



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

# **Caderno técnico Tirantes**

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 Tirantes**



## Controle de versão do Caderno técnico

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



## APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

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

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

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

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



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Atividades integrantes do grupo de serviços de tirantes .....	3
Figura 2 - Fôrma para cabeça de tirantes de referência .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de coroa de botões e tricone para tirante autoinjetável - perfuração para tirantes .....	5
Tabela 2 - Consumo de coroa de botões e martelo de fundo - perfuração para tirantes .....	6
Tabela 3 - Consumo de haste - perfuração para tirantes .....	6
Tabela 4 - Consumo de aço CA-50 - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento .....	8
Tabela 5 - Número de cartuchos - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento .....	9
Tabela 6 - Consumo de cartucho de cimento - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento .....	9
Tabela 7 - Consumo de conjunto de ancoragem - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento .....	10
Tabela 8 - Vida útil média da broca - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento .....	11
Tabela 9 - Consumo de série de brocas integrais - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento .....	11
Tabela 10 - Serviços empregados nas operações de transporte - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento .....	11
Tabela 11 - Fator de conversão de transporte - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento .....	12
Tabela 12 - Consumo de tirante em aço - chumbador de aço CA-50 com martelete perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento .....	14
Tabela 13 - Consumo de cartucho de cimento - chumbador de aço CA-50 com martelete perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento .....	14
Tabela 14 - Consumo de conjunto de ancoragem - chumbador de aço CA-50 com martelete perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento .....	15



Tabela 15 - Consumo de equipamentos seccionados - chumbador de aço CA-50 com martelete perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento.....	16
Tabela 16 - Serviços empregados nas operações de transporte - chumbador de aço CA-50 com martelete perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento .....	16
Tabela 17 - Fator de conversão de transporte - chumbador de aço CA-50 com martelete perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento.....	16
Tabela 18 - Consumo de aço CA-50 - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento .....	19
Tabela 19 - Relação de percentual dos quantitativos dos insumos apropriados na nata de cimento - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento.....	20
Tabela 20 - Consumo de cimento Portland CP II - 32 - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento .....	20
Tabela 21 - Consumo de conjunto de ancoragem - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento .....	20
Tabela 22 - Vida útil média da broca - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento .....	21
Tabela 23 - Consumo de série de brocas integrais - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento .....	21
Tabela 24 - Serviços empregados nas operações de transporte - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento ...	22
Tabela 25 - Fator de conversão de transporte - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento .....	22
Tabela 26 - Produções de equipe - grampo de aço CA-50 para solo grampeado .....	23
Tabela 27 - Consumo de aço CA-50 - grampo de aço CA-50 para solo grampeado .....	25
Tabela 28 - Relação dos quantitativos dos insumos apropriados na nata de cimento - grampo de aço CA-50 para solo grampeado.....	26
Tabela 29 - Volume de nata de cimento - grampo de aço CA-50 para solo grampeado .....	26
Tabela 30 - Consumo de cimento - grampo de aço CA-50 para solo grampeado .....	26
Tabela 31 - Consumo de espaçador - grampo de aço CA-50 para solo grampeado .....	27
Tabela 32 - Consumo de haste de perfuração - grampo de aço CA-50 para solo grampeado .....	27
Tabela 33 - Consumo de coroa de botões cônicos - grampo de aço CA-50 para solo grampeado.....	28



Tabela 34 - Consumo de válvula manchete - grampo de aço CA-50 para solo grampeado .....	28
Tabela 35 - Serviços empregados nas operações de transporte - grampo de aço CA-50 para solo grampeado .....	29
Tabela 36 - Fator de conversão de transporte - grampo de aço CA-50 para solo grampeado .....	29
Tabela 37 - Consumo de cartucho de resina poliéster - tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster .....	31
Tabela 38 - Vida útil e consumo dos equipamentos seccionados - tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster .....	32
Tabela 39 - Consumo de conjunto de ancoragem - tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster .....	33
Tabela 40 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster .....	33
Tabela 41 - Fator de conversão de transporte - tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster .....	33
Tabela 42 - Produções de equipe - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação .....	35
Tabela 43 - Relação dos quantitativos dos insumos apropriados na nata de cimento - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação .....	37
Tabela 44 - Volume de nata de cimento - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação .....	37
Tabela 45 - Consumo de cimento - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação .....	37
Tabela 46 - Consumo de espaçador - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação .....	38
Tabela 47 - Consumo de luva de emenda - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação .....	38
Tabela 48 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação .....	39
Tabela 49 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação .....	39
Tabela 50 - Produções de equipe - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação .....	40
Tabela 51 - Relação dos quantitativos dos insumos apropriados na nata de cimento - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação .....	42
Tabela 52 - Volume de nata de cimento - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação .....	43
Tabela 53 - Consumo de cimento - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação .....	43



Tabela 54 - Consumo de cimento Portland CP II - 32 - saco - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação .....	44
Tabela 55 - Consumo de espaçador - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação .....	44
Tabela 56 - Consumo de luva de emenda - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação .....	45
Tabela 57 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação .....	45
Tabela 58 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação .....	46
Tabela 59 - Consumo de cimento - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação .....	49
Tabela 60 - Consumo de espaçador - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação .....	49
Tabela 61 - Consumo de cordoalhas - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação .....	50
Tabela 62 - Consumo de tubo de PVC espaguete - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação .....	51
Tabela 63 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação .....	51
Tabela 64 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação .....	52
Tabela 65 - Conversão para transporte associada ao tempo fixo - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação .....	52
Tabela 66 - Consumo de fôrma em chapa metálica - tirante permanente protendido autoinjetável - protensão .....	55
Tabela 67 - Consumo de microconcreto para reparos e grauteamento - tirante permanente protendido autoinjetável - protensão .....	56
Tabela 68 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido autoinjetável - protensão .....	56
Tabela 69 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido autoinjetável - protensão .....	56
Tabela 70 - Consumo de fôrma em chapa metálica - tirante permanente protendido de barra de aço - protensão .....	59
Tabela 71 - Consumo de microconcreto para reparos e grauteamento - tirante permanente protendido de barra de aço - protensão .....	60
Tabela 72 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido de barra de aço - protensão .....	60
Tabela 73 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido de barra de aço - protensão .....	60





Tabela 74 - Produções de equipe - tirante permanente protendido com cordoalha - protensão .....	62
Tabela 75 - Consumo de cunhas metálicas - tirante permanente protendido com cordoalha - protensão .....	63
Tabela 76 - Consumo de fôrma em chapa metálica - tirante permanente protendido com cordoalha - protensão .....	64
Tabela 77 - Consumo de microconcreto para reparos e grauteamento - tirante permanente protendido com cordoalha - protensão .....	65
Tabela 78 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido com cordoalha - protensão .....	65
Tabela 79 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido com cordoalha - protensão .....	65
Tabela 80 - Consumo de tinta em pó à base de resina epóxi - pintura eletrostática com tinta epóxi em pó com espessura de 200 µm....	68
Tabela 81 - Serviços empregados nas operações de transporte - pintura eletrostática com tinta epóxi em pó com espessura de 200 µm....	68
Tabela 82 - Conversão para unidade de momento transporte .....	70
Tabela 83 - Relação das composições de custos por subgrupo - tirantes .....	71



## 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>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Perfuração para tirantes .....</b>	<b>3</b>
2.1.1	Perfuração para tirantes .....	3
2.1.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>3</i>
2.1.1.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>3</i>
2.1.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>4</i>
2.1.1.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>4</i>
2.1.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>5</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>
<b>2.2</b>	<b>Chumbador de aço CA-50.....</b>	<b>7</b>
2.2.1	Chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento.....	7
2.2.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>7</i>
2.2.1.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>7</i>
2.2.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>7</i>
2.2.1.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>8</i>
2.2.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>8</i>
2.2.1.6	<i>Operações de transporte .....</i>	<i>11</i>
2.2.1.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>12</i>
2.2.2	Chumbador de aço CA-50 com martetele perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento.....	12
2.2.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>12</i>
2.2.2.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>12</i>
2.2.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>13</i>
2.2.2.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>13</i>
2.2.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>13</i>
2.2.2.6	<i>Operações de transporte .....</i>	<i>16</i>
2.2.2.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>17</i>
2.2.3	Chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com injeção de nata de cimento .....	17
2.2.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>17</i>



2.2.3.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	17
2.2.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	17
2.2.3.4	<i>Mão de obra</i> .....	18
2.2.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	18
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>Grampo de aço CA-50 para solo grampeado</b> .....	<b>22</b>
2.3.1	Grampo de aço CA-50 para solo grampeado .....	22
2.3.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	22
2.3.1.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	23
2.3.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	23
2.3.1.4	<i>Mão de obra</i> .....	24
2.3.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	25
2.3.1.6	<i>Operações de transporte</i> .....	29
2.3.1.7	<i>Critérios de medição</i> .....	29
<b>2.4</b>	<b>Tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina de poliéster</b> .....	<b>29</b>
2.4.1	Tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster.....	29
2.4.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	29
2.4.1.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	30
2.4.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	30
2.4.1.4	<i>Mão de obra</i> .....	30
2.4.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	30
2.4.1.6	<i>Operações de transporte</i> .....	33
2.4.1.7	<i>Critérios de medição</i> .....	34
<b>2.5</b>	<b>Instalação de tirante permanente protendido</b> .....	<b>34</b>
2.5.1	Tirante permanente protendido autoinjetável - instalação .....	34
2.5.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	34
2.5.1.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	35
2.5.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	35
2.5.1.4	<i>Mão de obra</i> .....	36
2.5.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	36
2.5.1.6	<i>Operações de transporte</i> .....	39
2.5.1.7	<i>Critérios de medição</i> .....	40
2.5.2	Tirante permanente protendido de barra de aço - instalação .....	40



2.5.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	40
2.5.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	40
2.5.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	40
2.5.2.4	<i>Mão de obra</i>	41
2.5.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	42
2.5.2.6	<i>Operações de transporte</i>	45
2.5.2.7	<i>Critérios de medição</i>	46
2.5.3	Tirante permanente protendido com cordoalha - instalação	47
2.5.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	47
2.5.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	47
2.5.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	47
2.5.3.4	<i>Mão de obra</i>	48
2.5.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	48
2.5.3.6	<i>Operações de transporte</i>	51
2.5.3.7	<i>Critérios de medição</i>	52
<b>2.6</b>	<b>Protensão, ancoragem e grauteamento da cabeça de tirantes</b>	<b>52</b>
2.6.1	Tirante permanente protendido autoinjetável - protensão	52
2.6.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	52
2.6.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	53
2.6.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	53
2.6.1.4	<i>Mão de obra</i>	54
2.6.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	54
2.6.1.6	<i>Operações de transporte</i>	56
2.6.1.7	<i>Critérios de medição</i>	56
2.6.2	Tirante permanente protendido de barra de aço - protensão	57
2.6.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	57
2.6.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	57
2.6.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	57
2.6.2.4	<i>Mão de obra</i>	58
2.6.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	58
2.6.2.6	<i>Operações de transporte</i>	60
2.6.2.7	<i>Critérios de medição</i>	61
2.6.3	Tirante permanente protendido com cordoalha - protensão	61
2.6.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	61
2.6.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	62



2.6.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	62
2.6.3.4	<i>Mão de obra</i>	63
2.6.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	63
2.6.3.6	<i>Operações de transporte</i>	65
2.6.3.7	<i>Critérios de medição</i>	66
<b>2.7</b>	<b>Pintura eletrostática com tinta epóxi em pó</b>	<b>66</b>
2.7.1	Pintura eletrostática com tinta epóxi em pó com espessura de 200 µm	66
2.7.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	66
2.7.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	66
2.7.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	66
2.7.1.4	<i>Mão de obra</i>	67
2.7.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	67
2.7.1.6	<i>Operações de transporte</i>	68
2.7.1.7	<i>Critérios de medição</i>	68
<b>3</b>	<b>FATOR DE CARGA E CONVERSÃO PARA TRANSPORTE</b>	<b>68</b>
<b>3.1</b>	<b>Parâmetros de insumos</b>	<b>68</b>
3.1.1	Massa linear	68
3.1.2	Dimensões	69
<b>3.2</b>	<b>Parâmetros de transporte</b>	<b>69</b>
3.2.1	Quantidade de tubos transportados	69
3.2.2	Massa transportada	69
<b>3.3</b>	<b>Conversão para transporte</b>	<b>69</b>
3.3.1	Fator de carga	69
3.3.2	Cálculo da conversão para transporte	70
<b>APÊNDICE A - RELAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS POR SUBGRUPO - TIRANTES</b>		<b>71</b>



## 1 INTRODUÇÃO

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

Contextualizando acerca do tema, tirantes consistem em elementos estruturais lineares que possuem por finalidade promover a ancoragem de maciços terrosos ou de rocha. O corpo do dispositivo permanece inserido no terreno, transmitindo esforços de tração entre suas extremidades.

A parcela enterrada constitui o trecho ancorado, formando o bulbo. O segmento restante, que liga o dispositivo à extremidade externa (cabeça de ancoragem) é denominado trecho livre. De forma genérica, os tirantes são compostos por cordoalhas, fios ou barras de aço.

A modelagem referencial do SICRO abrange os seguintes procedimentos executivos:

- chumbadores;
- grampos;
- tirantes autoinjetáveis;
- tirantes de barras de aço;
- tirantes em cordoalhas.

### 1.1 Parâmetros referenciais

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

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

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



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

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

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

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

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

a) fator de eficiência

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

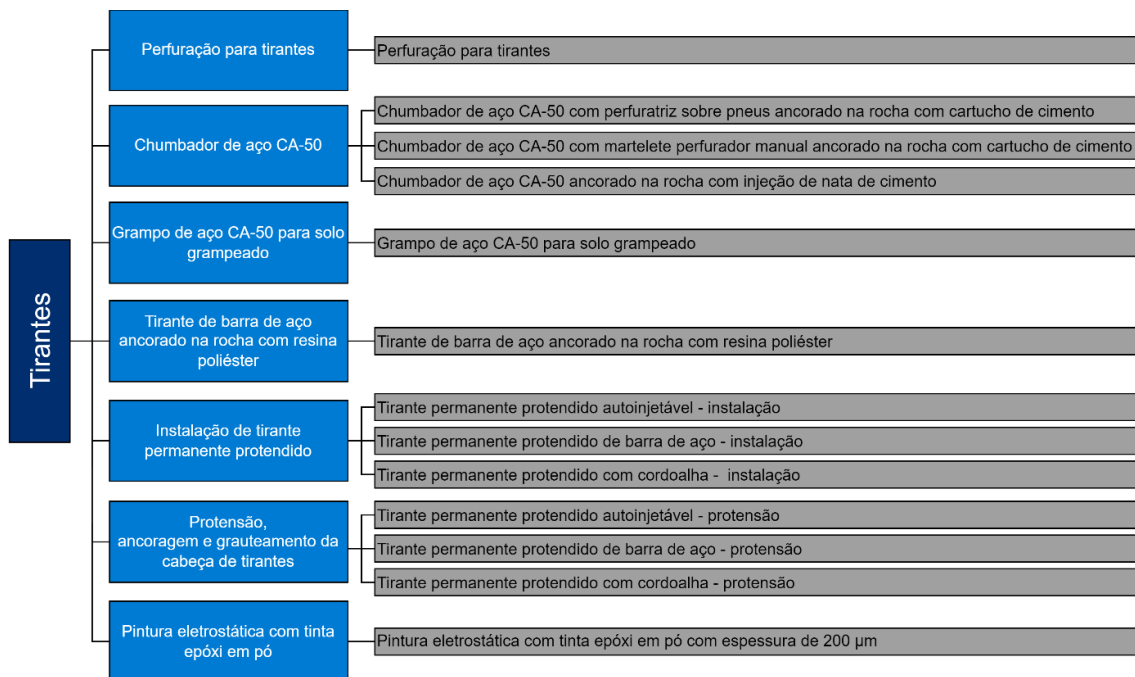
Importante destacar que para as atividades em que a produção horária é estabelecida por meio de métodos empíricos, onde a atribuição do valor é efetuada de forma direta com base em aferições ou bibliografia técnica, caso os parâmetros geradores do fator de eficiência se encontrem incorporados nos procedimentos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



## 2 SERVIÇOS

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

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



Fonte: FGV IBRE

### 2.1 Perfuração para tirantes

#### 2.1.1 Perfuração para tirantes

O serviço consiste na perfuração para instalação de tirantes, por meio da perfuratriz hidráulica rotoperfussiva, em material de 1ª, 2ª ou 3ª categoria.

##### 2.1.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 5629/2018: *Tirantes ancorados no terreno - Projeto e execução.*

##### 2.1.1.2 Metodologia executiva

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





- tirantes autoinjetáveis:
  - acoplamento manual das barras de tirantes autoinjetáveis no equipamento de perfuração;
  - perfuração por meio de perfuratriz hidráulica rotopercussiva.
- tirantes de barra de aço ou com cordoalhas:
  - acoplamento manual das hastes de perfuração no equipamento;
  - perfuração do material por meio de perfuratriz hidráulica rotopercussiva;
  - retirada manual das hastes de perfuração.

#### 2.1.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida exclusivamente pelo equipamento perfuratriz hidráulica rotopercussiva, 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:

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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

C representa o comprimento perfurado, em metros;

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

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

#### 2.1.1.4 Mão de obra

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

- tirantes autoinjetáveis:
  - 1 servente para auxiliar no posicionamento do equipamento e acoplar os tirantes autoinjetáveis.
- tirantes de barra de aço ou com cordoalhas:
  - 1 servente para auxiliar no posicionamento do equipamento, acoplar e retirar as hastes de perfuração.



### 2.1.1.5 Materiais e atividades auxiliares

#### a) coroa de botões e tricone para tirante autoinjetável

Consistem em insumos acoplados ao tirante autoinjetável, utilizados para a execução do furo, apresentando orifícios laterais que permitem a passagem de calda de cimento.

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

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

onde:

Q representa o consumo, em unidades por metro;

n representa os números de elementos perfurantes, em unidades;

H representa a profundidade referencial de perfuração, em metros.

A tabela 1 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 1 - Consumo de coroa de botões e tricone para tirante autoinjetável - perfuração para tirantes**

Código SICRO	Descrição	Número de elementos perfurantes (un)	Profundidade (m)	Consumo (un/m)
M1650	Coroa de botões esféricos	1	20,00	0,05000
M1651	Tricone para tirante autoinjetável	1	20,00	0,05000

#### b) coroa de botões e martelo de fundo DTH

Consistem em insumos acoplados à perfuratriz para a execução do furo que receberá o tirante em barra de aço ou com cordoalha.

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

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

onde:

Q representa o consumo, em unidades por metro;

$V_u$  representa a vida útil da coroa de botões, em unidades por metro.

A tabela 2 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 2 - Consumo de coroa de botões e martelo de fundo - perfuração para tirantes**

Código SICRO	Descrição	Material perfurado	Vida útil (m)	Consumo (un/m)
M2046	Coroa de botões cônicos - TCI tricone - D = 121 mm (4 3/4")	1ª categoria	2.500,00	0,00040
		2ª categoria	2.000,00	0,00050
M1869	Coroa de botões esféricos - D = 120 mm (4 3/4")	3ª categoria	500,00	0,00200
M1874	Martelo de fundo DTH - DN = 102 mm (4")	3ª categoria	2.000,00	0,00050

c) haste de perfuração com rosca API 2 3/8" - D = 73 mm (2 7/8")

Consiste em insumo acoplado à perfuratriz para promover o avanço do equipamento na perfuração.

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

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

onde:

Q representa o consumo, em metros por metro;

$V_u$  representa a vida útil da haste, em metros por metro.

A tabela 3 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

**Tabela 3 - Consumo de haste - perfuração para tirantes**

Material perfurado	Vida útil (m)	Consumo (m/m)
1ª categoria	5.000,00	0,00020
2ª categoria	4.000,00	0,00025
3ª categoria	2.000,00	0,00050

#### 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 perfuração para tirantes deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear de perfuração efetivamente executado.



## 2.2 Chumbador de aço CA-50

### 2.2.1 Chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento

O serviço consiste na instalação de chumbador de aço com perfuratriz sobre pneus em rocha por meio de cartucho de cimento.

#### 2.2.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 5629/2018: *Tirantes ancorados no terreno - Projeto e execução.*

#### 2.2.1.2 Metodologia executiva

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

- perfuração da rocha por meio de perfuratriz de superfície sobre pneus com martelo de topo;
- colocação manual dos cartuchos de cimento nos furos;
- instalação manual das barras de aço e fixação do conjunto de ancoragem no furo.

#### 2.2.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida exclusivamente pelo equipamento perfuratriz de superfície sobre pneus com martelo de topo, 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:

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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

C representa o comprimento perfurado, em metros;

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

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



#### 2.2.1.4 Mão de obra

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

- 2 serventes para colocar os cartuchos de cimento e instalar as barras de aço e o conjunto de ancoragem.

#### 2.2.1.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) aço CA 50

Consiste em insumo utilizado como chumbador, promovendo a transferência de esforços à estrutura ancorada.

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

$$Q = \frac{(C_c + C_a) \times \gamma}{C_c}$$

onde:

Q representa o consumo de barra de aço, em quilogramas por metro;

$C_c$  representa o comprimento do chumbador, em metros;

$C_a$  representa o comprimento adicional da barra de aço, em metros;

$\gamma$  representa a massa linear da barra, em quilogramas por metro.

A tabela 4 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

**Tabela 4 - Consumo de aço CA-50 - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Diâmetro (mm)	Comprimento do chumbador (m)	Comprimento adicional (m)	Massa linear (kg/m)	Consumo (kg/m)
20	4,00	0,30	2,470	2,65525
22	4,00	0,30	3,119	3,35293
25	4,00	0,30	3,930	4,22475

##### b) cartucho de cimento

Consiste em insumo utilizado para ancoragem permanente de barras de aço.

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

$$Q = \frac{n}{C_c}$$



onde:

Q representa o consumo de cartucho de cimento, em unidades por metro;

n representa o número de cartuchos, em unidades;

C<sub>c</sub> representa o comprimento do chumbador, em metros.

O número de cartuchos é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$n = \frac{V_f - V_b}{V_c}$$

onde:

n representa o número de cartuchos, em unidades;

V<sub>f</sub> representa o volume do furo, em centímetros cúbicos;

V<sub>b</sub> representa o volume da barra, em centímetros cúbicos;

V<sub>c</sub> representa o volume de uma unidade de cartucho, em centímetros cúbicos por unidade.

As tabelas 5 e 6 apresentam os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

**Tabela 5 - Número de cartuchos - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Diâmetro da barra (mm)	Diâmetro do furo (mm)	Volume do Furo (cm³)	Volume da Barra (cm³)	Volume do cartucho (cm³/un)	Número de cartuchos (un)
20	30	2.827	1.257	190	9
22	33	3.421	1.521	190	11
25	38	4.536	1.963	190	14

**Tabela 6 - Consumo de cartucho de cimento - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Diâmetro da barra (mm)	Número de cartuchos (un)	Comprimento do chumbador (m)	Consumo (un/m)
20	9	4,00	2,25000
22	11	4,00	2,50000
25	14	4,00	3,50000

### c) conjunto de ancoragem

Consistem em insumos utilizados para ancoragem do chumbador, consoante aos seguintes elementos:

- placa de ancoragem: consiste em elemento utilizado para distribuição das tensões do sistema sobre a estrutura ancorada;
- porca sextavada: consiste em elemento utilizado para manter o tensionamento do chumbador.



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

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

onde:

Q representa o consumo do conjunto de ancoragem, em unidades por metro;

$Q_t$  representa a quantidade por chumbador, em unidades;

$C_c$  representa o comprimento do chumbador, em metros.

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

**Tabela 7 - Consumo de conjunto de ancoragem - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Material	Quantidade (un)	Comprimento (m)	Consumo (un/m)
Placa de ancoragem	1	4,00	0,25000
Porca de aço	1	4,00	0,25000

#### d) série de brocas integrais

Consiste em insumo acoplado à perfuratriz para a execução dos furos em rocha.

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

$$Q = \frac{1}{V_{mb}}$$

onde:

Q representa o consumo, em unidades por metro;

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

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

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

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

onde:

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

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



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

A tabela 8 apresenta os parâmetros referenciais adotados no cálculo da vida útil média da broca.

**Tabela 8 - Vida útil média da broca - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento**

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 9 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 9 - Consumo de série de brocas integrais - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Código SICRO	Descrição	Vida útil (m/un)	Consumo (un/m)
M1337	Série de brocas integrais S11	195,00	0,00513
M2145	Série de brocas integrais S12	195,00	0,00513

#### 2.2.1.6 Operações de transporte

A tabela 10 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 10 - Serviços empregados nas operações de transporte - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Descrição	Código SICRO	Descrição
Aço, cartucho de cimento e conjunto de ancoragem	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

A tabela 11 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.





**Tabela 11 - Fator de conversão de transporte - chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0004	Aço CA 50	0,00100 t/kg
M1819	Cartucho de cimento - D = 25 mm e C = 320 mm	0,00027 t/un
M1990	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 16,0 mm e seção de 160 x 160 mm	0,00081 t/un
M3091	Porca sextavada em aço para ancoragem de tirantes - D = 38 mm e C = 55 mm	0,00008 t/un
M2019	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 38 mm e C = 60 mm	0,00032 t/un
M2094	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 49 mm e C = 60 mm	0,00062 t/un

#### 2.2.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

#### 2.2.2 Chumbador de aço CA-50 com martelete perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento

O serviço consiste na instalação de chumbador de aço em rocha, com uso de perfurador manual e cartucho de cimento.

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

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

- ABNT NBR 5629/2018: *Tirantes ancorados no terreno - Projeto e execução.*

##### 2.2.2.2 Metodologia executiva

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

- acoplamento manual do punho e haste de perfuração com luva de acoplamento;
- perfuração do material por meio do martelete perfurador;
- retirada manual da haste de perfuração e conexão das hastes de extensão à medida que a perfuração avança;
- finalização da perfuração da rocha por meio do martelete perfurador;
- colocação manual dos cartuchos de cimento nos furos;
- instalação manual das barras de aço no furo e fixação do conjunto de ancoragem.



### 2.2.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

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

a) martelete perfurador a ar comprimido

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

C representa o comprimento perfurado, 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.

### 2.2.2.4 Mão de obra

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

- 2 serventes para auxiliar no acoplamento das hastes, colocar os cartuchos de cimento, instalar as barras de aço e o conjunto de ancoragem.

### 2.2.2.5 Materiais e atividades auxiliares

a) aço CA-50

Consiste em chumbador monobarra de aço CA-50.

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

$$Q = \frac{(C_c + C_a) \times \gamma}{C_c}$$

onde:

Q representa o consumo de barra de aço, em quilogramas por metro;

C<sub>c</sub> representa o comprimento do chumbador, em metros;

C<sub>a</sub> representa o comprimento adicional da barra de aço, em metros;

γ representa a massa linear da barra, em quilogramas por metro.



A tabela 12 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 12 - Consumo de tirante em aço - chumbador de aço CA-50 com martetele perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Comprimento do chumbador (m)	Comprimento adicional (m)	Massa linear (kg/m)	Consumo (kg/m)
4,00	0,30	6,313	6,78648

**b) cartucho de cimento**

Consiste em insumo utilizado para ancoragem permanente de barras de aço.

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

$$Q = \frac{n}{C_c}$$

onde:

Q representa o consumo de cartucho de cimento, em unidades por metro;

n representa o número de cartuchos, em unidades;

C<sub>c</sub> representa o comprimento do chumbador, em metros.

O número de cartuchos é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$n = \frac{V_f - V_b}{V_c}$$

onde:

n representa o número de cartuchos, em unidades;

V<sub>f</sub> representa o volume do furo, em centímetros cúbicos;

V<sub>b</sub> representa o volume da barra, em centímetros cúbicos;

V<sub>c</sub> representa o volume de uma unidade de cartucho, em centímetros cúbicos por unidade.

A tabela 13 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 13 - Consumo de cartucho de cimento - chumbador de aço CA-50 com martetele perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Diâmetro da barra (mm)	Diâmetro do furo (mm)	Volume da barra (cm³)	Volume do furo (cm³)	Volume do cartucho (cm³/un)	Número de cartuchos (un)	Comprimento do chumbador (m)	Consumo (un/m)
32	48	3.217	7.238	190	22	4,00	5,50000



## c) conjunto de ancoragem

Consistem em insumos utilizados para ancoragem do chumbador, consoante aos seguintes elementos:

- placa de ancoragem: consiste em elemento utilizado para distribuição das tensões do sistema sobre a estrutura ancorada;
- porca sextavada: consiste em elemento utilizado para manter o tensionamento do chumbador.

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

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

onde:

Q representa o consumo do conjunto de ancoragem, em unidades por metro;

$Q_t$  representa a quantidade por chumbador, em unidades;

$C_c$  representa o comprimento do chumbador, em metros.

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

**Tabela 14 - Consumo de conjunto de ancoragem - chumbador de aço CA-50 com martetele perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Código SICRO	Descrição	Quantidade (un)	Comprimento (m)	Consumo (un/m)
M1990	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 16,0 mm e seção de 160 x 160 mm	1	4,00	0,25000
M3091	Porca sextavada em aço para ancoragem de tirantes - 20 mm ≤ D ≤ 40 mm	1	4,00	0,25000

## d) equipamentos seccionados

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

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

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

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



onde:

Q represente o consumo do material, em unidades por metro;  
 $V_u$  representa a vida útil do material, em metros por unidade.

A tabela 15 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 15 - Consumo de equipamentos seccionados - chumbador de aço CA-50 com martelete perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Código SICRO	Descrição	Vida útil (m/un)	Consumo (un/m)
M1728	Punho linha R25 para martelete perfurador e rompedor - D = 25 mm (1")	600,00	0,00167
M1729	Haste linha R25 para martelete perfurador e rompedor - D = 25mm (1") e C = 1,00 m	500,00	0,00200
M1730	Luva de acoplamento linha R25 para martelete perfurador e rompedor - D = 25,0 mm (1")	300,00	0,00333
M1895	Coroa de botões esféricos linha R25 - D = 48 mm (1 7/8")	250,00	0,00400

#### 2.2.2.6 Operações de transporte

A tabela 16 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 16 - Serviços empregados nas operações de transporte - chumbador de aço CA-50 com martelete perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Descrição	Código SICRO	Descrição
Aço, cartucho de cimento, conjunto de ancoragem e equipamentos seccionados	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

A tabela 17 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 17 - Fator de conversão de transporte - chumbador de aço CA-50 com martelete perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0004	Aço CA 50	0,00100 t/kg
M1819	Cartucho de cimento - D = 25 mm e C = 320 mm	0,00027 t/un
M1729	Haste linha R25 para martelete perfurador e rompedor - D = 25 mm (1") e C = 1,00 m	0,00390 t/un
M1990	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 16,0 mm e seção de 160 x 160 mm	0,00081 t/un
M3091	Porca sextavada em aço para ancoragem de tirantes - D = 38 mm e C = 55 mm	0,00008 t/un



#### 2.2.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de chumbador em aço com martelete perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento deve ser realizada em metros, em função do comprimento efetivamente ancorado.

#### 2.2.3 Chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com injeção de nata de cimento

O serviço consiste na instalação de chumbador de aço com perfuratriz sobre pneus em rocha por meio da injeção de nata de cimento.

##### 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 5629/2018: *Tirantes ancorados no terreno - Projeto e execução*;
- ABNT NBR 7681-1/2013: *Calda de cimento para injeção - Parte 1: Requisitos*.

##### 2.2.3.2 Metodologia executiva

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

- perfuração da rocha por meio de perfuratriz de superfície sobre pneus com martelo de topo para formação das bainhas;
- instalação manual das barras de aço e fixação do conjunto de ancoragem no furo;
- confecção da nata de cimento por meio de misturador;
- injeção da nata de cimento por meio de bomba.

##### 2.2.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- perfuratriz de superfície sobre pneus com martelo de topo: líder de equipe;
- bomba para injeção de nata de cimento;
- grupo gerador;
- misturador de nata de cimento.

a) perfuratriz de superfície sobre pneus com martelo de topo

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



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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

C representa o comprimento perfurado, em metros;

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

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

#### b) misturador de nata de cimento

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

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

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

F<sub>cv</sub> representa o fator de conversão, em quilogramas por metro;

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

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

Ao passo que a utilização dos equipamentos ocorre de forma parcial durante a execução das atividades, é imputada a utilização operativa integral com quantidades fracionadas.

#### 2.2.3.4 Mão de obra

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

- 3 serventes para abastecer o misturador, operar a bomba de injeção e instalar as barras de aço e o conjunto de ancoragem.

#### 2.2.3.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) aço CA-50

Consiste em insumo utilizado como chumbador, promovendo a transferência de esforços à estrutura ancorada.

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



$$Q = \frac{(C_c + C_a) \times \gamma}{C_c}$$

onde:

Q representa o consumo de barra de aço, em quilogramas por metro;

$C_c$  representa o comprimento do chumbador, em metros;

$C_a$  representa o comprimento adicional da barra de aço, em metros;

$\gamma$  representa a massa linear da barra, em quilogramas por metro.

A tabela 18 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 18 - Consumo de aço CA-50 - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento**

Comprimento do chumbador (m)	Comprimento adicional (m)	Massa linear (kg/m)	Consumo (kg/m)
4,00	0,30	2,470	2,65525

b) cimento Portland CP II - 32 - saco

Consiste em insumo aglomerante utilizado na confecção da nata de cimento.

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

$$Q = V \times \rho \times p\% \times (1 + k)$$

onde:

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

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

$\rho$  representa a massa específica da nata de cimento, em quilogramas por metro cúbico;

$p\%$  representa a porcentagem de cimento na nata;

k representa a perda de material.

O volume de nata de cimento é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$V = V_p - V_b$$

onde:

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

$V_p$  representa o volume da perfuração, em metros cúbicos por metro;

$V_b$  representa o volume ocupado pela barra de aço, em metros cúbicos por metro.

As tabelas 19 e 20 apresentam os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.





**Tabela 19 - Relação de percentual dos quantitativos dos insumos apropriados na nata de cimento - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento**

Insumo	Quantidade de insumo	Massa do insumo (kg)	Porcentagem de insumo (%)
Cimento	1,00 kg	1,000	66,7
Água	0,500 l	0,500	33,3
<b>Nata de cimento</b>		<b>1,500</b>	<b>100,0</b>

**Tabela 20 - Consumo de cimento Portland CP II - 32 - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento**

Perfuração		Barra de aço		Massa específica da nata (kg/m³)	Porcentagem de cimento na nata (%)	Perda de material (%)	Consumo (kg/m)
Diâmetro (m)	Volume (m³/m)	Diâmetro (m)	Volume (m³/m)				
0,035	0,00096	0,02	0,00031	1.900,00	66,7	5,00	0,86493

### c) conjunto de ancoragem

Consistem em insumos utilizados para ancoragem do chumbador, consoante aos seguintes elementos:

- placa de ancoragem: consiste em elemento utilizado para distribuição das tensões do sistema sobre a estrutura ancorada;
- porca sextavada: consiste em elemento utilizado para manter o tensionamento do chumbador.

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

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

onde:

Q representa a quantidade do conjunto de ancoragem, em unidades por metro;

$Q_t$  representa a quantidade por chumbador, em unidades;

$C_c$  representa o comprimento do chumbador, em metros.

A tabela 21 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 21 - Consumo de conjunto de ancoragem - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento**

Código SICRO	Descrição	Quantidade (un)	Comprimento (m)	Consumo (un/m)
M1990	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 16,0 mm e seção de 160 x 160 mm	1	4,00	0,25000
M3091	Porca sextavada em aço para ancoragem de tirantes - D = 38 mm e C = 55 mm	1	4,00	0,25000



## d) série de brocas integrais

Consiste em insumo acoplado à perfuratriz para execução dos furos em rocha.

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

$$Q = \frac{1}{V_{mb}}$$

onde:

Q representa o consumo, em unidades por metro;

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

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

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

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

onde:

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

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

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

A tabela 22 apresenta os parâmetros referenciais adotados no cálculo da vida útil média da broca.

**Tabela 22 - Vida útil média da broca - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento**

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

**Tabela 23 - Consumo de série de brocas integrais - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento**

Código SICRO	Descrição	Vida útil (m/un)	Consumo (un/m)
M1337	Série de brocas integrais S11	195,00	0,00513



### 2.2.3.6 Operações de transporte

A tabela 24 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 24 - Serviços empregados nas operações de transporte - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento**

Descrição	Código SICRO	Descrição
Aço, cimento e conjunto de ancoragem	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

A tabela 25 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 25 - Fator de conversão de transporte - chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0004	Aço CA 50	0,00100 t/kg
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	0,00100 t/kg
M1990	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 16,0 mm e seção de 160 x 160 mm	0,00081 t/un
M3091	Porca sextavada em aço para ancoragem de tirantes - 20 mm ≤ D ≤ 40 mm	0,00008 t/un

### 2.2.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de chumbador de aço CA-50 ancorado na rocha com injeção de nata de cimento deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

## 2.3 Grampo de aço CA-50 para solo grampeado

### 2.3.1 Grampo de aço CA-50 para solo grampeado

O serviço consiste na execução de solo grampeado, por meio da perfuração do maciço e inserção de barras de aço, posicionadas em uma inclinação entre 5° a 30°, de forma a introduzir esforços resistentes de tração e cisalhamento.

A atividade constitui um sistema de contenção de taludes que emprega chumbadores e concreto projetado.

#### 2.3.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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



- ABNT NBR 7681-1/2013: *Calda de cimento para injeção - Parte 1: Requisitos;*
- ABNT NBR 16920-2/2021: *Muros e taludes em solos reforçados - Parte 2: Solos grampeados.*

### 2.3.1.2 Metodologia executiva

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

- acoplamento manual das hastes de perfuração;
- perfuração do substrato por meio de perfuratriz hidráulica;
- retirada manual das hastes de perfuração;
- confecção da nata de cimento por meio de misturador;
- injeção da nata de cimento por meio de bomba para execução da bainha;
- preparação manual dos grampos;
- inserção manual dos grampos e tubo de injeção na bainha;
- injeção da nata de cimento setorizada por meio de bomba.

### 2.3.1.3 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:

- bomba para injeção de nata de cimento;
- grupo gerador;
- misturador de nata de cimento;
- perfuratriz hidráulica rotopercussiva.

As produtividades foram estabelecidas por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 26.

**Tabela 26 - Produções de equipe - grampo de aço CA-50 para solo grampeado**

Código SICRO	Descrição	Produção de equipe (m/h)
5605894	Grampo de aço CA-50 D = 12,5 mm para solo grampeado com capacidade de 30 kN - fornecimento, perfuração e instalação	14,78
5605895	Grampo de aço CA-50 D = 16 mm para solo grampeado com capacidade de 50 kN - fornecimento, perfuração e instalação	14,82
5605896	Grampo de aço CA-50 D = 20 mm para solo grampeado com capacidade de 80 kN - fornecimento, perfuração e instalação	14,91



## a) perfuratriz hidráulica rotopercussiva

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

C<sub>g</sub> representa o comprimento do grampo, em metros;

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

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

## b) misturador de nata de cimento

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

Cap representa a capacidade do misturador, em quilogramas;

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

F<sub>cv</sub> representa o fator de conversão, em quilogramas por metro;

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

Ao passo que a utilização dos equipamentos ocorre de forma parcial durante a execução das atividades, é imputada a utilização operativa integral com quantidades fracionadas.

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

#### 2.3.1.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 armador para preparar os grampos de aço;
- 1 ajudante para inserir os grampos nas bainhas, auxiliar no posicionamento do equipamento, acoplar e retirar as hastes de perfuração;
- 2 serventes para acoplar e abastecer o misturador e operar a bomba de injeção.



### 2.3.1.5 Materiais e atividades auxiliares

#### a) aço CA-50

Consiste em insumo utilizado como chumbador, promovendo a transferência de esforços à estrutura ancorada.

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

$$Q = \frac{(C_g + C_a) \times \gamma}{C_g}$$

onde:

Q representa a quantidade de barra de aço, em quilogramas por metro;

$C_g$  representa o comprimento do grampo da perfuração, em metros;

$C_a$  representa o comprimento adicional da barra de aço, em metros;

$\gamma$  representa a massa linear da barra, em quilogramas por metro.

A tabela 27 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

**Tabela 27 - Consumo de aço CA-50 - grampo de aço CA-50 para solo grampeado**

Dímetro (mm)	Comprimento do grampo (m)	Comprimento adicional (m)	Massa linear (kg/m)	Consumo (kg/m)
12,5	6,00	0,20	0,990	1,02300
16	6,00	0,20	1,580	1,63267
20	6,00	0,20	2,470	2,55233

#### b) cimento Portland CP II - 32 - saco

Consiste em insumo aglomerante utilizado na confecção da nata de cimento.

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

$$Q = V \times \rho \times p\% \times (1 + k)$$

onde:

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

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

$\rho$  representa a massa específica da nata de cimento, em quilogramas por metro cúbico;

$p\%$  representa a porcentagem de cimento na nata;

k representa a perda de material.

O volume de nata de cimento é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$V = V_b + V_i = (V_p - V_a - V_t) + V_i$$

onde:

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

$V_b$  representa o volume da bainha, em metros cúbicos por metro;

$V_i$  representa o volume da injeção setorizada, em metros cúbicos por metro;

$V_p$  representa o volume da perfuração, em metros cúbicos por metro;

$V_a$  representa o volume ocupado pela barra de aço, em metros cúbicos por metro;

$V_t$  representa o volume ocupado pelo tubo PEAD, em metros cúbicos por metro.

As tabelas 28, 29 e 30 apresentam os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

**Tabela 28 - Relação dos quantitativos dos insumos apropriados na nata de cimento - grampo de aço CA-50 para solo grampeado**

Insumo	Quantidade	Massa (kg)	Porcentagem de insumo (%)
Cimento	1,00 kg	1,00	66,7
Água	0,500 l	0,500	33,3
<b>Nata de cimento</b>		<b>1,500</b>	<b>100,0</b>

**Tabela 29 - Volume de nata de cimento - grampo de aço CA-50 para solo grampeado**

Grampo		Perfuração		Tubo PEAD		Volume da injeção setorizada (m³/m)	Volume de nata de cimento (m³/m)
Diâmetro (mm)	Volume (m³/m)	Diâmetro (mm)	Volume (m³/m)	Diâmetro (mm)	Volume (m³/m)		
12,5	0,00012	76	0,00454	20	0,00011	0,01000	0,01431
16	0,00020	76	0,00454	20	0,00011	0,01000	0,01423
20	0,00031	76	0,00454	20	0,00011	0,01000	0,01412

**Tabela 30 - Consumo de cimento - grampo de aço CA-50 para solo grampeado**

Diâmetro do grampo (mm)	Volume de nata de cimento (m³/m)	Massa específica da nata (kg/m³)	Porcentagem de cimento na nata (%)	Perda de material (%)	Consumo (kg/m)
12,5	0,01431	1.900,00	66,7	5,00	19,04182
16	0,01423	1.900,00	66,7	5,00	18,93536
20	0,01412	1.900,00	66,7	5,00	18,78899

c) espaçador plástico tipo centralizador carambola para grampo de barra de aço -  $D \leq 25,4$  mm

Consiste em insumo utilizado para promover o cobrimento uniforme e auxiliar no posicionamento da barra de aço no furo.

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



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

onde:

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

n representa a quantidade de espaçadores, em unidades;

C representa o comprimento referencial, em metros.

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

**Tabela 31 - Consumo de espaçador - grampo de aço CA-50 para solo grampeado**

Quantidade de espaçador (un)	Comprimento referencial (m)	Consumo (un/m)
1	2,00	0,50000

d) haste de perfuração com rosca API 2 3/8" - D = 73 mm (2 7/8")

Consiste em insumo acoplado à perfuratriz para promover o avanço do equipamento na perfuração.

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

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

onde:

Q representa o consumo de haste de perfuração, em metros por metro;

C representa o comprimento de referência, em metros;

V<sub>u</sub> representa a vida útil, em metros.

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

**Tabela 32 - Consumo de haste de perfuração - grampo de aço CA-50 para solo grampeado**

Código SICRO	Descrição	Comprimento de referência (m)	Vida útil (m)	Consumo (m/m)
M1875	Haste de perfuração com rosca API 2 3/8" - D = 73 mm (2 7/8")	1,00	5.000,00	0,00020

e) coroa de botões cônicos - TCI tricône - D = 75 mm (2 15/16")

Consiste em insumo acoplado à perfuratriz para a execução dos furos.

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





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

onde:

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

$V_u$  representa a vida útil média das brocas, em metros por unidade.

A tabela 33 apresenta o parâmetro referencial adotado e o respectivo consumo do material.

**Tabela 33 - Consumo de coroa de botões cônicos - grampo de aço CA-50 para solo grampeado**

Código SICRO	Descrição	Vida útil média (m/un)	Consumo (un/m)
M2028	Coroa de botões cônicos - TCI tricone - D = 75 mm (2 15/16")	2.000,00	0,00050

f) tubo PEAD PE 80 PN 16 - D = 20 mm

Consiste em insumo utilizado para a injeção setorizada da nata de cimento, no qual são montadas as válvulas do tipo manchete.

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

g) válvula manchete - D = 20 mm

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

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

$$Q = \frac{C_g - C_t}{E \times C_g}$$

onde:

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

$C_g$  representa o comprimento do grampo, em metros;

$C_t$  representa o comprimento prescindível do topo, em metros;

E representa o espaçamento entre as válvulas, em metros por unidade.

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

**Tabela 34 - Consumo de válvula manchete - grampo de aço CA-50 para solo grampeado**

Comprimento do grampo (m)	Comprimento prescindível do topo (m)	Espaçamento (m/un)	Consumo (un/m)
6,00	1,50	0,50	1,50000



### 2.3.1.6 Operações de transporte

A tabela 35 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 35 - Serviços empregados nas operações de transporte - grampo de aço CA-50 para solo grampeado**

Descrição	Código SICRO	Descrição
Aço, cimento e tubo PEAD	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

A tabela 36 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 36 - Fator de conversão de transporte - grampo de aço CA-50 para solo grampeado**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0004	Aço CA 50	0,00100 t/kg
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	0,00100 t/kg
M1880	Tubo PEAD PE 80 PN 16 - D = 20 mm	0,00013 t/m

### 2.3.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de grampo com aço CA-50 para solo grampeado deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

## 2.4 Tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina de poliéster

### 2.4.1 Tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster

O serviço consiste na instalação de tirante de barra de aço em rocha por meio de cartucho com resina poliéster.

#### 2.4.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 5629/2018: *Tirantes ancorados no terreno - Projeto e execução.*



#### 2.4.1.2 Metodologia executiva

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

- perfuração da rocha por meio de jumbo eletro-hidráulico;
- inserção manual dos cartuchos de resina poliéster no furo;
- inserção dos tirantes e fixação do conjunto de ancoragem no furo por meio de jumbo eletro-hidráulico.

#### 2.4.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida de forma conjunta pelos seguintes equipamentos:

- jumbo eletro-hidráulico: líder de equipe;
- grupo gerador.

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

C representa o comprimento do tirante, em metros;

$n_b$  representa o número de braços;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

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

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

#### 2.4.1.4 Mão de obra

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

- 2 frentistas de túnel para inserir os cartuchos de resina no furo e auxiliar no posicionamento do jumbo, de forma a garantir a correta furação, e na instalação do sistema de ancoragem.

#### 2.4.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) cartucho de resina poliéster - D = 38 mm e C = 500 mm

Consiste em insumo utilizado para ancoragem permanente dos tirantes de barras de aço, composto por uma pasta de resina de poliéster e um catalisador em estado pastoso.



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

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

onde:

Q representa o consumo de cartucho de cimento, em unidades por metro;

n representa o número de cartuchos, em unidades;

C representa o comprimento do tirante, em metros.

O número de cartuchos é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$n = \frac{V_f - V_b}{V_c}$$

onde:

n representa o número de cartuchos, em unidades;

$V_f$  representa o volume do furo, em metros cúbicos;

$V_b$  representa o volume do tirante, em metros cúbicos;

$V_c$  representa o volume de uma unidade de cartucho, em metros cúbicos por unidade.

A tabela 37 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

**Tabela 37 - Consumo de cartucho de resina poliéster - tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster**

Tirante		Perfuração		Volume do cartucho (m³/un)	Número de cartuchos (un)	Comprimento do tirante (m)	Consumo (un/m)
Diâmetro (mm)	Volume (m³/un)	Diâmetro (mm)	Volume (m³/un)				
19	0,00113	43	0,00581	0,00057	8	4,00	2,00000
22	0,00152	43	0,00581	0,00057	7	4,00	1,75000
25	0,00196	43	0,00581	0,00057	6	4,00	1,50000
32	0,00322	51	0,00817	0,00057	8	4,00	2,00000
36	0,00407	51	0,00817	0,00057	7	4,00	1,75000

#### b) dimensionamento dos equipamentos seccionados

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

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



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

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

onde:

Q representa o consumo, em unidades por metro;

$V_u$  representa a vida útil, em metros por unidade.

A tabela 38 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 38 - Vida útil e consumo dos equipamentos seccionados - tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster**

Código SICRO	Equipamento seccionado para jumbo	Vida útil (m/un)	Consumo (un/m)
M0199	Coroa de botões cruzados linha R32 - D = 43 mm (1 11/16")	200,00	0,00500
M2071	Coroa de botões esféricos linha T38 - D = 51 mm (2")	200,00	0,00500
M2070	Haste linha R/T38 - R32 para jumbo hidráulico - D = 38 mm (1 1/2") e C = 4,50 m	900,00	0,00111
M2073	Punho linha T38 para jumbo hidráulico - D = 38 mm (1 1/2")	1.100,00	0,00091
M2072	Luva de acoplamento linha T38 para jumbo hidráulico - D = 38,0 mm (1 1/2")	700,00	0,00143

#### c) conjunto de ancoragem

Consistem em insumos utilizados para ancoragem do tirante, consoante aos seguintes elementos:

- placa de ancoragem: consiste em elemento utilizado para distribuição das tensões do sistema sobre a estrutura ancorada;
- porca em aço: consiste em elemento utilizado para manter o tensionamento do tirante.

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

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

onde:

Q representa o consumo do conjunto de ancoragem, em unidades por metro;

$Q_t$  representa a quantidade por chumbador, em unidades;

$C_c$  representa o comprimento do chumbador, em metros.

A tabela 39 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.



**Tabela 39 - Consumo de conjunto de ancoragem - tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster**

Material	Quantidade (un)	Comprimento (m)	Consumo (un/m)
Placa de ancoragem	1	4,00	0,25000
Porca de aço	1	4,00	0,25000

d) tirante de barra de aço

Consiste em insumo utilizado para transmitir esforços de tração para o elemento de contenção.

O consumo referencial adotado é de 1,05 m por unidade de serviço executado, já incorporada uma taxa de perda de 5,00%.

**2.4.1.6 Operações de transporte**

A tabela 40 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 40 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster**

Descrição	Código SICRO	Descrição
Tirantes, conjunto de ancoragem e cartucho de resina	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

A tabela 41 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 41 - Fator de conversão de transporte - tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M1820	Cartucho de resina poliéster - D = 38 mm e C = 500 mm	0,00117 t/un
M3501	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 12,7 mm e seção de 160 x 160 mm	0,00252 t/un
M2100	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 16,0 mm e seção de 140 x 140	0,00240 t/un
M1990	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 16,0 mm e seção de 160 x 160 mm	0,00081 t/un
M2088	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 20,0 mm e seção de 200 x 200 mm	0,00605 t/un
M2087	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 25,4 mm e seção de 225 x 225 mm	0,00970 t/un



**Tabela 41 - Fator de conversão de transporte - tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster (2/2)**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M2017	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 38 mm e C = 55 mm	0,00034 t/un
M2019	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 38 mm e C = 60 mm	0,00032 t/un
M2094	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 49 mm e C = 60 mm	0,00062 t/un
M2095	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 60 mm e C = 90 mm	0,00101 t/un
M2096	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 60 mm e C = 110 mm	0,00263 t/un
M2101	Porca sextavada em aço para ancoragem de tirantes - D = 41 mm e C = 50 mm	0,00038 t/un
M2586	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 700 MPa, tensão de ruptura = 800 MPa e D = 19 mm	0,00213 t/m
M2587	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 700 MPa, tensão de ruptura = 800 MPa e D = 22 mm	0,00306 t/m
M2585	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 520 MPa, tensão de ruptura = 690 MPa e D = 25 mm	0,00372 t/m
M2588	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 700 MPa, tensão de ruptura = 800 MPa e D = 25 mm	0,00373 t/m
M2589	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 700 MPa, tensão de ruptura = 800 MPa e D = 32 mm	0,00687 t/m
M2590	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 700 MPa, tensão de ruptura = 800 MPa e D = 36 mm	0,00785 t/m

#### 2.4.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina de poliéster deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

## 2.5 Instalação de tirante permanente protendido

### 2.5.1 Tirante permanente protendido autoinjetável - instalação

O serviço consiste na instalação de tirante permanente protendido e autoinjetável, por meio de nata de cimento.

O dispositivo atua como haste de avanço na perfuração e elemento estrutural, além de possuir a seção interna vazada por toda sua extensão, permitindo a injeção da nata de cimento.

#### 2.5.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 5629/2018: *Tirantes ancorados no terreno - Projeto e execução.*



### 2.5.1.2 Metodologia executiva

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

- montagem manual dos tirantes com as luvas e os espaçadores;
- confecção da nata de cimento por meio de misturador;
- injeção da nata de cimento por meio de bomba.

### 2.5.1.3 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:

- bomba para injeção de nata de cimento;
- grupo gerador;
- misturador de nata de cimento.

As produtividades foram estabelecidas por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 42.

**Tabela 42 - Produções de equipe - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação**

Código SICRO	Descrição	Produção de equipe (m/h)
5605957	Tirante permanente protendido autoinjetável de aço D = 40 mm, seção de 684 mm <sup>2</sup> , tensão de escoamento = 440 MPa e tensão de ruptura = 580 MPa - exceto perfuração	7,85489
5605958	Tirante permanente protendido autoinjetável de aço D = 40 mm, seção de 822 mm <sup>2</sup> , tensão de escoamento = 470 MPa e tensão de ruptura = 600 MPa - exceto perfuração	7,85489
5605959	Tirante permanente protendido autoinjetável de aço D = 40 mm, seção de 936 mm <sup>2</sup> , tensão de escoamento = 700 MPa e tensão de ruptura = 830 MPa - exceto perfuração	7,85489
5605960	Tirante permanente protendido autoinjetável de aço D = 50 mm, seção de 1.330 mm <sup>2</sup> , tensão de escoamento = 630 MPa e tensão de ruptura = 740 MPa - exceto perfuração	8,01932
5605961	Tirante permanente protendido autoinjetável de aço D = 50 mm, seção de 1.569 mm <sup>2</sup> , tensão de escoamento = 630 MPa e tensão de ruptura = 740 MPa - exceto perfuração	8,01932

#### a) misturador de nata de cimento

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





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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

$C_{ap}$  representa a capacidade do misturador, em quilogramas;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

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

$F_{cv}$  representa o fator de conversão, em quilogramas por metro.

Ao passo que a utilização dos equipamentos ocorre de forma parcial durante a execução das atividades, é imputada a utilização operativa integral com quantidades fracionadas.

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

#### 2.5.1.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar na montagem dos tirantes, abastecer o misturador e operar a bomba de injeção;
- 1 armador para montar os tirantes.

#### 2.5.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) cimento Portland CP II - 32 - saco

Consiste em insumo aglomerante utilizado na confecção da nata de cimento.

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

$$Q = V \times \rho \times p\% \times (1 + k)$$

onde:

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

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

$\rho$  representa a massa específica da nata de cimento, em quilogramas por metro cúbico;

$p\%$  representa a porcentagem de cimento na nata;

k representa a perda de material.

O volume de nata de cimento é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$V = V_l + V_a = \frac{(V_p - V_b)}{2} + \frac{(V_p - V_t)}{2}$$

onde:

V representa o volume de nata de cimento, em metros cúbicos por metro;  
 V<sub>l</sub> representa o volume do trecho livre, em metros cúbicos por metro;  
 V<sub>a</sub> representa o volume do trecho ancorado, em metros cúbicos por metro;  
 V<sub>p</sub> representa o volume da perfuração, em metros cúbicos por metro;  
 V<sub>b</sub> representa o volume do tubo de proteção, em metros cúbicos por metro;  
 V<sub>t</sub> representa o volume ocupado pelo tirante, em metros cúbicos por metro.

As tabelas 43, 44 e 45 apresentam os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

**Tabela 43 - Relação dos quantitativos dos insumos apropriados na nata de cimento - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação**

Insumo	Quantidade de insumo	Massa do insumo (kg)	Porcentagem de insumo (%)
Cimento	1,00 kg	1,000	66,7
Água	0,500 l	0,500	33,3
<b>Nata de cimento</b>		<b>1,500</b>	<b>100,0</b>

**Tabela 44 - Volume de nata de cimento - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação**

Tirante		Perfuração		Tubo PEAD		Volume de nata de cimento (m³/m)
Diâmetro (mm)	Volume (m³/m)	Diâmetro (mm)	Volume (m³/m)	Diâmetro (mm)	Volume (m³/m)	
40	0,00125	120	0,01131	50	0,00196	0,00970
50	0,00196	120	0,01131	63	0,00311	0,00877

**Tabela 45 - Consumo de cimento - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação**

Diâmetro do tirante (mm)	Volume de nata de cimento (m³/m)	Massa específica da nata (kg/m³)	Porcentagem de cimento na nata (%)	Perda de material (%)	Consumo (kg/m)
40	0,00970	1.900,00	66,7	5,00	12,90745
50	0,00877	1.900,00	66,7	5,00	11,66993

b) espaçador plástico tipo centralizador carambola para tirante

Consiste em insumo utilizado para promover o cobrimento uniforme e auxiliar no posicionamento da barra de aço no furo.

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



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

onde:

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

n representa a quantidade de espaçadores, em unidades;

C representa o comprimento referencial, em metros.

A tabela 46 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 46 - Consumo de espaçador - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação**

Quantidade de espaçador (un)	Comprimento referencial (m)	Consumo (un/m)
1	2,00	0,50

c) luva em aço para emenda de tirantes

Consiste em insumo utilizado para promover a junção das barras de tirantes.

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

$$Q = \frac{1}{C_{ti}}$$

onde:

Q representa a quantidade de luva, em unidades por metro;

C<sub>ti</sub> representa o comprimento do tirante, em metros por unidade.

A tabela 47 apresenta o parâmetro referencial adotado e o respectivo consumo do material.

**Tabela 47 - Consumo de luva de emenda - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação**

Comprimento do tirante (m/un)	Consumo (un/m)
6,00	0,16667

d) tirante autoinjetável

Consiste em insumo utilizado como dispositivo de perfuração e elemento de transmissão de esforços de tração.

O consumo referencial adotado é de 1,05 m por unidade de serviço executado, já incorporada uma taxa de perda de 5,00%.



e) tubo PEAD PE 80 PN 8

Consiste em insumo utilizado para a proteção do trecho livre do tirante.

O consumo referencial adotado é de 0,50 m por unidade de serviço executado.

#### 2.5.1.6 Operações de transporte

A tabela 48 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 48 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação**

Descrição	Código SICRO	Descrição
Tirante autoinjetável de aço	5915015	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria com capacidade de 11 t e com guindauto de 45 t.m
	5915012	Transporte com caminhão carroceria com capacidade de 11 t e com guindauto de 45 t.m - rodovia em leito natural
	5915013	Transporte com caminhão carroceria com capacidade de 11 t e com guindauto de 45 t.m - rodovia em revestimento primário
	5915014	Transporte com caminhão carroceria com capacidade de 11 t e com guindauto de 45 t.m - rodovia pavimentada
Cimento e tubo PEAD	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
Cimento e tubo PEAD	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

A tabela 49 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 49 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido autoinjetável - instalação**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	0,00100 t/kg
M2047	Tirante autoinjetável de aço - tensão de escoamento = 440 MPa, tensão de ruptura = 580 MPa, seção de 684 mm <sup>2</sup> e D = 40 mm	0,00537 t/m
M2048	Tirante autoinjetável de aço - tensão de escoamento = 470 MPa, tensão de ruptura = 600 MPa, seção de 822 mm <sup>2</sup> e D = 40 mm	0,00645 t/m
M2052	Tirante autoinjetável de aço - tensão de escoamento = 630 MPa, tensão de ruptura = 740 MPa, seção de 1.330 mm <sup>2</sup> e D = 50 mm	0,01044 t/m
M2053	Tirante autoinjetável de aço - tensão de escoamento = 630 MPa, tensão de ruptura = 740 MPa, seção de 1.569 mm <sup>2</sup> e D = 50 mm	0,01232 t/m
M2049	Tirante autoinjetável de aço - tensão de escoamento = 700 MPa, tensão de ruptura = 830 MPa, seção de 936 mm <sup>2</sup> e D = 40 mm	0,00735 t/m
M1911	Tubo PEAD PE 80 PN 8 - D = 50 mm	0,00045 t/m
M1912	Tubo PEAD PE 80 PN 8 - D = 63 mm	0,00071 t/m



#### 2.5.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de tirante permanente protendido autoinjetável deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

#### 2.5.2 Tirante permanente protendido de barra de aço - instalação

O serviço consiste na instalação de tirante permanente protendido em barra de aço, por meio da injeção da nata de cimento.

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

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

- ABNT NBR 5629/2018: *Tirantes ancorados no terreno - Projeto e execução.*

##### 2.5.2.2 Metodologia executiva

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

- montagem manual dos tirantes com os acessórios;
- instalação manual do tirante de barra de aço no furo;
- confecção da nata de cimento por meio de misturador;
- injeção da nata de cimento por meio de bomba.

##### 2.5.2.3 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:

- bomba para injeção de nata de cimento;
- grupo gerador;
- misturador de nata de cimento.

As produtividades foram estabelecidas por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 50.

**Tabela 50 - Produções de equipe - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação**

Código SICRO	Descrição	Produção de equipe (m/h)
5605882	Tirante permanente protendido de aço D = 32 mm, tensão de escoamento = 950 MPa e tensão de ruptura = 1.050 MPa - exceto perfuração	3,78707
5605881	Tirante permanente protendido de aço D = 32 mm, tensão de escoamento = 500 MPa e tensão de ruptura = 550 MPa - exceto perfuração	3,78707



**Tabela 50 - Produções de equipe - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação (2/2)**

Código SICRO	Descrição	Produção de equipe (m/h)
5605969	Tirante permanente protendido de aço D = 69 mm, tensão de escoamento = 600 MPa e tensão de ruptura = 720 MPa - exceto perfuração	8,30000
5605962	Tirante permanente protendido de aço D = 30 mm, tensão de escoamento = 600 MPa e tensão de ruptura = 720 MPa - exceto perfuração	7,72093
5605963	Tirante permanente protendido de aço D = 40 mm, tensão de escoamento = 600 MPa e tensão de ruptura = 720 MPa - exceto perfuração	7,85489
5605964	Tirante permanente protendido de aço D = 44 mm, tensão de escoamento = 680 MPa e tensão de ruptura = 870 MPa - exceto perfuração	7,87975
5605965	Tirante permanente protendido de aço D = 50 mm, tensão de escoamento = 600 MPa e tensão de ruptura = 720 MPa - exceto perfuração	8,01932
5605966	Tirante permanente protendido de aço D = 53mm, tensão de escoamento = 600 MPa e tensão de ruptura = 720 MPa - exceto perfuração	8,04523
5605967	Tirante permanente protendido de aço D = 57 mm, tensão de escoamento = 600 MPa e tensão de ruptura = 720 MPa - exceto perfuração	8,07131
5605968	Tirante permanente protendido de aço D = 63 mm, tensão de escoamento = 600 MPa e tensão de ruptura = 720 MPa - exceto perfuração	8,24503

a) misturador de nata de cimento

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

$C_{ap}$  representa a capacidade do misturador, em quilogramas;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

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

$F_{cv}$  representa o fator de conversão, em quilogramas por metro.

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

Ao passo que a utilização dos equipamentos ocorre de forma parcial durante a execução das atividades, é imputada a utilização operativa integral com quantidades fracionadas.

#### 2.5.2.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar na montagem e instalação dos tirantes, abastecer o misturador e operar a bomba de injeção;
- 1 armador para montar e instalar os tirantes nos furos.



### 2.5.2.5 Materiais e atividades auxiliares

#### a) cimento Portland CP II - 32 - saco

Consiste em insumo aglomerante utilizado na confecção da nata de cimento, sendo executada em estágio único ou múltiplo.

- injeção com estágio único:

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

$$Q = V \times \rho \times p\% \times (1 + k)$$

onde:

Q representa o consumo de cimento, em quilogramas por metro;  
 V representa o volume de nata de cimento, em metros cúbicos por metro;  
 ρ representa a massa específica da nata de cimento, em quilogramas por metro cúbico;  
 p% representa a porcentagem de cimento na nata;  
 k representa a perda de material.

O volume de nata de cimento é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$V = V_l + V_a = \frac{(V_p - V_b)}{2} + \frac{(V_p - V_t)}{2}$$

onde:

V representa o volume de nata de cimento, em metros cúbicos por metro;  
 V<sub>l</sub> representa o volume do trecho livre, em metros cúbicos por metro;  
 V<sub>a</sub> representa o volume do trecho ancorado, em metros cúbicos por metro;  
 V<sub>p</sub> representa o volume da perfuração, em metros cúbicos por metro;  
 V<sub>b</sub> representa o volume do tubo de proteção, em metros cúbicos por metro;  
 V<sub>t</sub> representa o volume ocupado pelo tirante, em metros cúbicos por metro.

As tabelas 51, 52 e 53 apresentam os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

**Tabela 51 - Relação dos quantitativos dos insumos apropriados na nata de cimento - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação**

Insumo	Quantidade	Massa (kg)	Porcentagem de insumo (%)
Cimento	1,00 kg	1,000	66,7
Água	0,500 l	0,500	33,3
<b>Nata de cimento</b>		<b>1,500</b>	<b>100,0</b>



**Tabela 52 - Volume de nata de cimento - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação**

Tirante		Tubo PEAD		Perfuração		Volume de nata de cimento (m³/m)
Diâmetro (mm)	Volume (m³/m)	Diâmetro (mm)	Volume (m³/m)	Diâmetro (mm)	Volume (m³/m)	
69	0,00374	75	0,00442	120	0,01131	0,00723
30	0,00071	32	0,00080	120	0,01131	0,01056
40	0,00126	50	0,00196	120	0,01131	0,00970
44	0,00152	50	0,00196	120	0,01131	0,00957
50	0,00196	63	0,00312	120	0,01131	0,00877
53	0,00221	63	0,00312	120	0,01131	0,00865
57	0,00255	63	0,00312	120	0,01131	0,00848
63	0,00312	75	0,00442	120	0,01131	0,00754

**Tabela 53 - Consumo de cimento - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação**

Diâmetro do tirante (mm)	Volume de nata de cimento (m³/m)	Porcentagem de cimento na nata (%)	Massa específica (kg/m³)	Perda de material (%)	Consumo (kg/m)
69	0,00723	66,7	1.900,00	5,00	9,62071
30	0,01056	66,7	1.900,00	5,00	14,05182
40	0,00970	66,7	1.900,00	5,00	12,90745
44	0,00957	66,7	1.900,00	5,00	12,73446
50	0,00877	66,7	1.900,00	5,00	11,66993
53	0,00865	66,7	1.900,00	5,00	11,51025
57	0,00848	66,7	1.900,00	5,00	11,28404
63	0,00754	66,7	1.900,00	5,00	10,03321

- injeção com estágio múltiplo:

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

$$Q = \left\{ M_s + \left[ \left( \frac{M_s}{2} \times (n - 1) \right) \right] \right\} \times Q_t \times (1 + k)$$

onde:

Q representa o consumo de nata de cimento, em quilogramas por metro;  
 M<sub>s</sub> representa a massa do saco de cimento, em quilogramas por unidade;  
 n representa o número de fases de injeção;  
 Q<sub>t</sub> representa a quantidade de válvula manchete, em unidades por metro;  
 k representa a perda de material.

A tabela 54 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.





**Tabela 54 - Consumo de cimento Portland CP II - 32 - saco - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação**

Massa do saco de cimento (kg/un)	Quantidade de válvula manchete (un/m)	Número de fases de injeção	Perda de material (%)	Consumo (kg/m)
50,00	1,00	2	5,00	78,75000
50,00	1,00	2	5,00	78,75000

**b) espaçador plástico tipo centralizador carambola para tirante**

Consiste em insumo utilizado para promover o cobrimento uniforme e auxiliar no posicionamento da barra de aço no furo.

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

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

onde:

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

n representa a quantidade de espaçadores, em unidades;

C representa o comprimento referencial, em metros.

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

**Tabela 55 - Consumo de espaçador - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação**

Quantidade de espaçador (un)	Comprimento referencial (m)	Consumo (un/m)
1	2,00	0,50000

**c) luva em aço para emenda de tirantes**

Consiste em insumo utilizado para promover a junção das barras de tirantes.

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

$$Q = \frac{1}{C_{ti}}$$

onde:

Q representa a quantidade de válvula manchete, em unidades por metro;

C<sub>ti</sub> representa o comprimento do tirante, em metros.

A tabela 56 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.



**Tabela 56 - Consumo de luva de emenda - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação**

Diâmetro do tirante (mm)	Comprimento do tirante (m)	Consumo (un/m)
32	12,00	0,08333
Demais	6,00	0,16667

**d) tirante de barra de aço**

Consiste em insumo utilizado para transmitir esforços de tração para o elemento de contenção.

O consumo referencial adotado é de 1,05 m por unidade de serviço executado, já incorporada uma taxa de perda de 5,00%.

**e) tubo PEAD PE 80 PN 16**

Consiste em insumo utilizado na injeção de nata de cimento em múltiplos estágios.

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

**f) tubo PEAD PE 80 PN 8 e tubo PEAD PE 80 PN 6**

Consiste em insumo utilizado para a proteção do trecho livre do tirante.

O consumo referencial adotado é de 0,50 m por unidade de serviço executado.

**g) válvula manchete - D = 20 mm**

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

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

**2.5.2.6 Operações de transporte**

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

**Tabela 57 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação**

Descrição	Código SICRO	Descrição
Tirante de barra de aço	5915015	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria com capacidade de 11 t e com guindauto de 45 t.m
	5915012	Transporte com caminhão carroceria com capacidade de 11 t e com guindauto de 45 t.m - rodovia em leito natural
	5915013	Transporte com caminhão carroceria com capacidade de 11 t e com guindauto de 45 t.m - rodovia em revestimento primário
	5915014	Transporte com caminhão carroceria com capacidade de 11 t e com guindauto de 45 t.m - rodovia pavimentada



**Tabela 57 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação (2/2)**

Descrição	Código SICRO	Descrição
Cimento e tubo PEAD	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

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

**Tabela 58 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido de barra de aço - instalação**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	0,00100 t/kg
M3094	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 520 MPa, tensão de ruptura = 690 MPa e D = 32 mm	0,00678 t/m
M2054	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 600 MPa, tensão de ruptura = 720 MPa e D = 30 mm	0,00500 t/m
M2055	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 600 MPa, tensão de ruptura = 720 MPa e D = 40 mm	0,00900 t/m
M2057	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 600 MPa, tensão de ruptura = 720 MPa e D = 50 mm	0,01410 t/m
M2058	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 600 MPa, tensão de ruptura = 720 MPa e D = 53 mm	0,01600 t/m
M2059	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 600 MPa, tensão de ruptura = 720 MPa e D = 57 mm	0,01810 t/m
M2063	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 600 MPa, tensão de ruptura = 720 MPa e D = 63 mm	0,02260 t/m
M2069	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 600 MPa, tensão de ruptura = 720 MPa e D = 69 mm	0,02740 t/m
M2056	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 680 MPa, tensão de ruptura = 870 MPa e D = 44 mm	0,01050 t/m
M0434	Tirante de barra de aço - tensão de escoamento = 950 MPa, tensão de ruptura = 1.050 MPa e D = 32 mm	0,00653 t/m
M1880	Tubo PEAD PE 80 PN 16 - D = 20 mm	0,00013 t/m
M1879	Tubo PEAD PE 80 PN 6 - D = 40 mm	0,00024 t/m
M1907	Tubo PEAD PE 80 PN 8 - D = 32 mm	0,00019 t/m
M1911	Tubo PEAD PE 80 PN 8 - D = 50 mm	0,00045 t/m
M1912	Tubo PEAD PE 80 PN 8 - D = 63 mm	0,00071 t/m
M1913	Tubo PEAD PE 80 PN 8 - D = 75 mm	0,00101 t/m

#### 2.5.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de tirante permanente protendido de barra de aço deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.



### 2.5.3 Tirante permanente protendido com cordoalha - instalação

O serviço consiste na instalação de tirante permanente protendido com cordoalha, por meio de injeção da nata de cimento.

#### 2.5.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 5629/2018: *Tirantes ancorados no terreno - Projeto e execução*;
- ABNT NBR 7483/2021: *Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido - Especificação*.

#### 2.5.3.2 Metodologia executiva

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

- corte das cordoalhas por meio de máquina policorte;
- montagem manual dos tirantes com os acessórios;
- instalação manual do tirante de cordoalhas no furo;
- confecção da nata de cimento por meio de misturador;
- injeção da nata de cimento por meio de bomba.

#### 2.5.3.3 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:

- bomba para injeção de nata de cimento;
- grupo gerador;
- misturador de nata de cimento;
- máquina policorte.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 3,78707 m/h.

a) misturador de nata de cimento

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



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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

$C_{ap}$  representa a capacidade do misturador, em quilogramas;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

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

$F_{cv}$  representa o fator de conversão, em quilogramas por metro.

#### b) máquina policorte

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

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

onde:

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

C representa o comprimento, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

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

O grupo gerador opera em conjunto com a máquina policorte e o misturador, sendo atribuído o somatório das respectivas utilizações operativas na atividade.

A bomba para injeção opera em conjunto com o misturador, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

Ao passo que a utilização dos equipamentos ocorre de forma parcial durante a execução das atividades, é imputada a utilização operativa integral com quantidades fracionadas.

#### 2.5.3.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar na montagem e instalação dos tirantes, abastecer o misturador e operar a bomba de injeção;
- 1 armador para operar a máquina policorte, montar e instalar os tirantes nos furos.

#### 2.5.3.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) cimento Portland CP II - 32 - saco

Consiste em insumo aglomerante utilizado na confecção da nata de cimento.



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

$$Q = \left\{ M_s + \left[ \left( \frac{M_s}{2} \times (n - 1) \right) \right] \right\} \times Q_t \times (1 + k)$$

onde:

Q representa o consumo de nata de cimento, em quilogramas por metro;  
 $M_s$  representa a massa de uma unidade de saco de cimento, em quilogramas por unidade;  
 n representa o número de fases de injeção;  
 $Q_t$  representa a quantidade de válvula manchete, em unidades por metro;  
 k representa a perda de material.

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

**Tabela 59 - Consumo de cimento - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação**

Massa da unidade de saco de cimento (kg/un)	Quantidade de válvula manchete (un/m)	Número de fases de injeção	Perda de material (%)	Consumo (kg/m)
50,00	1,00	2	5,0	78,75000

#### b) espaçador plástico para tirante de cordoalhas

Consiste em insumo utilizado para promover o cobrimento uniforme e auxiliar no posicionamento da barra de aço no furo.

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

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

onde:

Q representa o consumo de espaçador, em unidades por metro;  
 n representa a quantidade de espaçadores, em unidades;  
 C representa o comprimento referencial, em metros.

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

**Tabela 60 - Consumo de espaçador - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação**

Quantidade de espaçador (un)	Comprimento referencial (m)	Consumo (un/m)
1	2,00	0,50000



c) cordoalha nua tipo CP 190 RB - D = 12,7 mm

Consiste em insumo utilizado para transmitir esforços de tração para o elemento de contenção.

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

$$Q = n_c \times \gamma \times (1 + k)$$

onde:

Q representa a quantidade de válvula manchete, em quilogramas por metro;

$n_c$  representa o número de cordoalhas;

$\gamma$  representa a massa nominal da cordoalha, em quilogramas por metro;

k representa a perda de material.

A tabela 61 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

**Tabela 61 - Consumo de cordoalhas - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação**

Número de cordoalhas	Massa da cordoalha (kg/m)	Consumo (kg/m)
10	0,792	8,31600
12	0,792	9,97920
6	0,792	4,98960
8	0,792	6,65280

d) tubo PEAD PE 80 PN 8 - D = 40 e 32 mm

Consiste em insumo utilizado na injeção de nata de cimento em múltiplos estágios.

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

e) tubo PEAD PE 80 PN 8 - D = 110 mm

Consiste em insumo utilizado para a proteção do trecho livre do tirante.

O consumo referencial adotado é de 0,50 m por unidade de serviço executado.

f) tubo de PVC espaguete - D = 14 mm

Consiste em insumo utilizado para a proteção individual das cordoalhas.

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

$$Q = \frac{n_c \times C_l}{C_t}$$



onde:

Q representa a quantidade de válvula manchete, em metros por metro;

$n_c$  representa o número de cordoalhas;

$C_l$  representa o comprimento do trecho livre, em metros;

$C_r$  representa o comprimento de referência do tirante, em metros.

A tabela 62 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

**Tabela 62 - Consumo de tubo de PVC espaguete - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação**

Número de cordoalhas	Comprimento do trecho livre (m)	Comprimento referencial (m)	Consumo (m/m)
10	0,50	1,00	5,00000
12	0,50	1,00	6,00000
6	0,50	1,00	3,00000
8	0,50	1,00	4,00000

g) válvula manchete - D = 40 e 32 mm

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

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

#### 2.5.3.6 Operações de transporte

A tabela 63 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 63 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação**

Descrição	Código SICRO	Descrição
Cordoalha nua tipo CP 190 RB - D = 12,7 mm	5915015	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria com capacidade de 11 t e com guindauto de 45 t.m
	5915012	Transporte com caminhão carroceria com capacidade de 11 t e com guindauto de 45 t.m - rodovia em leito natural
	5915013	Transporte com caminhão carroceria com capacidade de 11 t e com guindauto de 45 t.m - rodovia em revestimento primário
	5915014	Transporte com caminhão carroceria com capacidade de 11 t e com guindauto de 45 t.m - rodovia pavimentada
Cimento e tubos	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada





A tabela 64 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 64 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	0,00100 t/kg
M0427	Cordoalha nua tipo CP 190 RB - D = 12,7 mm	0,00100 t/kg
M1919	Tubo PEAD PE 80 PN 8 - D = 110 mm	0,00215 t/m
M1909	Tubo PEAD PE 80 PN 8 - D = 40 mm	0,00029 t/m
M1907	Tubo PEAD PE 80 PN 8 - D = 32 mm	0,00019 t/m

Exclusivamente para o insumo que faz jus à aplicação do fator de carga em função do esgotamento da capacidade volumétrica do equipamento, a tabela 65 apresenta o parâmetro referencial de conversão para unidade de transporte associado ao tempo fixo.

**Tabela 65 - Conversão para transporte associada ao tempo fixo - tirante permanente protendido com cordoalha - instalação**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M1922	Tubo de PVC espaguete - D = 14 mm	0,00002 t/m

Os parâmetros associados à conversão para unidade de momento de transporte constam na seção 3.3.2 Cálculo da conversão para transporte.

#### 2.5.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de tirante permanente protendido com cordoalhas deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

## 2.6 Protensão, ancoragem e grauteamento da cabeça de tirantes

### 2.6.1 Tirante permanente protendido autoinjetável - protensão

O serviço consiste na ancoragem, na protensão e no grauteamento da cabeça de tirante autoinjetável.

#### 2.6.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 5629/2018: *Tirantes ancorados no terreno - Projeto e execução.*



### 2.6.1.2 Metodologia executiva

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

- instalação manual do conjunto de ancoragem;
- posicionamento do conjunto bomba e macaco hidráulico por meio de talha;
- protensão do tirante por meio do conjunto bomba e macaco hidráulico;
- remoção do conjunto bomba e macaco hidráulico por meio de talha;
- instalação de fôrma em chapa metálica para cabeça de tirantes;
- confecção de microconcreto em misturador de argamassa;
- lançamento manual de microconcreto na fôrma;
- retirada de fôrma após a consolidação do dispositivo.

### 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 da atividade são empregados os seguintes equipamentos:

- conjunto bomba e macaco hidráulico para protensão;
- grupo gerador;
- talha manual.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 2,23820 un/h.

a) conjunto bomba e macaco hidráulico para protensão

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

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

onde:

P representa a produção horária, em unidades por hora;

n representa o número de protensões, em unidades;

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

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

O grupo gerador e a talha manual operam em conjunto com a bomba e o macaco hidráulico, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.



#### 2.6.1.4 Mão de obra

São empregados para o desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para operar a talha e auxiliar na protensão;
- 1 armador para instalar o conjunto de ancoragem.

#### 2.6.1.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) conjunto de ancoragem

Consistem em insumos utilizados para ancoragem do tirante, consoante aos seguintes elementos:

- placa de ancoragem: consiste em elemento utilizado para distribuição das tensões do sistema sobre a estrutura ancorada;
- porca: consiste em elemento utilizado para manter o tensionamento do chumbador;
- anel de compensação angular: consiste em elemento utilizado para ajustar o ângulo de inclinação entre a posição de instalação do tirante e da face da estrutura ancorada.

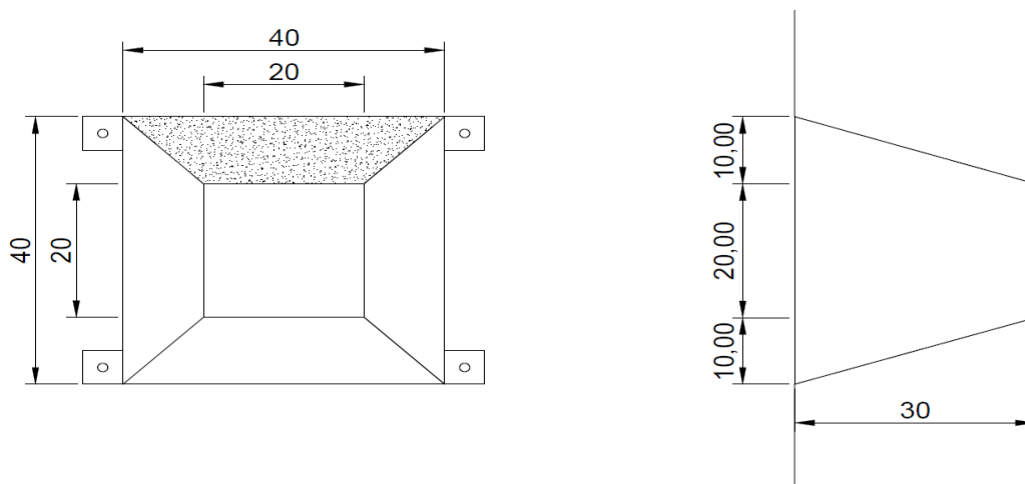
O consumo referencial adotado é de 1 un por unidade de serviço executado.

##### b) fôrma em chapa metálica 1/8" para cabeça de tirantes - utilização de 50 vezes - confecção, instalação e retirada

Consiste na confecção e instalação de fôrma metálica para cabeça de tirantes, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos do croqui apresentado na figura 2.

**Figura 2 - Fôrma para cabeça de tirantes de referência**



Fonte: FGV IBRE



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

$$Q = \frac{3 \times (C_B + C_b) \times H_f}{2} + C_b^2$$

onde:

Q representa o consumo de fôrma, em metros quadrados;

$C_B$  representa o comprimento da base maior, em metros;

$C_b$  representa o comprimento da base menor, em metros;

$H_f$  representa a altura da face lateral, ou apótema, em metros.

A altura da face lateral é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$H_f = \sqrt{0,3^2 + \left(\frac{C_B - C_b}{2}\right)^2}$$

A tabela 66 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

**Tabela 66 - Consumo de fôrma em chapa metálica - tirante permanente protendido autoinjetável - protensão**

Comprimento base maior (m)	Comprimento base menor (m)	Altura face lateral (m)	Consumo (m <sup>2</sup> )
0,40	0,20	0,32	0,32800

c) microconcreto para reparos e grauteamento - confecção em misturador e lançamento manual

Consiste na confecção em misturador de argamassa e lançamento manual de microconcreto para implantação da cabeça do tirante.

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

$$Q = \frac{H}{3} \times \left[ (C_b \times C_b) + (C_B \times C_B) + \sqrt{((C_b \times C_b) \times (C_B \times C_B))} \right]$$

onde:

Q representa o consumo de microconcreto, em metros cúbicos;

H representa a altura do tronco de cone, em metros;

$C_b$  representa o comprimento da base menor, em metros;

$C_B$  representa o comprimento da base maior, em metros.

A tabela 67 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.



**Tabela 67 - Consumo de microconcreto para reparos e grauteamento - tirante permanente protendido autoinjetável - protensão**

Altura do tronco do cone (m)	Comprimento da base menor (m)	Comprimento da base maior (m)	Consumo (m³)
0,30	0,20	0,40	0,02800

#### 2.6.1.6 Operações de transporte

A tabela 68 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 68 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido autoinjetável - protensão**

Descrição	Código SICRO	Descrição
Conjunto de ancoragem	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

A tabela 69 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 69 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido autoinjetável - protensão**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte (t/un)
M2327	Anel de compensação angular para tirantes com diâmetro de 40 mm	0,00113
M2329	Anel de compensação angular para tirantes com diâmetro de 50 mm	0,00100
M1991	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 16,0 mm e seção de 200 x 200 mm	0,00486
M1994	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 22,0 mm e seção de 200 x 200 mm	0,00667
M2087	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 25,4 mm e seção de 225 x 225 mm	0,00970
M2088	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 20,0 mm e seção de 200 x 200 mm	0,00605
M2029	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 60 mm e C = 65 mm	0,00082
M2030	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 73 mm e C = 80 mm	0,00140

#### 2.6.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de ancoragem, protensão e grauteamento da cabeça de tirantes permanentes protendidos autoinjetáveis deve ser realizada em unidades, em função da quantidade efetivamente executada.



## 2.6.2 Tirante permanente protendido de barra de aço - protensão

O serviço consiste na ancoragem, na protensão e no grauteamento da cabeça de tirante de barra de aço.

### 2.6.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 5629/2018: *Tirantes ancorados no terreno - Projeto e execução.*

### 2.6.2.2 Metodologia executiva

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

- instalação manual do conjunto de ancoragem;
- posicionamento do conjunto bomba e macaco hidráulico por meio de talha;
- protensão do tirante por meio do conjunto bomba e macaco hidráulico;
- remoção do conjunto bomba e macaco hidráulico por meio de talha;
- instalação de fôrma em chapa metálica para cabeça de tirantes;
- confecção de microconcreto em misturador de argamassa;
- lançamento manual de microconcreto na fôrma;
- retirada de fôrma após a consolidação do dispositivo.

### 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:

- conjunto bomba e macaco hidráulico para protensão;
- grupo gerador;
- talha manual.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 2,23820 un/h.

a) conjunto bomba e macaco hidráulico para protensão

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



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

onde:

P representa a produção horária, em unidades por hora;

n representa o número de protensão, em unidades;

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

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

O grupo gerador e a talha manual operam em conjunto com a bomba e o macaco hidráulico, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

#### 2.6.2.4 Mão de obra

São empregados para o desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para operar a talha e auxiliar na protensão;
- 1 armador para instalar o conjunto de ancoragem.

#### 2.6.2.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) conjunto de ancoragem

Consistem em insumos utilizados para ancoragem do tirante, consoante aos seguintes elementos:

- placa de ancoragem: consiste em elemento utilizado para distribuição das tensões do sistema sobre a estrutura ancorada;
- porca: consiste em elemento utilizado para manter o tensionamento do chumbador;
- anel de compensação angular: consiste em elemento utilizado para ajustar o ângulo de inclinação entre a posição de instalação do tirante e da face da estrutura ancorada.

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

##### b) fôrma em chapa metálica 1/8" para cabeça de tirantes - utilização de 50 vezes - confecção, instalação e retirada

Consiste na confecção e instalação de fôrma metálica para cabeça de tirantes, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos do croqui apresentado na figura 2.

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



$$Q = \frac{3 \times (C_B + C_b) \times H_f}{2} + C_b^2$$

onde:

Q representa o consumo de fôrma, em metros quadrados;

$C_B$  representa o comprimento da base maior, em metros;

$C_b$  representa o comprimento da base menor, em metros;

$H_f$  representa a altura da face lateral, ou apótema, em metros.

A altura da face lateral é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$H_f = \sqrt{0,3^2 + \left(\frac{C_B - C_b}{2}\right)^2}$$

A tabela 70 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

**Tabela 70 - Consumo de fôrma em chapa metálica - tirante permanente protendido de barra de aço - protensão**

Comprimento base maior (m)	Comprimento base menor (m)	Altura face lateral (m)	Consumo (m²)
0,40	0,20	0,32	0,32800

c) microconcreto para reparos e grauteamento - confecção em misturador e lançamento manual

Consiste na confecção em misturador de argamassa e lançamento manual de microconcreto para implantação da cabeça do tirante.

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

$$Q = \frac{H}{3} \times \left[ (C_b \times C_b) + (C_B \times C_B) + \sqrt{(C_b \times C_b) \times (C_B \times C_B)} \right]$$

onde:

Q representa o consumo de microconcreto, em metros cúbicos;

H representa a altura do tronco de cone, em metros;

$C_b$  representa o comprimento da base menor, em metros;

$C_B$  representa o comprimento da base maior, em metros.

A tabela 71 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.





**Tabela 71 - Consumo de microconcreto para reparos e grauteamento - tirante permanente protendido de barra de aço - protensão**

Altura do tronco do cone (m)	Comprimento da base menor (m)	Comprimento da base maior (m)	Consumo (m³)
0,30	0,20	0,40	0,02800

#### 2.6.2.6 Operações de transporte

A tabela 72 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 72 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido de barra de aço - protensão**

Descrição	Código SICRO	Descrição
Conjunto de ancoragem	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

A tabela 73 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 73 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido de barra de aço - protensão**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte (t/un)
M1991	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 16,0 mm e seção de 200 x 200 mm	0,00486
M1994	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 22,0 mm e seção de 200 x 200 mm	0,00667
M2005	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 32,0 mm e seção de 250 x 250 mm	0,01503
M2006	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 38,0 mm e seção de 250 x 250 mm	0,01793
M2007	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 51,0 mm e seção de 300 x 300 mm	0,03465
M2008	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 64,0 mm e seção de 350 x 350 mm	0,05920
M2087	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 25,4 mm e seção de 225 x 225 mm	0,00970
M2088	Placa de ancoragem para tirante de barra de aço - E = 20,0 mm e seção de 200 x 200 mm	0,00605
M2020	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 48 mm e C = 65 mm	0,00057
M2029	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 60 mm e C = 65 mm	0,00082



**Tabela 73 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido de barra de aço - protensão (2/2)**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte (t/un)
M2030	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 73 mm e C = 80 mm	0,00140
M2031	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 73 mm e C = 100 mm	0,00155
M2032	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 82 mm e C = 100 mm	0,00206
M2033	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 89 mm e C = 100 mm	0,00243
M2035	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 97 mm e C = 110 mm	0,00309
M2089	Porca sextavada em aço para ancoragem de tirantes - D = 50 mm e C = 85 mm	0,00091
M2090	Porca em aço para ancoragem de tirantes - D = 73 mm e C = 60 mm	0,00126
M2091	Porca sextavada em aço para ancoragem de tirantes - D = 50 mm e C = 50 mm	0,00053
M2325	Anel de compensação angular para tirantes com diâmetro de 30 mm	0,00034
M2326	Anel de compensação angular para tirantes com diâmetro de 32 mm	0,00033
M2327	Anel de compensação angular para tirantes com diâmetro de 40 mm	0,00113
M2328	Anel de compensação angular para tirantes com diâmetro de 44 mm	0,00109
M2329	Anel de compensação angular para tirantes com diâmetro de 50 mm	0,00100
M2330	Anel de compensação angular para tirantes com diâmetro de 53 mm	0,00142
M2331	Anel de compensação angular para tirantes com diâmetro de 57 mm	0,00135
M2332	Anel de compensação angular para tirantes com diâmetro de 63 mm	0,00186
M2333	Anel de compensação angular para tirantes com diâmetro de 69 mm	0,00250

### 2.6.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de ancoragem, protensão e grauteamento da cabeça de tirantes permanentes protendidos de barra de aço deve ser realizada em unidades, em função da quantidade efetivamente executada.

### 2.6.3 Tirante permanente protendido com cordoalha - protensão

O serviço consiste na ancoragem, na protensão e no grauteamento da cabeça de tirante com cordoalha.

#### 2.6.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 5629/2018: *Tirantes ancorados no terreno - Projeto e execução*;
- ABNT NBR 7483/2021: *Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido - Especificação*.



### 2.6.3.2 Metodologia executiva

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

- instalação manual do conjunto de ancoragem;
- posicionamento do conjunto bomba e macaco hidráulico por meio de talha;
- protensão do tirante por meio de conjunto bomba e macaco hidráulico;
- remoção do conjunto bomba e macaco hidráulico por meio de talha;
- confecção e instalação de fôrma em chapa metálica para cabeça de tirantes;
- confecção de microconcreto em misturador de argamassa;
- lançamento manual de microconcreto na fôrma;
- retirada de fôrma após a consolidação do dispositivo.

### 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:

- conjunto bomba e macaco hidráulico para protensão;
- grupo gerador;
- talha manual.

As produtividades foram estabelecidas por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 74.

**Tabela 74 - Produções de equipe - tirante permanente protendido com cordoalha - protensão**

Código SICRO	Descrição	Produção de equipe (un/h)
5605953	Protensão de tirante com 6 cordoalhas D = 12,7 mm aço CP 190 RB, com capacidade de 520 kN - inclusive ancoragem e grauteamento da cabeça	1,89714
5605954	Protensão de tirante com 8 cordoalhas D = 12,7 mm aço CP 190 RB, com capacidade de 690 kN - inclusive ancoragem e grauteamento da cabeça	1,79459
5605955	Protensão de tirante com 10 cordoalhas D = 12,7 mm aço CP 190 RB, com capacidade de 860 kN - inclusive ancoragem e grauteamento da cabeça	1,70256
5605956	Protensão de tirante com 12 cordoalhas D = 12,7 mm aço CP 190 RB, com capacidade de 1.040 kN - inclusive ancoragem e grauteamento da cabeça	1,61951



a) conjunto bomba e macaco hidráulico para protensão

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

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

onde:

P representa a produção horária, em unidades por hora;

n representa o número de protensões, em unidades;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

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

O grupo gerador e a talha manual operam em conjunto com a bomba e o macaco hidráulico, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

#### 2.6.3.4 Mão de obra

São empregados para o desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para operar a talha e auxiliar na protensão;
- 1 armador para instalar o conjunto de ancoragem.

#### 2.6.3.5 Materiais e atividades auxiliares

a) cunha metálica para cordoalha - D = 12,7 mm

Consiste em insumo utilizado para fixar a cordoalha do tirante no bloco de ancoragem.

A tabela 75 apresenta os consumos do material.

**Tabela 75 - Consumo de cunhas metálicas - tirante permanente protendido com cordoalha - protensão**

Código SICRO	Descrição	Consumo (un/un)
5605953	Protensão de tirante com 6 cordoalhas D = 12,7 mm aço CP 190 RB, com capacidade de 520 kN - inclusive ancoragem e grauteamento da cabeça	6,00000
5605954	Protensão de tirante com 8 cordoalhas D = 12,7 mm aço CP 190 RB, com capacidade de 690 kN - inclusive ancoragem e grauteamento da cabeça	8,00000
5605955	Protensão de tirante com 10 cordoalhas D = 12,7 mm aço CP 190 RB, com capacidade de 860 kN - inclusive ancoragem e grauteamento da cabeça	10,00000
5605956	Protensão de tirante com 12 cordoalhas D = 12,7 mm aço CP 190 RB, com capacidade de 1.040 kN - inclusive ancoragem e grauteamento da cabeça	12,00000



## b) placa de ancoragem para tirante com cordoalhas

Consiste em insumo utilizado para distribuição das tensões do sistema sobre a estrutura ancorada.

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

## c) fôrma em chapa metálica 1/8" para cabeça de tirantes - utilização de 50 vezes - confecção, instalação e retirada

Consiste na confecção e instalação de fôrma metálica para cabeça de tirantes, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos do croqui apresentado na figura 2.

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

$$Q = \frac{3 \times (C_B + C_b) \times H_f}{2} + C_b^2$$

onde:

Q representa o consumo de fôrma, em metros quadrados;

$C_B$  representa o comprimento da base maior, em metros;

$C_b$  representa o comprimento da base menor, em metros;

$H_f$  representa a altura da face lateral, ou apótema, em metros.

A altura da face lateral é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$H_f = \sqrt{0,3^2 + \left(\frac{C_B - C_b}{2}\right)^2}$$

A tabela 76 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

**Tabela 76 - Consumo de fôrma em chapa metálica - tirante permanente protendido com cordoalha - protensão**

Comprimento base maior (m)	Comprimento base menor (m)	Altura face lateral (m)	Consumo (m <sup>2</sup> )
0,40	0,20	0,32	0,32800

## d) microconcreto para reparos e grauteamento - confecção em misturador e lançamento manual

Consiste na confecção em misturador de argamassa e lançamento manual de microconcreto para implantação da cabeça do tirante.

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



$$Q = \frac{H}{3} \times \left[ (C_b \times C_b) + (C_B \times C_B) + \sqrt{(C_b \times C_b) \times (C_B \times C_B)} \right]$$

onde:

Q representa o consumo de microconcreto, em metros cúbicos;

H representa a altura do tronco de cone, em metros;

C<sub>b</sub> representa o comprimento da base menor, em metros;

C<sub>B</sub> representa o comprimento da base maior, em metros.

A tabela 77 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

**Tabela 77 - Consumo de microconcreto para reparos e grauteamento - tirante permanente protendido com cordoalha - protensão**

Altura do tronco do cone (m)	Comprimento da base menor (m)	Comprimento da base maior (m)	Consumo (m³)
0,30	0,20	0,40	0,02800

#### 2.6.3.6 Operações de transporte

A tabela 78 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 78 - Serviços empregados nas operações de transporte - tirante permanente protendido com cordoalha - protensão**

Descrição	Código SICRO	Descrição
Cunha e placa de ancoragem	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

A tabela 79 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 79 - Fator de conversão de transporte - tirante permanente protendido com cordoalha - protensão**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte (t/un)
M1870	Cunha metálica para cordoalha - D = 12,7 mm	0,0000653
M2011	Placa de ancoragem para tirante com 10 cordoalhas - D = 12,7 mm	0,0149900
M2012	Placa de ancoragem para tirante com 12 cordoalhas - D = 12,7 mm	0,0148600
M2009	Placa de ancoragem para tirante com 6 cordoalhas - D = 12,7 mm	0,0090900
M2010	Placa de ancoragem para tirante com 8 cordoalhas - D = 12,7 mm	0,0088500



### 2.6.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de protensão, ancoragem e grauteamento da cabeça de tirantes permanentes protendidos com cordoalhas deve ser realizada em unidades, em função da quantidade efetivamente executada.

## 2.7 Pintura eletrostática com tinta epóxi em pó

### 2.7.1 Pintura eletrostática com tinta epóxi em pó com espessura de 200 µm

O serviço consiste na pintura eletrostática por meio da aplicação de tinta epóxi em pó.

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

- preparo manual da superfície;
- limpeza manual do tirante;
- posicionamento manual das peças no equipamento de pintura;
- abastecimento manual do equipamento com a tinta;
- pintura da peça por meio de equipamento para pintura eletrostática;
- cura em estufa da peça.

#### 2.7.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida de forma conjunta pelos seguintes equipamentos:

- equipamento para pintura eletrostática com cabine simples e estufa: líder de equipe;
- grupo gerador.

A produtividade da equipe 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 de pintura, 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 o equipamento de pintura, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

#### 2.7.1.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 pintor para executar a pintura;
- 1 ajudante para preparar a superfície, posicionar as peças e abastecer o equipamento.

#### 2.7.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) lixa para ferro nº 150

Consiste em insumo utilizado para preparar as superfícies metálicas para a pintura.

O consumo referencial adotado é de 0,3 un por unidade de serviço executado.

b) tinta em pó à base de resina epóxi

Consiste em insumo utilizado para o acabamento de superfícies metálicas, fornecendo proteção anticorrosiva.

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

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

onde:

Q representa o consumo de tinta, em quilogramas por metro quadrado;

R representa o rendimento teórico, em metros quadrados por quilograma.

O rendimento da tinta é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$R = \frac{1.000}{e \times \rho}$$

R representa o rendimento teórico, em metros quadrados por quilograma;

e representa a espessura da camada, em micrômetros;

$\rho$  representa a massa específica, em gramas por centímetros cúbicos.

A tabela 80 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.





**Tabela 80 - Consumo de tinta em pó à base de resina epóxi - pintura eletrostática com tinta epóxi em pó com espessura de 200 µm**

Espessura da camada (µm)	Massa específica (g/cm³)	Rendimento teórico (m²/kg)	Consumo (kg/m²)
200	1,6	3,1250	0,32000

#### 2.7.1.6 Operações de transporte

A tabela 81 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 81 - Serviços empregados nas operações de transporte - pintura eletrostática com tinta epóxi em pó com espessura de 200 µm**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0879	Lixa para ferro Nº 150	0,00004 t/un	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
M1868	Tinta em pó à base de resina epóxi	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

#### 2.7.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de pintura eletrostática com tinta epóxi em pó deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente executada.

### 3 FATOR DE CARGA E CONVERSÃO PARA TRANSPORTE

#### 3.1 Parâmetros de insumos

##### 3.1.1 Massa linear

Os parâmetros referenciais adotados são obtidos por meio de referencial técnico especializado.



### 3.1.2 Dimensões

O diâmetro externo é adotado como referência no cálculo da capacidade de transporte, ao passo que o diâmetro nominal não corresponde à real dimensão ocupada pelo tubo, cujos valores são obtidos por meio de catálogos de fabricantes dos insumos.

## 3.2 Parâmetros de transporte

### 3.2.1 Quantidade de tubos transportados

O dimensionamento do número de tubos a ser transportado é baseado na geometria da carroceria e na capacidade de carga útil do equipamento transportador, limitados pelos dispositivos legais associados ao estabelecimento da altura máxima para cargas e o Peso Bruto Total – PBT.

### 3.2.2 Massa transportada

A carga máxima é determinada a partir da quantidade de tubos transportados, consoante às diretrizes técnicas e legais mencionadas na seção anterior, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$M = Q_t \times C \times \gamma$$

onde:

M representa a carga máxima transportada, em toneladas;

$Q_t$  representa a quantidade efetivamente transportada, em unidades;

C representa o comprimento comercial do tubo, em metros por unidade;

$\gamma$  representa a massa linear do elemento a ser transportado, em toneladas por metro.

## 3.3 Conversão para transporte

### 3.3.1 Fator de carga

O fator de carga é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$F_{ca} = \frac{C_{ap}}{Q_t \times C \times \gamma}$$

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade de carga útil do equipamento transportador, em toneladas;

$Q_t$  representa a quantidade efetivamente transportada, em unidades;

C representa o comprimento comercial do tubo, em metros por unidade;

$\gamma$  representa a massa linear do elemento a ser transportado, em toneladas por metro.



### 3.3.2 Cálculo da conversão para transporte

O fator de conversão para unidade de momento de transporte é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$F_{mt} = F_{ca} \times \gamma$$

onde:

$F_{mt}$  representa o fator de conversão para unidade de momento de transporte, em toneladas por metro;

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

$\gamma$  representa a massa linear do elemento a ser transportado, em toneladas por metro.

A tabela 82 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos fatores de conversão para unidade de momento de transporte.

**Tabela 82 - Conversão para unidade de momento transporte**

Código SICRO	Descrição	Massa (t/m)	Fator de carga	Conversão para transporte (t/m)
M1922	Tubo de PVC espaguete - D = 14 mm	0,00002	4,00	0,00008



## APÊNDICE A - RELAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS POR SUBGRUPO - TIRANTES

A tabela 83 apresenta as composições de custos do grupo de serviços de tirantes, relacionando o código SICRO ao respectivo subgrupo.

**Tabela 83 - Relação das composições de custos por subgrupo - tirantes**

Subgrupo	Código SICRO
2.1.1 Perfuração para tirantes	5605938, 5605939, 5605940, 5605911 e 5605912
2.2.1 Chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com cartucho de cimento	5605798, 5605799 e 5605800
2.2.2 Chumbador de aço CA-50 com martelete perfurador manual ancorado na rocha com cartucho de cimento	5613944
2.2.3 Chumbador de aço CA-50 com perfuratriz sobre pneus ancorado na rocha com injeção de nata de cimento	5605925
2.3.1 Grampo de aço CA-50 para solo grampeado	5605894, 5605895 e 5605896
2.4.1 Tirante de barra de aço ancorado na rocha com resina poliéster	5605928, 5605932, 5605934, 5605935, 5605936 e 5605937
2.5.1 Tirante permanente protendido autoinjetável - instalação	5605957, 5605958, 5605959, 5605960 e 5605961
2.5.2 Tirante permanente protendido de barra de aço - instalação	5605882, 5605881, 5605969, 5605962, 5605963, 5605964, 5605965, 5605966, 5605967 e 5605968
2.5.3 Tirante permanente protendido com cordoalha - instalação	5605885, 5605886, 5605883 e 5605884
2.6.1 Tirante permanente protendido autoinjetável - protensão	5605909, 5605908, 5605907, 5605906 e 5605905
2.6.2 Tirante permanente protendido de barra de aço - protensão	5605944, 5605945, 5605946, 5605947, 5605948, 5605949, 5605950, 5605951, 5605952 e 5605910
2.6.3 Tirante permanente protendido com cordoalha - protensão	5605955, 5605956, 5605953 e 5605954
2.7.1 Pintura eletrostática com tinta epóxi em pó com espessura de 200 µm	5605942