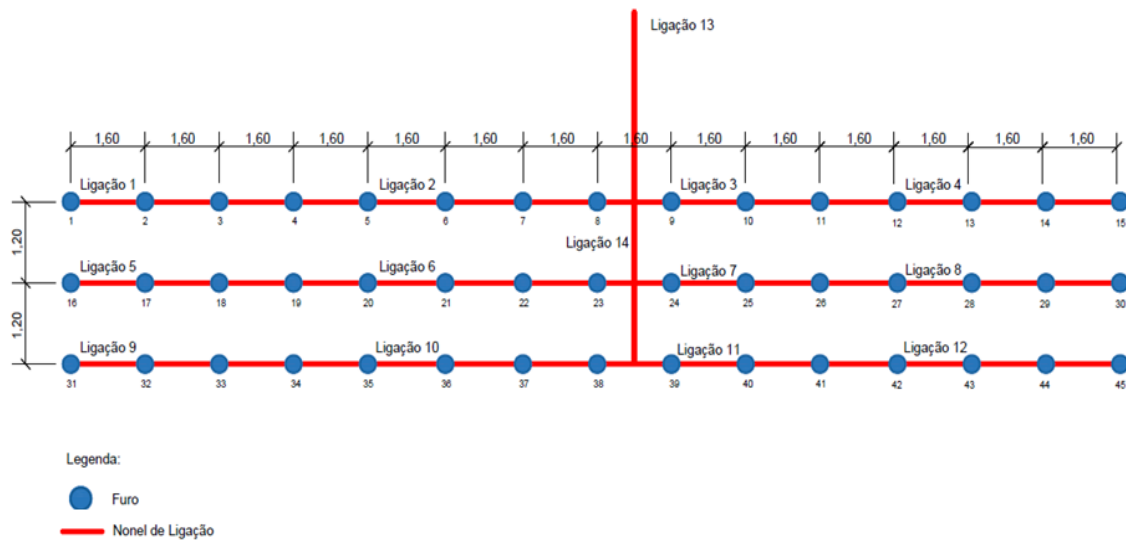
**Tabela 38 - Parâmetros do plano de fogo adotados - rocha para britagem com perfuratriz manual**

Parâmetros	Variáveis e expressões de cálculo	Valor
Número de furos	$N_f$	45 un
Diâmetro do furo	$\phi$	38 mm
Inclinação adotada	$i$	0,15
Afastamento	$A_f$	1,20 m
Espaçamento	$E$	1,60 m
Altura da bancada	$H$	5,00 m
Subfuração	$S_f = 0,3 \times A_f$	0,35 m
Comprimento da furação	$C_f = H + S_f + 0,15$	5,50 m
Volume produzido por furo	$V_f = A_f \times E \times H$	9,60000 m <sup>3</sup>
Volume de rocha a detonar	$V_t = V_f \times N_f$	432,00 m <sup>3</sup>
Tampão	$T = 0,70 \times A_f \text{ a } 1,00 \times A_f$	0,84 a 1,20 m = 1,02 m
Altura de carga de fundo	$H_f = 1,30 \times A_f$	1,60 m
Altura de carga de coluna	$H_c = (H + S_f + \frac{H}{\cos 15^\circ}) - T - H_f$	2,88 m
Razão de carga linear do fundo	$L_f = \phi^2 / 1.000$	1,444 kg/m
Razão de carga linear de coluna	$L_c = 45\% \times L_f$	0,650 kg/m
Carga total por furo	$Q_f = (L_f \times H_f) + (L_c \times H_c)$	4,182 kg

O croqui constante da figura 6 apresenta o plano de fogo adotado como referência para obtenção de rocha para britagem com perfuratriz manual.



**Figura 6 - Plano de fogo - rocha para britagem com perfuratriz manual**



Fonte: FGV IBRE

**a) emulsão explosiva encartuchada**

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

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

$$Q = \frac{Q_f}{V_f}$$

onde:

Q representa o consumo de emulsão explosiva, em quilogramas por metro cúbico;

$Q_f$  representa a carga total por furo, em quilogramas;

$V_f$  representa o volume produzido no corte por furo, em metros cúbicos.

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

**Tabela 39 - Consumo de emulsão explosiva - rocha para britagem com perfuratriz manual**

Carga total por furo (kg)	Volume produzido (m³)	Consumo (kg/m³)
4,182	9,60000	0,43563

**b) nonel de coluna - C = 6,00 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 o número de furos, em unidades;

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

A tabela 40 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 40 - Consumo de nonel de coluna - rocha para britagem com perfuratriz manual**

Quantidade de furos (un)	Volume e rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
45	432,00	0,10417

c) 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 41 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 41 - Consumo de nonel de ligação - rocha para britagem com perfuratriz manual**

Número de nonéis (un)	Volume e rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
14	432,00	0,03241

d) nonel iniciador - C = 150,0 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<sub>t</sub> representa o volume de rocha a detonar, em metros cúbicos.

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

**Tabela 42 - Consumo de nonel iniciador - rocha para britagem com perfuratriz manual**

Número de nonéis (un)	Volume e rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
1	432,00	0,00231

e) série de brocas integrais S12

Consiste em insumo acoplado ao marteleto para realizar os furos nas rochas.

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

$$Q = \frac{N_f \times (H + S_f + 0,15)}{V_{mb} \times V_t}$$

onde:

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

N<sub>f</sub> representa o número de furos, em unidades;

H representa a altura da bancada, em metros;

S<sub>f</sub> representa a subfuração, em metros;

V<sub>mb</sub> representa a vida média da broca, em metros;

V<sub>t</sub> representa o volume de rocha a detonar, em metros cúbicos.

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<sub>mb</sub> representa a vida útil média da broca, em metros;

V<sub>m+a</sub> representa a vida média da broca para rochas mais abrasivas, em metros;

V<sub>m-a</sub> representa a vida média da broca para rochas menos abrasivas, em metros.



A tabela 43 apresenta os parâmetros referenciais adotados no cálculo da vida útil média da broca.

**Tabela 43 - Vida útil média da broca - escavação de vala em material de 3ª categoria**

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

A tabela 44 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 44 - Consumo de série de brocas - rocha para britagem com perfuratriz manual**

Número de furos (un)	Altura de bancada (m)	Subfuração (m)	Vida média da broca (m)	Volume de rocha a detonar (m³)	Consumo (un/m³)
45	5,00	0,35	195,00	432,00	0,00294

#### 2.4.3.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.4.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de rocha para britagem com perfuratriz manual deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

### 2.5 Produção de agregados

#### 2.5.1 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h

O serviço consiste na produção de agregados por meio do processo de britagem.

##### 2.5.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

##### 2.5.1.2 Metodologia executiva

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

- descarga da rocha no alimentador do conjunto para britagem por meio da carregadeira de pneus;
- britagem primária por meio do britador de mandíbula;
- separação granulométrica do material por meio de peneiramento;
- britagem secundária por meio do britador cônico;



- separação granulométrica do material por meio de peneiramento;
- transporte do material produzido por meio de correias até o local de estocagem.

#### 2.5.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- conjunto de britagem: líder de equipe;
- carregadeira de pneus;
- grupo gerador.

##### a) conjunto de britagem

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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade nominal do conjunto de britagem, em metros cúbicos;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

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

##### b) carregadeira de pneus

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

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

onde:

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

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

$F_{ca}$  representa o fator de carga;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

#### 2.5.1.4 Mão de obra

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



- 8 serventes para auxiliar no processo de britagem.

### 2.5.1.5 Materiais e atividades auxiliares

#### a) materiais consumíveis

Consiste em insumos acessórios do conjunto de britagem, consoante aos seguintes elementos:

- cunhas laterais: consistem em peças internas do britador de mandíbulas, para direcionar o material oriundo do alimentador;
- mandíbulas: consistem em peças do britador primário, utilizadas na fragmentação das rochas;
- manta do britador e revestimento do bojo: consistem no revestimento interno do britador cônico, de forma que as rochas maiores são fragmentadas diretamente entre os dois elementos.

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

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

onde:

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

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

$V_u$  representa a vida útil do material de desgaste, em horas por unidade.

A tabela 45 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 45 - Consumo de mandíbula, cunha, manta e revestimento de bojo para produção de brita em central de britagem**

Código SICRO	Descrição	Produção horária (m³/h)	Vida útil (h/un)	Consumo (un/m³)
M2111	Mandíbula fixa para britador - abertura de alimentação com L = 930 mm	66,40	250,00	0,00006
M2110	Mandíbula móvel para britador - abertura de alimentação com L = 930 mm	66,40	375,00	0,00004
M2114	Cunha lateral superior para britador	66,40	1.500,00	0,00001
M2115	Cunha lateral inferior para britador	66,40	750,00	0,00002
M2112	Manta do britador cônico HP200 ou similar	66,40	500,00	0,00003
M2113	Revestimento do bojo interno do britador cônico HP200 ou similar	66,40	375,00	0,00004

#### b) rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira

Consiste em rocha proveniente da exploração mecanizada de pedreiras.



O consumo referencial adotado é de 0,57000 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

#### *2.5.1.6 Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.

#### *2.5.1.7 Critérios de medição*

A medição do serviço de brita produzida em central de britagem deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido.

### *2.5.2 Pedra de mão produzida manualmente*

O serviço consiste na produção manual de pedra de mão.

#### *2.5.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos*

Não se aplica a este serviço.

#### *2.5.2.2 Metodologia executiva*

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução da seguinte etapa:

- fragmentação da rocha pela mão de obra por meio de ferramentas manuais.

#### *2.5.2.3 Produção horária e equipe mecânica*

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial histórico consolidado, cujo valor corresponde a 1,00 m<sup>3</sup>/h.

#### *2.5.2.4 Mão de obra*

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 3 serventes para fragmentar as rochas.

#### *2.5.2.5 Materiais e atividades auxiliares*

a) rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira

Consiste em rocha proveniente da exploração mecanizada de pedreiras.

O consumo referencial adotado é de 0,57000 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

#### *2.5.2.6 Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.



### 2.5.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de pedra de mão produzida manualmente deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido.

### 2.5.3 Rachão ou pedra de mão produzida

O serviço consiste na produção de rachão ou pedra de mão por meio do conjunto de britagem.

#### 2.5.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

#### 2.5.3.2 Metodologia executiva

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

- descarga da rocha no alimentador do conjunto para britagem por meio da carregadeira de pneus;
- fragmentação da rocha por meio do britador de mandíbula;
- transporte do material produzido por meio de correias até o local de estocagem.

#### 2.5.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- conjunto de britagem para rachão: líder de equipe;
- carregadeira de pneus;
- grupo gerador.

a) conjunto de britagem para rachão

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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade nominal do conjunto de britagem, em metros cúbicos;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.



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

b) carregadeira de pneus

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

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

onde:

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

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

$F_{ca}$  representa o fator de carga;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

#### 2.5.3.4 Mão de obra

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

- 8 serventes para auxiliar no processo de britagem.

#### 2.5.3.5 Materiais e atividades auxiliares

a) mandíbula fixa e móvel

Consistem em peças do britador primário, utilizadas para fragmentar as rochas.

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

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

onde:

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

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

$V_u$  representa a vida útil do material de desgaste, em horas por unidade.

A tabela 46 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 46 - Consumo de mandíbula fixa e móvel - rachão ou pedra de mão produzida**

Código SICRO	Descrição	Produção horária (m³/h)	Vida útil (h/un)	Consumo (un/h)
M2111	Mandíbula fixa para britador - abertura de alimentação com L = 930 mm	66,40	250,00	0,00006
M2110	Mandíbula móvel para britador - abertura de alimentação com L = 930 mm	66,40	375,00	0,00004

b) rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira

Consiste em rocha proveniente da exploração mecanizada de pedreiras.

O consumo referencial adotado é de 0,57000 m³ por unidade de serviço executado.

#### 2.5.3.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.5.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de rachão ou pedra de mão produzida deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido.

#### 2.5.4 Material pétreo produzido em britador de mandíbulas móvel - camada final de aterro em rocha

O serviço consiste na produção de material pétreo para camada final de aterro em rocha por meio do britador de mandíbulas móvel.

##### 2.5.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DNIT ES 108/2009: *Terraplenagem - Aterros*.

##### 2.5.4.2 Metodologia executiva

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

- descarga de rocha no alimentador do britador por meio da carregadeira de pneus;
- fragmentação da rocha por meio do britador de mandíbula;
- transporte do material produzido por meio de correias até o local de estocagem.





#### 2.5.4.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- britador de mandíbulas móvel: líder de equipe;
- carregadeira de pneus.

##### a) britador de mandíbulas móvel

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
C<sub>ap</sub> representa a capacidade nominal do britador, em metros cúbicos;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

##### b) carregadeira de pneus

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
C<sub>ap</sub> representa a capacidade da carregadeira, em metros cúbicos;  
F<sub>ca</sub> representa o fator de carga;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

#### 2.5.4.4 Mão de obra

Não se aplica a este serviço.

#### 2.5.4.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) materiais consumíveis

Consiste em insumos acessórios do conjunto de britagem, consoante aos seguintes elementos:



- cunhas laterais: consistem em peças internas do britador de mandíbulas, para direcionar o material oriundo do alimentador;
- mandíbulas: consistem em peças do britador primário, utilizadas na fragmentação das rochas.

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

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

onde:

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

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

$V_u$  representa a vida útil do material de desgaste, em horas por unidade.

A tabela 47 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 47 - Consumo de mandíbulas e cunhas - material pétreo produzido em britador de mandíbulas móvel - camada final de aterro**

Código SICRO	Descrição	Produção horária (m³/h)	Vida útil (h/un)	Consumo (un/m³)
M2111	Mandíbula fixa para britador - abertura de alimentação com L = 930 mm	116,20	250,00	0,00003
M2110	Mandíbula móvel para britador - abertura de alimentação com L = 930 mm	116,20	375,00	0,00002
M2114	Cunha lateral superior para britador	116,20	1.500,00	0,00001
M2115	Cunha lateral inferior para britador	116,20	750,00	0,00001

b) rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira - camada final de aterro em rocha

Consiste em rocha proveniente da exploração mecanizada de pedreiras.

O consumo referencial adotado é de 0,57000 m³ por unidade de serviço executado.

#### 2.5.4.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.5.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de material pétreo produzido em britador de mandíbulas móvel deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido.



## 2.6 Tunnel liner

A técnica executiva *tunnel liner* permite a construção de pequenos ou médios túneis sem interferência na superfície. O procedimento consiste na escavação da frente de ataque e montagem do primeiro anel, ajustando-se as chapas ao terreno e fixando-as umas às outras com porcas e parafusos. De forma contínua, são repetidas as etapas de escavação e montagem dos anéis até a sua conclusão.

### 2.6.1 Escavação manual de *tunnel liner* em material de 1ª categoria

O serviço consiste na escavação manual em material de 1ª categoria para *tunnel liner*.

#### 2.6.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DNIT ES 024/2004: *Drenagem - Bueiros metálicos sem interrupção do tráfego*.

#### 2.6.1.2 Metodologia executiva

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

- escavação manual da circunferência de passagem do *tunnel liner*;
- retirada do material escavado por meio do transportador manual gerica.

#### 2.6.1.3 Produção horária e equipe mecânica

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

- transportador manual gerica.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 0,37500 m³/h.

a) transportador manual gerica

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 transportador, 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 de ciclo, em minutos.

#### 2.6.1.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 8 serventes para escavar o *tunnel liner*, carregar e operar o transportador manual gerica.

#### 2.6.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.

#### 2.6.1.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.6.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de escavação manual de *tunnel liner* em material de 1ª categoria deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente escavado, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

### 2.6.2 Escavação manual de *tunnel liner* em material de 2ª categoria

O serviço consiste na escavação manual em material de 2ª categoria para *tunnel liner*.

#### 2.6.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DNIT ES 024/2004: *Drenagem - Bueiros metálicos sem interrupção do tráfego*.

#### 2.6.2.2 Metodologia executiva

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

- escavação da circunferência de passagem do *tunnel liner* com auxílio do marteleiro perfurador;
- retirada do material escavado por meio do transportador manual gerica.



### 2.6.2.3 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 são empregados os seguintes equipamentos:

- transportador manual gerica;
- compressor de ar portátil;
- martelete perfurador a ar comprimido.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 0,28200 m³/h.

#### a) transportador manual gerica

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<sub>ap</sub> representa a capacidade do transportador, em metros cúbicos;

F<sub>ca</sub> representa o fator de carga;

F<sub>cv</sub> representa o fator de conversão;

F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;

T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

São empregadas duas unidades de martelete perfurador a ar comprimido para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

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

### 2.6.2.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 6 serventes para escavar o *tunnel liner*, carregar e operar o transportador manual gerica.

### 2.6.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.



#### 2.6.2.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.6.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de escavação manual de *tunnel liner* em material de 2ª categoria deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente escavado, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

#### 2.6.3 Escavação de *tunnel liner* em material de 3ª categoria

O serviço consiste na escavação em material de 3ª categoria para *tunnel liner* por meio de explosivos e martelete perfurador/rompedor.

##### 2.6.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 024/2004: *Drenagem - Bueiros metálicos sem interrupção do tráfego*;
- ANM NRM 16/2002: *Operações com explosivos e acessórios*;
- NR 16/2024: *Atividades e operações perigosas*.

##### 2.6.3.2 Metodologia executiva

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

- execução de furos nas rochas por meio do martelete perfurador;
- montagem manual do circuito de detonação;
- detonação da rocha;
- retirada do material por meio do transportador manual gerica.

##### 2.6.3.3 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:

- martelete perfurador a ar comprimido;
- compressor de ar;
- transportador manual gerica.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 0,18700 m³/h.



## a) martelete perfurador a ar comprimido

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

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

onde:

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

A representa a área da seção de escavação, em metros quadrados;

H representa a profundidade, em metros;

F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;

T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

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

## b) transportador manual gerica

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<sub>ap</sub> representa a capacidade do transportador, em metros cúbicos;

F<sub>ca</sub> representa o fator de carga;

F<sub>cv</sub> representa o fator de conversão;

F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;

T<sub>c</sub> representa o tempo de ciclo, em minutos.

#### 2.6.3.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 *blaster* para a montagem do circuito de detonação;
- 6 frentistas de túnel empregados para auxiliar na escavação, na remoção do material e para operar o transportador manual gerica.

#### 2.6.3.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram estabelecidos por meio de referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 48.



**Tabela 48 - Parâmetros do plano de fogo adotados - escavação de tunnel liner em material de 3ª categoria**

Parâmetros	Variáveis e expressões de cálculo	Valor
Número de furos	$N_f$	33 un
Diâmetro do furo	$\phi$	38 mm
Diâmetro do <i>tunnel liner</i>	$\phi_t$	2,00 m
Área da seção	A	5,3100 m <sup>2</sup>
Profundidade	H	0,85 m
Subfuração	$S_f$	0,15 m
Comprimento da furação	$C_f$	1,00 m
Volume de rocha a detonar	$V_t = S \times H$	4,51350 m <sup>3</sup>

a) cordel detonante NP 10

Consiste em insumo utilizado como linha mestra para a detonação à distância, fabricado em cordão flexível, com um núcleo de material explosivo (Tetranitrato de Pentaeritrol – PETN), diâmetro externo de 4,8 mm e carga linear de 10,00 g/m.

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

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

onde:

Q representa o consumo de cordel detonante, em metros por metro cúbico;

C representa o comprimento de cordel por furo, em metros;

$N_f$  representa o número de furos;

A representa a área da seção, em metros quadrados;

H representa a profundidade, em metros.

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

**Tabela 49 - Consumo de cordel detonante - escavação de *tunnel liner* em material de 3ª categoria**

Comprimento de cordel por furo (m)	Número de furos	Área de seção (m <sup>2</sup> )	Profundidade (m)	Consumo (m/m <sup>3</sup> )
1,20	33	5,3100	0,85	8,77368

b) emulsão explosiva encartuchada

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





O consumo referencial adotado é de 1,500 kg por unidade de serviço executado.

c) estopim

Consiste em insumo utilizado para iniciar cargas explosivas por meio de uma queima lenta e uniforme. O estopim hidráulico comum é constituído por um retardo contínuo composto por fios-guia de algodão impregnado em pólvora.

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

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

onde:

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

C representa o comprimento do estopim, em metros;

A representa a área de seção, em metros quadrados;

H representa a profundidade, em metros.

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

**Tabela 50 - Consumo de estopim - escavação de *tunnel liner* em material de 3ª categoria**

Comprimento do estopim (m)	Área de seção (m²)	Profundidade (m)	Consumo (m/m³)
1,00	5,3100	0,85	0,22156

d) retardador de cordel

Consiste em insumo empregado como elemento de retardo.

O consumo referencial adotado é de 1 un por unidade de serviço executado.

e) série de brocas integrais S12

Consiste em insumo acoplado ao marteleto para realizar os furos nas rochas.

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

$$Q = \frac{(H + S_f) \times N_f}{A \times H \times V_{mb}}$$

onde:

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

H representa a altura da bancada, em metros;

S<sub>f</sub> representa a subfuração, em metros;

N<sub>f</sub> representa o número de furos, em unidades;

A representa a área de seção, em metros quadrados;

V<sub>mb</sub> representa a vida média da broca, em metros.



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;

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

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

A tabela 51 apresenta os parâmetros referenciais adotados no cálculo da vida útil média da broca.

**Tabela 51 - Vida útil média da broca - escavação de *tunnel liner* em material de 3ª categoria**

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

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

**Tabela 52 - Consumo de série de brocas para escavação de *tunnel liner* em material de 3ª categoria**

Número de furos (un)	Altura de bancada (m)	Subfuração (m)	Vida média da broca (m)	Área da seção (m²)	Consumo (un/m³)
33	0,85	0,15	195,00	5,3100	0,03749

#### 2.6.3.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.6.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de escavação de *tunnel liner* em material de 3ª categoria deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente escavado, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

#### 2.6.4 Iluminação provisória para *tunnel liner*

O serviço consiste na instalação de iluminação provisória flexível para *tunnel liner*, bem como a retirada após a conclusão da atividade.



#### 2.6.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

#### 2.6.4.2 Metodologia executiva

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

- instalação manual de lâmpada fluorescente e do cabo flexível;
- retirada após a conclusão da atividade.

#### 2.6.4.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 10,00 m/h.

#### 2.6.4.4 Mão de obra

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 1 eletricista para fazer as instalações elétricas da iluminação.

#### 2.6.4.5 Materiais e atividades auxiliares

a) cabo de cobre flexível antichama isolado em HEPR

Consiste em cabo de energia flexível utilizado para conduzir energia.

O consumo referencial adotado é de 1,10 m por unidade de serviço executado, já incorporada uma taxa de perda de 10%.

b) lâmpada fluorescente compacta eletrônica - potência de 20 W

Consiste em insumo utilizado para iluminar o túnel durante o processo de escavação e montagem.

O consumo referencial adotado é de 2 un por unidade de serviço executado.

#### 2.6.4.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.6.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de iluminação provisória para *tunnel liner* deve ser realizada em metros, em função da extensão linear de *tunnel liner* efetivamente instalada.



### 2.6.5 Ventilação provisória para *tunnel liner*

O serviço consiste na instalação de ventilação provisória para *tunnel liner*, bem como a retirada após a conclusão da atividade.

#### 2.6.5.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

#### 2.6.5.2 Metodologia executiva

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

- instalação manual de duto de ventilação e do cabo flexível;
- retirada após a conclusão da atividade.

#### 2.6.5.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 10,00 m/h.

#### 2.6.5.4 Mão de obra

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 1 eletricista para fazer as instalações elétricas da ventilação.

#### 2.6.5.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) cabo de cobre flexível antichama isolado em HEPR

Consiste em cabo de energia flexível utilizado para conduzir energia.

O consumo referencial adotado é de 1,10 m por unidade de serviço executado, já incorporada uma taxa de perda de 10%.

##### b) duto flexível de ventilação de poliéster aluminizado sem isolamento

Consiste em duto flexível de poliéster utilizado para ventilar o túnel durante o processo de escavação e montagem.

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

#### 2.6.5.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.6.5.7 Critérios de medição

A medição do serviço de ventilação provisória para *tunnel liner* deve ser realizada em metros, em função da extensão linear de *tunnel liner* efetivamente instalada.



## 2.7 Estruturas metálicas

### 2.7.1 Calandragem de chapas metálicas

O serviço consiste na execução da curvatura em chapa de aço por meio da calandra.

#### 2.7.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

#### 2.7.1.2 Metodologia executiva

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

- posicionamento manual das chapas na calandra;
- execução da curvatura da chapa de aço por meio da calandra;
- retirada manual das chapas após a conformação do material.

#### 2.7.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida de forma conjunta pelos seguintes equipamentos:

- calandra para chapas de aço: líder de equipe;
- grupo gerador.

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

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

onde:

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

A representa a área da chapa, em metros quadrados;

F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;

T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

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

#### 2.7.1.4 Mão de obra

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

- 1 ajudante para posicionar as chapas na calandra e retirá-las após a conformação do material.



#### *2.7.1.5 Materiais e atividades auxiliares*

Não se aplica a este serviço.

#### *2.7.1.6 Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.

#### *2.7.1.7 Critérios de medição*

A medição do serviço de calandragem de chapas metálicas deve ser realizada em metros quadrados, em função da área de chapa efetivamente curvada.

#### *2.7.2 Dobramento de chapas de alumínio com espessura de 1,5 mm e comprimento de dobra de até 500 mm*

O serviço consiste na dobra de chapas de alumínio por meio de equipamento manual.

##### *2.7.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos*

Não se aplica a este serviço.

##### *2.7.2.2 Metodologia executiva*

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

- posicionamento manual das chapas na dobradeira;
- dobra das chapas por meio da dobradeira;
- retirada manual das chapas após a conformação do material.

##### *2.7.2.3 Produção horária e equipe mecânica*

A atividade é exercida exclusivamente pelo equipamento dobradeira viradeira manual, incorrendo em sua liderança de equipe e a consequente atribuição da produção horária do serviço.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, sendo igual a 99,60 un/h.

##### *2.7.2.4 Mão de obra*

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

- 1 serralheiro para operar a dobradeira viradeira manual;
- 1 ajudante para a manipulação das peças.



#### *2.7.2.5 Materiais e atividades auxiliares*

Não se aplica a este serviço.

#### *2.7.2.6 Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.

#### *2.7.2.7 Critérios de medição*

A medição do serviço de dobramento de chapas de alumínio deve ser realizada em unidades, em função da quantidade efetivamente executada.

### *2.7.3 Fixação de parafuso em estrutura metálica*

O serviço consiste na fixação de parafusos em estrutura metálica.

#### *2.7.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos*

Não se aplica a este serviço.

#### *2.7.3.2 Metodologia executiva*

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução da seguinte etapa:

- posicionamento e aperto manual dos parafusos.

#### *2.7.3.3 Produção horária e equipe mecânica*

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 10,00 un/h.

#### *2.7.3.4 Mão de obra*

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 montador para colocar e apertar os parafusos;
- 1 ajudante para auxiliar o montador.

#### *2.7.3.5 Materiais e atividades auxiliares*

Não se aplica a este serviço.

#### *2.7.3.6 Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.



#### 2.7.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fixação de parafuso em estrutura metálica deve ser realizada em unidades, em função da quantidade efetivamente executada.

#### 2.7.4 Rebordeamento de chapa metálica com espessura de 5 mm

O serviço consiste no rebordeamento de chapas metálicas para conformação das laterais do material.

##### 2.7.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

##### 2.7.4.2 Metodologia executiva

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

- posicionamento manual das chapas na rebordeadeira;
- rebordeamento das chapas;
- retirada manual das chapas após a conformação do material.

##### 2.7.4.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida de forma conjunta pelos seguintes equipamentos:

- rebordeadeira: líder de equipe;
- grupo gerador.

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

P<sub>c</sub> representa o perímetro da chapa, em metros;

F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;

T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

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

##### 2.7.4.4 Mão de obra

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





- 1 ajudante para a operação da rebordeadeira.

#### *2.7.4.5 Materiais e atividades auxiliares*

Não se aplica a este serviço.

#### *2.7.4.6 Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.

#### *2.7.4.7 Critérios de medição*

A medição do serviço de rebordeamento de chapa metálica deve ser realizada em metros, em função do perímetro efetivamente executado.

### **2.8 Apiloamento e compactação manual**

#### **2.8.1 Apiloamento manual**

O serviço consiste na compactação manual do solo por meio de soquete.

##### *2.8.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos*

Não se aplica a este serviço.

##### *2.8.1.2 Metodologia executiva*

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução da seguinte etapa:

- apiloamento manual do solo por meio de soquete.

##### *2.8.1.3 Produção horária e equipe mecânica.*

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial histórico consolidado, cujo valor corresponde 0,66667 m<sup>3</sup>/h.

##### *2.8.1.4 Mão de obra*

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 1 servente para apiloar o solo.

##### *2.8.1.5 Materiais e atividades auxiliares*

Não se aplica a este serviço.

##### *2.8.1.6 Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.



#### *2.8.1.7 Critérios de medição*

A medição do serviço de apiloamento manual deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### *2.8.2 Apiloamento manual de superfície com espessura de 15 cm*

O serviço consiste na compactação manual de uma camada superior de solo de 15 cm por meio de soquete.

##### *2.8.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos*

Não se aplica a este serviço.

##### *2.8.2.2 Metodologia executiva*

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução da seguinte etapa:

- apiloamento manual do solo por meio de soquete.

##### *2.8.2.3 Produção horária e equipe mecânica.*

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial histórico consolidado, cujo valor corresponde 4,44444 m<sup>2</sup>/h.

##### *2.8.2.4 Mão de obra*

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 1 servente para apiloar o solo.

##### *2.8.2.5 Materiais e atividades auxiliares*

Não se aplica a este serviço.

##### *2.8.2.6 Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.

##### *2.8.2.7 Critérios de medição*

A medição do serviço de apiloamento manual de superfície deve ser realizada em metros quadrados, em função da área superficial efetivamente apiloada.

#### *2.8.3 Compactação manual com soquete vibratório*

O serviço consiste na compactação manual do solo por meio de soquete vibratório.



### 2.8.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DNIT ES 108/2009: *Terraplenagem - Aterros*.

### 2.8.3.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução da seguinte etapa:

- compactação do solo em camadas por meio do compactador manual com soquete vibratório.

### 2.8.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida exclusivamente pelo equipamento compactador manual com soquete vibratório, incorrendo em sua liderança de equipe e a consequente atribuição da produção horária do serviço.

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

$$P = \frac{60 \times v \times e \times L \times F_e}{Q_p}$$

onde:

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

v representa a velocidade de ida, em metros por minuto;

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do compactador manual.

### 2.8.3.4 Mão de obra

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

- 1 servente para operar o compactador manual com soquete vibratório.

### 2.8.3.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.

### 2.8.3.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.



#### 2.8.3.7 Critérios de medição

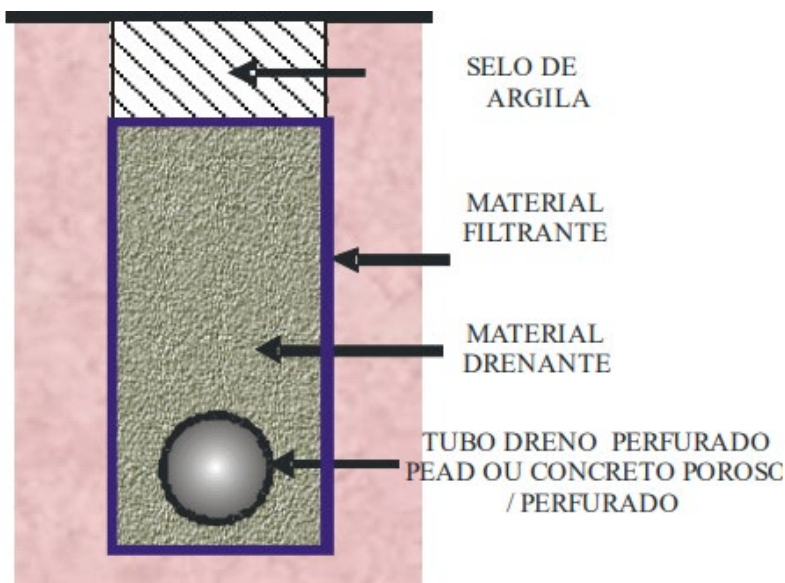
A medição do serviço de compactação manual deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.8.4 Selo de argila apiloado

O serviço consiste na execução de selo de argila para drenos longitudinais profundos por meio da compactação com soquete manual.

O croqui constante da figura 7 apresenta a seção transversal de um dreno longitudinal profundo.

Figura 7 - Conjunto de captação em um dreno



Fonte: DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT ES 015: Drenagem - Drenos subterrâneos**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

#### 2.8.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 015/2006: *Drenagem - Drenos subterrâneos*;
- IPR 736/2018: *Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - 5ª edição*.

#### 2.8.4.2 Metodologia executiva

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

- preenchimento manual da parte superior do conjunto de captação com material argiloso;
- apiloamento manual do solo por meio de soquete.



#### 2.8.4.3 *Produção horária e equipe mecânica*

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 0,58824 m<sup>3</sup>/h.

#### 2.8.4.4 *Mão de obra*

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 1 servente para preencher o selo com material argiloso e realizar o apiloamento com soquete manual.

#### 2.8.4.5 *Materiais e atividades auxiliares*

Não se aplica a este serviço.

#### 2.8.4.6 *Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.

#### 2.8.4.7 *Critérios de medição*

A medição do serviço de selo de argila apilado deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.8.5 *Reaterro e compactação com soquete vibratório*

O serviço consiste na execução de reaterro e compactação de solo por meio de soquete vibratório.

##### 2.8.5.1 *Dispositivos legais e técnico-normativos*

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DNIT ES 108/2009: *Terraplenagem - Aterros*.

##### 2.8.5.2 *Metodologia executiva*

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

- distribuição manual da camada de solo, proveniente de cortes ou empréstimos locais;
- conformação do solo por meio do compactador manual com soquete vibratório.



### 2.8.5.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida exclusivamente pelo equipamento compactador manual com soquete vibratório, incorrendo em sua liderança de equipe e a consequente atribuição da produção horária do serviço.

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

$$P = \frac{60 \times v \times e \times L \times F_e}{Q_p}$$

onde:

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

v representa a velocidade de ida, em metros por minuto;

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do compactador manual.

### 2.8.5.4 Mão de obra

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

- 1 servente para fazer a distribuição da camada de solo;
- 1 servente para operar o soquete vibratório.

### 2.8.5.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.

### 2.8.5.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

### 2.8.5.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reaterro e compactação manual deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

## 2.9 Limpeza manual

### 2.9.1 Limpeza manual do terreno

O serviço consiste na preparação de terreno para construção de estruturas provisórias ou permanentes do canteiro de obras.



#### 2.9.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

#### 2.9.1.2 Metodologia executiva

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

- terreno em desnível:
  - limpeza manual da superfície;
  - regularização do nível do terreno pela mão de obra.
- terreno plano:
  - raspagem e limpeza manuais da superfície.

#### 2.9.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra. As produtividades foram estabelecidas por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 53.

**Tabela 53 - Produções horárias do serviço de limpeza manual de terreno**

Código SICRO	Descrição	Produção de equipe (m²/h)
4800400	Preparo e regularização de terreno em desnível	4,30000
4800412	Raspagem e limpeza de terreno plano	5,00000

#### 2.9.1.4 Mão de obra

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 1 servente para preparo do terreno.

#### 2.9.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.

#### 2.9.1.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.9.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de limpeza manual do terreno deve ser realizada em metros quadrados, em função da área de terreno efetivamente limpa.



## 2.10 Atividades de mergulho

### 2.10.1 Recarga de cilindro com ar respirável para atividades de mergulho

O serviço consiste na recarga de cilindro de mergulho com ar respirável.

#### 2.10.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DPC NORMAM 222/2023: *Normas da autoridade marítima para atividades subaquáticas*;
- NR 15/2022: *Atividades e operações insalubres*.

#### 2.10.1.2 Metodologia executiva

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

- conexão manual do compressor ao cilindro;
- recarga do cilindro por meio do compressor de ar;
- retirada manual da conexão do compressor ao cilindro.

#### 2.10.1.3 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:

- compressor de ar respirável para recarga de cilindros de mergulho;
- grupo gerador.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 0,03132 m<sup>3</sup>/h.

a) compressor de ar

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

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

onde:

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

C<sub>ap</sub> representa a capacidade do compressor, em litros por minuto;

F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;

F<sub>cv</sub> representa o fator de conversão, em metros cúbicos por litro.





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

#### 2.10.1.4 Mão de obra

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 1 ajudante especializado para conectar o cilindro ao compressor, acionar o fluxo de ar e remover as conexões após a recarga.

#### 2.10.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) filtro de aspiração e filtro de purificação

Consistem em insumos acessórios do compressor de ar respirável para recarga de cilindro, consoante aos seguintes elementos:

- filtro de aspiração: consiste em insumo utilizado para filtrar do ar que está sendo aspirado, realizando a retenção de partículas indesejadas em suspensão e garantido a qualidade do ar respirável que será comprimido;
- filtro de purificação: consiste em insumo utilizado na purificação do ar comprimido de forma que ele atenda aos requisitos necessários para ser respirado pelos mergulhadores.

Os consumos são definidos por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$C = \frac{1}{V_u \times P}$$

onde:

C representa o consumo, em unidades por metro cúbico;

$V_u$  representa a vida útil do filtro, em horas por unidade;

P representa a produção horária do serviço, em metros cúbicos por hora.

A tabela 54 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 54 - Consumo de filtros - recarga de cilindro com ar respirável para atividades de mergulho**

Filtro	Vida útil (h/un)	Produção horária (m³/h)	Consumo (un/m³)
Aspiração	250,00	0,03132	0,12771
Purificação	50,00	0,03132	0,63857

#### 2.10.1.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.



### 2.10.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de recarga de cilindro deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente carregado.

### 2.10.2 Operação de mergulho autônomo

O serviço consiste na operação de mergulho realizada por mergulhador autônomo, contemplando os procedimentos iniciais de preparação até o final do período de observação.

A atividade é desenvolvida para realizar inspeções visuais, procuras por objetos submersos, fotografia e filmagem submarina, sem a necessidade de paradas para descompressão, com profundidade limitada a 20 m. O suprimento de mistura respiratória é portado pelo próprio mergulhador, sendo sua única fonte de ar.

#### 2.10.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DPC NORMAM 222/2023: *Normas da autoridade marítima para atividades subaquáticas*;
- NR 15/2022: *Atividades e operações insalubres*.

#### 2.10.2.2 Metodologia executiva

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

- vestir o traje, equipar com o sistema de mergulho e o equipamento de comunicação;
- proceder a atividade de mergulho;
- monitoramento da atividade de mergulho na superfície por meio dos profissionais auxiliares;
- remoção dos equipamentos e traje após a conclusão das atividades.

#### 2.10.2.3 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:

- estação transmissora de superfície para comunicação sem fio.

A produção horária do serviço foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 h/h.



a) estação transmissora de superfície para comunicação sem fio

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

$$P = \frac{60 \times T_c}{60 \times T_o}$$

onde:

P representa a produção horária da estação transmissora de superfície para comunicação sem fio, em horas por hora;

T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos;

T<sub>o</sub> representa o tempo de operação do equipamento, em minutos.

#### 2.10.2.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 mergulhadores raso autônomos para a execução da atividade de mergulho;
- 1 mergulhador raso autônomo de emergência para intervenção em caso de eventualidade;
- 1 mergulhador raso auxiliar de superfície para monitoramento do mergulho.

#### 2.10.2.5 Materiais e atividades auxiliares

a) recarga de cilindro com ar respirável para atividades de mergulho

Consiste na recarga de cilindro de mergulho com ar respirável.

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

$$Q = F_{cv} \times V \times N \times n$$

onde:

Q representa o consumo de recarga de cilindro, em metros cúbicos por hora;

F<sub>cv</sub> representa o fator de conversão, metros cúbicos por litro;

V representa o volume do cilindro, em litros por unidade;

N representa o número de cilindros por mergulhador, em unidades por hora;

n representa o número de mergulhadores.

A tabela 55 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 55 - Consumo de recarga de cilindro - operação de mergulho autônomo**

Fator de conversão (m³/l)	Volume do cilindro (l/un)	Número de cilindros por mergulhador (un/h)	Número de mergulhadores	Consumo (m³/h)
0,00100	11,00	2,00	2	0,04400

#### 2.10.2.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.10.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de mergulho autônomo deve ser realizada em horas, em função do tempo de operação, a partir dos procedimentos iniciais de preparação até o final do período de observação do mergulhador.

#### 2.10.3 Operação de mergulho dependente

O serviço consiste na operação de mergulho realizada por mergulhador dependente, contemplando os procedimentos iniciais de preparação até o final do período de observação.

A atividade é desenvolvida em condições perigosas e/ou especiais, consoante às diretrizes estabelecidas pelo DPC NORMAM 222/2023: *Normas da autoridade marítima para as atividades subaquáticas*. O suprimento de mistura respiratória é fornecido diretamente da superfície por meio de mangueiras, a partir de compressores ou cilindros de armazenamento de alta pressão.

O sistema para mergulho raso dependente é classificado em função das seguintes profundidades:

- até 30 metros;
- entre 30 e 50 metros.

##### 2.10.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DPC NORMAM 222/2023: *Normas da autoridade marítima para atividades subaquáticas*;
- NR 15/2022: *Atividades e operações insalubres*.

##### 2.10.3.2 Metodologia executiva

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

- vestir o traje, equipar com o sistema de mergulho, do umbilical e do equipamento de comunicação;



- preparação dos equipamentos necessários para a atividade de mergulho (i.e., painel de controle, sistema de ar, estação transmissora, câmara hiperbárica e sinete);
- proceder a atividade de mergulho;
- monitoramento da atividade de mergulho na superfície pelos profissionais auxiliares por meio do controle do sistema de televisionamento, controle do umbilical e do sistema de ar;
- remoção dos equipamentos após a conclusão das atividades;
- descompressão na câmara hiperbárica e retirada da roupa de mergulho.

#### 2.10.3.3 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:

- câmara hiperbárica com filtro, serpentina e reservatório de ar;
- estação transmissora de superfície para comunicação com fio;
- estação transmissora de superfície para televisionamento;
- grupo gerador;
- painel de controle de ar com manômetros e pneufatômetros;
- sistema de sino aberto (sinete) para mergulho de 30 até 50 m;
- sistema de ar comprimido para mergulho.

A produção horária do serviço foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 h/h.

##### a) câmara hiperbárica

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

$$P = \frac{60 \times T_c}{60 \times T_o}$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em horas por hora;

T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos;

T<sub>o</sub> representa o tempo de operação do equipamento, em minutos.

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



b) sistema de ar comprimido

$$P = \frac{60 \times T_c}{60 \times T_o}$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em horas por hora;

T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos;

T<sub>o</sub> representa o tempo de operação do equipamento, em minutos.

O painel de controle de ar e a estação transmissora de superfície para comunicação e televisionamento operam em conjunto com o sistema de ar comprimido, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

c) sistema de sino aberto (sinete) para mergulho de 30 até 50 m

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

$$P = \frac{60 \times T_c}{60 \times T_o}$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em horas por hora;

T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos;

T<sub>o</sub> representa o tempo de operação do equipamento, em minutos.

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

#### 2.10.3.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 mergulhadores raso dependentes para a execução da atividade de mergulho;
- 1 mergulhador raso dependente de emergência para intervenção em caso de eventualidade;
- 2 mergulhadores raso auxiliares de superfície para monitoramento do mergulho.

#### 2.10.3.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.



#### *2.10.3.6 Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.

#### *2.10.3.7 Critérios de medição*

A medição do serviço de mergulho dependente deve ser realizada em horas, em função do tempo de operação, a partir dos procedimentos iniciais de preparação até o final do período de observação do mergulhador.



## APÊNDICE A - RELAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS POR SUBGRUPO - SERVIÇOS AUXILIARES

A tabela 56 apresenta as composições de custos do grupo de serviços auxiliares, relacionando o código SICRO ao respectivo subgrupo.

**Tabela 56 - Relação das composições de custos por subgrupo - serviços auxiliares**

Subgrupo	Código SICRO
2.1.1 Escavação manual em material de 1ª e 2ª categoria	4805750, 4805752, 4805753, 4805751, 4805760, 4805769, 4805770 e 4805767
2.1.2 Escavação manual de vala em material de 1ª categoria	4805749
2.1.3 Escavação mecânica de vala em material de 1ª e 2ª categoria	4805757 e 4805762
2.1.4 Escavação de vala em material de 3ª categoria	4805765
2.2.1 Confeção de tubos de concreto convencionais e perfurados	4816121, 4816120, 4816123, 4816122, 4816125, 4816124, 4816022, 4816021, 4816106, 4816105, 4816108, 4816107, 4816110 e 4816109
2.2.2 Confeção de tubos de concreto poroso	4816100, 4816099, 4816102, 4816101, 4816104 e 4816103
2.2.3 Confeção de canaleta meia cana	4816145, 4816144, 4816147 e 4816146
2.3.1 Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	4816020
2.3.2 Areia extraída com escavadeira hidráulica de longo alcance	4816019
2.3.3 Areia extraída com trator e carregadeira	4816018
2.4.1 Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	4816010
2.4.2 Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira - camada final de aterro em rocha	4816015
2.4.3 Rocha para britagem com perfuratriz manual	4816014
2.5.1 Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	4816012
2.5.2 Pedra de mão produzida manualmente	4816005
2.5.3 Rachão ou pedra de mão produzida	4816016
2.5.4 Material pétreo produzido em britador de mandíbulas móvel - camada final de aterro em rocha	4816017
2.6.1 Escavação manual de tunnel liner em material de 1ª categoria	4816000
2.6.2 Escavação manual de tunnel liner em material de 2ª categoria	4816001
2.6.3 Escavação de tunnel liner em material de 3ª categoria	4816002
2.6.4 Iluminação provisória para tunnel liner	4816003
2.6.5 Ventilação provisória para tunnel liner	4816004





**Tabela 56 - Relação das composições de custos por subgrupo - serviços auxiliares (2/2)**

Subgrupo	Código SICRO
2.7.1 Calandragem de chapas metálicas	4815802 e 4815805
2.7.2 Dobramento de chapas de alumínio com espessura de 1,5 mm e comprimento de dobra de até 500 mm	4815804
2.7.3 Fixação de parafuso em estrutura metálica	4806395
2.7.4 Rebordeamento de chapa metálica com espessura de 5 mm	4815803
2.8.1 Apiloamento manual	4805755
2.8.2 Apiloamento manual de superfície com espessura de 15 cm	4805756
2.8.3 Compactação manual com soquete vibratório	4805754
2.8.4 Selo de argila apiloado	4816119
2.8.5 Reaterro e compactação com soquete vibratório	4815671
2.9.1 Limpeza manual do terreno	4800400 e 4800412
2.10.1 Recarga de cilindro com ar respirável para atividades de mergulho	4816011
2.10.2 Operação de mergulho autônomo	4816023
2.10.3 Operação de mergulho dependente	4816024 e 4816025