



Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO

Caderno técnico Fôrmas

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 Fôrmas



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 fôrmas.....	2
Figura 2 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para bloco de coroamento de 115 x 45 x 60 cm	5
Figura 3 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para bloco de coroamento de 115 x 45 x 60 cm - vista.....	6
Figura 4 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para bloco de coroamento de 115 x 115 x 70 cm	7
Figura 5 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para sapata de 150 x 150 x 40 cm.....	8
Figura 6 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para cinta de 15 x 50 cm	9
Figura 7 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem - Corte e vista	16
Figura 8 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem	17
Figura 9 - Detalhamento dos Drenos Longitudinais Profundos para Cortes em Solo – DPS.....	22
Figura 10 - Modelo de referência das fôrmas para vigas de fundação superficial	27
Figura 11 - Projeto-tipo das fôrmas de compensados de madeira para laje	35
Figura 12 - Projeto-tipo das fôrmas de compensados de madeira para pilar, de dimensões 0,50 x 0,50 x 6,00 m.....	36
Figura 13 - Projeto-tipo de fôrmas de compensados de madeira para viga, de dimensões 0,20 x 1,00 x 10,00 m.....	37
Figura 14 - Módulo de referência para confecção das fôrmas metálicas	49
Figura 15 - Vista transversal de uma seção de referência de fôrma metálica de viga de concreto pré-moldada para OAE	56
Figura 16 - Vista longitudinal de uma seção de referência de fôrma metálica de viga de concreto pré-moldada para OAE	57
Figura 17 - Equações para determinação das dimensões do tetrápode	64
Figura 18 - Modelo de referência do <i>Xbloc</i>	72
Figura 19 - Fôrmas externas e internas do bueiro de referência (vista em perfil)	78
Figura 20 - Modelo de referência da fôrma metálica para cabeça de tirante ...	84
Figura 21 - Detalhe da alça de apoio à instalação	87
Figura 22 - Detalhamento da fôrma para guarda-corpo de concreto.....	92
Figura 23 - Peças metálicas da fôrma para guarda-corpo	92
Figura 24 - Detalhamento do reforço da fôrma metálica para guarda corpo	92



Figura 25 - Projeto-tipo de fôrma metálica referencial para execução de pavimento rígido de 210 x 20 x 20 cm.....	109
Figura 26 - Vistas da fôrma metálica referencial para execução de pavimento rígido	109



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critério para utilização de fôrmas de tábuas de pinho para uso geral	3
Tabela 2 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas de tábuas de pinho para uso geral.....	4
Tabela 3 - Quantidades médias de caibro, peça de madeira e sarrafo - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral	10
Tabela 4 - Consumo dos insumos de madeira - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral.....	10
Tabela 5 - Área média de tábua de pinho de terceira para elementos estruturais - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral	11
Tabela 6 - Consumo de tábua de pinho - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral	11
Tabela 7 - Consumo de desmoldante - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral	11
Tabela 8 - Consumo de prego de ferro - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral	13
Tabela 9 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral.....	13
Tabela 10 - Fator de conversão de transporte - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral.....	13
Tabela 11 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem	15
Tabela 12 - Consumo de tábua - fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem	18
Tabela 13 - Consumo de tábua de pinho - fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem.....	19
Tabela 14 - Consumo de desmoldante - fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem.....	19
Tabela 15 - Consumo de pregos de ferro - fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem.....	20
Tabela 16 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem	20
Tabela 17 - Fator de conversão de transporte - fôrmas de tábuas de pinho fôrma para dispositivos de drenagem.....	20
Tabela 18 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas de tábuas de pinho para drenos.....	22
Tabela 19 - Consumo de ripa - fôrmas de tábuas de pinho para drenos	23
Tabela 20 - Consumo de tábua de pinho - fôrmas de tábuas de pinho para drenos	24



Tabela 21 - Consumo de pregos de ferro - fôrmas de tábuas de pinho para drenos	24
Tabela 22 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrmas de tábuas de pinho para drenos.....	25
Tabela 23 - Fator de conversão de transporte - fôrmas de tábuas de pinho para drenos	25
Tabela 24 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas de tábuas de pinho para elementos estruturais dos arcos metálicos.....	27
Tabela 25 - Consumo de caibro de pinho e sarrafo - fôrmas para elemento estrutural de arco metálico	28
Tabela 26 - Consumo de tábua de pinho - fôrmas para elemento estrutural de arco metálico	29
Tabela 27 - Consumo de desmoldante - fôrmas para elemento estrutural de arco metálico	29
Tabela 28 - Consumo de pregos de ferro - fôrmas para elemento estrutural de arco metálico	30
Tabela 29 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrmas para elemento estrutural de arco metálico	30
Tabela 30 - Fator de conversão de transporte - fôrmas para elemento estrutural de arco metálico	31
Tabela 31 - Consumo de tábua de pinho - guia de madeira	32
Tabela 32 - Serviços empregados nas operações de transporte - guia de madeira	32
Tabela 33 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas de compensados de madeira	34
Tabela 34 - Quantidades médias dos insumos de madeira - fôrmas de compensados de madeira	38
Tabela 35 - Consumo dos insumos de madeira - fôrmas de compensados de madeira	38
Tabela 36 - Área de compensado de madeira para elementos estruturais - fôrmas de compensados de madeira	39
Tabela 37 - Consumo de compensado plastificado ou resinado - fôrmas de compensados de madeira	40
Tabela 38 - Consumo de desmoldante - fôrmas de compensados de madeira	40
Tabela 39 - Consumo de prego de ferro - fôrmas de compensados de madeira	41
Tabela 40 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrmas de compensados de madeira	41
Tabela 41 - Fator de conversão de transporte - fôrmas de compensados de madeira	41



Tabela 42 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas curvas de compensados de madeira	43
Tabela 43 - Quantidades médias dos insumos de madeira - fôrmas curvas de compensados de madeira	44
Tabela 44 - Consumo dos insumos de madeira - fôrmas curvas de compensados de madeira	45
Tabela 45 - Consumo de compensado - fôrmas curvas de compensados de madeira	45
Tabela 46 - Consumo de desmoldante - fôrmas curvas de compensado de madeira	46
Tabela 47 - Consumo de prego de ferro - fôrmas curvas de compensados de madeira	46
Tabela 48 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrmas curvas de compensados de madeira	47
Tabela 49 - Fator de conversão de transporte - fôrmas curvas de compensados de madeira	47
Tabela 50 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrma metálica plana e curva	48
Tabela 51 - Área de chapa das nervuras - fôrma metálica plana e curva	50
Tabela 52 - Consumo de chapa em aço - fôrma metálica plana e curva	50
Tabela 53 - Consumo de desmoldante - fôrma metálica plana e curva	51
Tabela 54 - Consumo de tubo de aço - fôrma metálica plana e curva	51
Tabela 55 - Consumo de corte de chapa de aço - fôrma metálica plana e curva	52
Tabela 56 - Consumo de corte de perfil metálico - fôrma metálica plana e curva	52
Tabela 57 - Consumo de solda - fôrma metálica plana e curva	53
Tabela 58 - Consumo de calandragem - fôrma metálica plana e curva	54
Tabela 59 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica plana e curva.....	54
Tabela 60 - Fator de conversão de transporte - fôrma metálica plana e curva	55
Tabela 61 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas metálicas para vigas de OAE	56
Tabela 62 - Consumo de chapa em aço - fôrma metálica para viga de OAE...	58
Tabela 63 - Consumo de desmoldante - fôrma metálica para vigas de OAE...	58
Tabela 64 - Consumo de tubo em aço - fôrma metálica para vigas de OAE....	59
Tabela 65 - Consumo de corte de chapa de aço - fôrma metálica para vigas de OAE.....	59
Tabela 66 - Consumo de corte de perfil metálico - fôrma metálica para vigas de OAE.....	60



Tabela 67 - Consumo de solda - fôrma metálica para vigas de OAE.....	61
Tabela 68 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para vigas de OAE	62
Tabela 69 - Fator de conversão de transporte - fôrma metálica para vigas de OAE	62
Tabela 70 - Dimensões dos tetrápodes - fôrma metálica para tetrápode.....	65
Tabela 71 - Comprimento total das nervuras empregadas no tetrápode - fôrma metálica para tetrápode.....	66
Tabela 72 - Consumo de chapa em aço - fôrma metálica para tetrápode.....	66
Tabela 73 - Consumo de desmoldante - fôrma metálica para tetrápode.....	66
Tabela 74 - Consumo de grampos - fôrma metálica para tetrápode	67
Tabela 75 - Quantidade de parafusos - fôrma metálica para tetrápode	68
Tabela 76 - Consumo de parafusos - fôrma metálica para tetrápode	68
Tabela 77 - Consumo de calandragem - fôrma metálica para tetrápode	68
Tabela 78 - Consumo de cortes de chapa - fôrma metálica para tetrápode.....	69
Tabela 79 - Comprimento de solda calculado para o tetrápode - fôrma metálica para tetrápode	70
Tabela 80 - Consumo de solda - fôrma metálica para tetrápode.....	70
Tabela 81 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para tetrápode	71
Tabela 82 - Dimensões do <i>Xbloc</i> - fôrma metálica para <i>Xbloc</i>	73
Tabela 83 - Consumo de chapa em aço - fôrma metálica para <i>Xbloc</i>	73
Tabela 84 - Consumo de desmoldante - fôrma metálica para <i>Xbloc</i>	74
Tabela 85 - Consumo de parafusos - fôrma metálica para <i>Xbloc</i>	75
Tabela 86 - Consumo de corte de chapas - fôrma metálica para <i>Xbloc</i>	75
Tabela 87 - Consumo de solda - fôrma metálica para <i>Xbloc</i>	76
Tabela 88 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para <i>Xbloc</i>	76
Tabela 89 - Consumo de chapa grossa - fôrma metálica para aduelas de bueiros celulares de concreto pré-moldados	79
Tabela 90 - Consumo de chapa fina - fôrma metálica para aduelas de bueiros celulares de concreto pré-moldados	79
Tabela 91 - Consumo de desmoldante - fôrma metálica para aduelas de bueiros celulares de concreto pré-moldados	80
Tabela 92 - Consumo de corte das chapas de aço - fôrma metálica para aduela de bueiro celular.....	80
Tabela 93 - Consumo de solda - fôrma metálica para aduela de bueiro celular	81



Tabela 94 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para aduela de bueiro celular	81
Tabela 95 - Área de fôrma metálica para cabeça de tirante - fôrma metálica para cabeça de tirante	84
Tabela 96 - Consumo de barra chata - fôrma metálica para cabeça de tirante	85
Tabela 97 - Consumo de broca de widia - fôrma metálica para cabeça de tirante	85
Tabela 98 - Consumo de chapa fina - fôrma metálica para cabeça de tirante .	86
Tabela 99 - Consumo de desmoldante - fôrmas metálicas para cabeça de tirante	86
Tabela 100 - Consumo de parafusos - fôrma metálica para cabeça de tirante	87
Tabela 101 - Consumo de armação - fôrma metálica para cabeça de tirante ..	88
Tabela 102 - Consumo de corte de chapa - fôrma metálica para cabeça de tirante	89
Tabela 103 - Consumo de corte de perfil metálico- fôrma metálica para cabeça de tirante	89
Tabela 104 - Consumo de solda - fôrma metálica para cabeça de tirante	90
Tabela 105 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para cabeça de tirantes	90
Tabela 106 - Fator de conversão de transporte - fôrma metálica para cabeça de tirantes	91
Tabela 107 - Área total de chapa de aço - fôrma metálica para guarda-corpo de concreto	93
Tabela 108 - Consumo de chapa de aço - fôrma metálica para guarda-corpo de concreto	93
Tabela 109 - Consumo corte de chapa de aço - fôrma metálica para guarda-corpo de concreto.....	94
Tabela 110 - Determinação do comprimento de solda - fôrma metálica para guarda-corpo de concreto	95
Tabela 111 - Consumo solda de chapa de aço - fôrma metálica para guarda-corpo de concreto.....	95
Tabela 112 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para guarda-corpo de concreto	96
Tabela 113 - Produção horária dos serviços de confecção de fôrma metálica para poita trapezoidal	97
Tabela 114 - Consumo de chapa fina em aço - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção	98
Tabela 115 - Consumo de cantoneira - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção	98



Tabela 116 - Consumo de armação - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção	100
Tabela 117 - Consumo de corte de chapa de aço - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção	100
Tabela 118 - Consumo de corte de perfil metálico - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção	101
Tabela 119 - Consumo de solda - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção	102
Tabela 120 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção	102
Tabela 121 - Produção horária dos serviços de fôrma metálica para poita trapezoidal.....	103
Tabela 122 - Consumo de arruela - fôrma metálica para poita trapezoidal....	105
Tabela 123 - Consumo de desmoldante - fôrmas metálicas para poita trapezoidal	105
Tabela 124 - Consumo de lona plástica - fôrma metálica para poita trapezoidal	106
Tabela 125 - Consumo de porcas e parafusos - fôrma metálica para poita trapezoidal.....	106
Tabela 126 - Consumo de confecção de fôrma metálica para poita trapezoidal - fôrma metálica para poita trapezoidal	107
Tabela 127 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para poita trapezoidal.....	107
Tabela 128 - Fator de conversão de transporte - fôrma metálica para poita trapezoidal.....	107
Tabela 129 - Consumo de chapa fina em aço - fôrma metálica para pavimento rígido	110
Tabela 130 - Consumo de desmoldante - fôrma metálica para pavimento rígido	110
Tabela 131 - Consumo de aço CA 50 - fôrma metálica para pavimento rígido	111
Tabela 132 - Consumo de corte de chapas de aço - fôrma metálica para pavimento rígido.....	111
Tabela 133 - Consumo de dobramento de chapas de aço - fôrma metálica para pavimento rígido.....	112
Tabela 134 - Consumo de perfuração de chapas de aço - fôrma metálica para pavimento rígido.....	112
Tabela 135 - Consumo de solda - fôrma metálica para pavimento rígido	113
Tabela 136 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para pavimento rígido.....	113



Tabela 137 - Fator de conversão de transporte - fôrma metálica para pavimento rígido	114
Tabela 138 - Relação das composições de custos por subgrupo - fôrmas	115



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Parâmetros referenciais.....	1
2	SERVIÇOS	2
2.1	Fôrmas de tábuas de pinho	3
2.1.1	Fôrmas de tábuas de pinho para uso geral	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>3</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>13</i>
2.1.1.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>13</i>
2.1.2	Fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem	14
2.1.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	<i>14</i>
2.1.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	<i>14</i>
2.1.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	<i>14</i>
2.1.2.4	<i>Mão de obra</i>	<i>15</i>
2.1.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>15</i>
2.1.2.6	<i>Operações de transporte</i>	<i>20</i>
2.1.2.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>20</i>
2.1.3	Fôrmas de tábuas de pinho para drenos	20
2.1.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	<i>21</i>
2.1.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	<i>21</i>
2.1.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	<i>21</i>
2.1.3.4	<i>Mão de obra</i>	<i>22</i>
2.1.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>22</i>
2.1.3.6	<i>Operações de transporte</i>	<i>25</i>
2.1.3.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>25</i>
2.1.4	Fôrmas de tábuas de pinho para elemento estrutural de arco metálico	25
2.1.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	<i>25</i>
2.1.4.2	<i>Metodologia executiva</i>	<i>25</i>
2.1.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	<i>26</i>
2.1.4.4	<i>Mão de obra</i>	<i>26</i>



2.1.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	27
2.1.4.6	<i>Operações de transporte</i>	30
2.1.4.7	<i>Critérios de medição</i>	31
2.1.5	Guia de madeira	31
2.1.5.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	31
2.1.5.2	<i>Metodologia executiva</i>	31
2.1.5.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	31
2.1.5.4	<i>Mão de obra</i>	32
2.1.5.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	32
2.1.5.6	<i>Operações de transporte</i>	32
2.1.5.7	<i>Critérios de medição</i>	33
2.2	Fôrmas de compensados de madeira	33
2.2.1	Fôrmas de compensados de madeira	33
2.2.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	33
2.2.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	33
2.2.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	33
2.2.1.4	<i>Mão de obra</i>	34
2.2.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	35
2.2.1.6	<i>Operações de transporte</i>	41
2.2.1.7	<i>Critérios de medição</i>	42
2.2.2	Fôrmas curvas de compensados de madeira.....	42
2.2.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	42
2.2.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	42
2.2.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	43
2.2.2.4	<i>Mão de obra</i>	43
2.2.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	44
2.2.2.6	<i>Operações de transporte</i>	47
2.2.2.7	<i>Critérios de medição</i>	47
2.3	Fôrmas metálicas	48
2.3.1	Fôrma metálica plana e curva	48
2.3.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	48
2.3.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	48
2.3.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	48
2.3.1.4	<i>Mão de obra</i>	48
2.3.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	49



2.3.1.6	<i>Operações de transporte</i>	54
2.3.1.7	<i>Critérios de medição</i>	55
2.3.2	Fôrma metálica para vigas de OAE	55
2.3.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	55
2.3.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	55
2.3.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	55
2.3.2.4	<i>Mão de obra</i>	56
2.3.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	56
2.3.2.6	<i>Operações de transporte</i>	61
2.3.2.7	<i>Critérios de medição</i>	62
2.3.3	Fôrma metálica para tetrápode	62
2.3.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	62
2.3.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	62
2.3.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	63
2.3.3.4	<i>Mão de obra</i>	63
2.3.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	64
2.3.3.6	<i>Operações de transporte</i>	70
2.3.3.7	<i>Critérios de medição</i>	71
2.3.4	Fôrma metálica para Xbloc	71
2.3.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	71
2.3.4.2	<i>Metodologia executiva</i>	71
2.3.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	71
2.3.4.4	<i>Mão de obra</i>	72
2.3.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	72
2.3.4.6	<i>Operações de transporte</i>	76
2.3.4.7	<i>Critérios de medição</i>	77
2.3.5	Fôrma metálica para aduela de bueiro celular	77
2.3.5.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	77
2.3.5.2	<i>Metodologia executiva</i>	77
2.3.5.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	77
2.3.5.4	<i>Mão de obra</i>	77
2.3.5.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	77
2.3.5.6	<i>Operações de transporte</i>	81
2.3.5.7	<i>Critérios de medição</i>	82
2.3.6	Fôrma metálica para cabeça de tirantes	82



2.3.6.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	82
2.3.6.2	<i>Metodologia executiva</i>	82
2.3.6.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	83
2.3.6.4	<i>Mão de obra</i>	83
2.3.6.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	83
2.3.6.6	<i>Operações de transporte</i>	90
2.3.6.7	<i>Critérios de medição</i>	91
2.3.7	<i>Fôrma metálica para guarda-corpo de concreto</i>	91
2.3.7.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	91
2.3.7.2	<i>Metodologia executiva</i>	91
2.3.7.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	91
2.3.7.4	<i>Mão de obra</i>	91
2.3.7.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	92
2.3.7.6	<i>Operações de transporte</i>	96
2.3.7.7	<i>Critérios de medição</i>	96
2.3.8	<i>Fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção</i>	96
2.3.8.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	96
2.3.8.2	<i>Metodologia executiva</i>	96
2.3.8.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	96
2.3.8.4	<i>Mão de obra</i>	97
2.3.8.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	97
2.3.8.6	<i>Operações de transporte</i>	102
2.3.8.7	<i>Critérios de medição</i>	102
2.3.9	<i>Fôrma metálica para poita trapezoidal</i>	103
2.3.9.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	103
2.3.9.2	<i>Metodologia executiva</i>	103
2.3.9.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	103
2.3.9.4	<i>Mão de obra</i>	104
2.3.9.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	104
2.3.9.6	<i>Operações de transporte</i>	107
2.3.9.7	<i>Critérios de medição</i>	107
2.3.10	<i>Fôrma metálica para pavimento rígido</i>	107
2.3.10.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	108
2.3.10.2	<i>Metodologia executiva</i>	108
2.3.10.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	108



2.3.10.4 Mão de obra	108
2.3.10.5 Materiais e atividades auxiliares.....	108
2.3.10.6 Operações de transporte	113
2.3.10.7 Critérios de medição.....	114
APÊNDICE A - RELAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS POR SUBGRUPO - FÔRMAS	115



1 INTRODUÇÃO

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

Contextualizando acerca do tema, fôrmas consistem em dispositivos provisórios confeccionados para moldar elementos de concreto ou argamassa, delimitando o perfil geométrico e estabelecendo suas dimensões, sendo indispensáveis no processo de endurecimento e solidificação da mistura aglomerante.

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 fôrmas é utilizado o seguinte fator de correção:

a) fator de eficiência

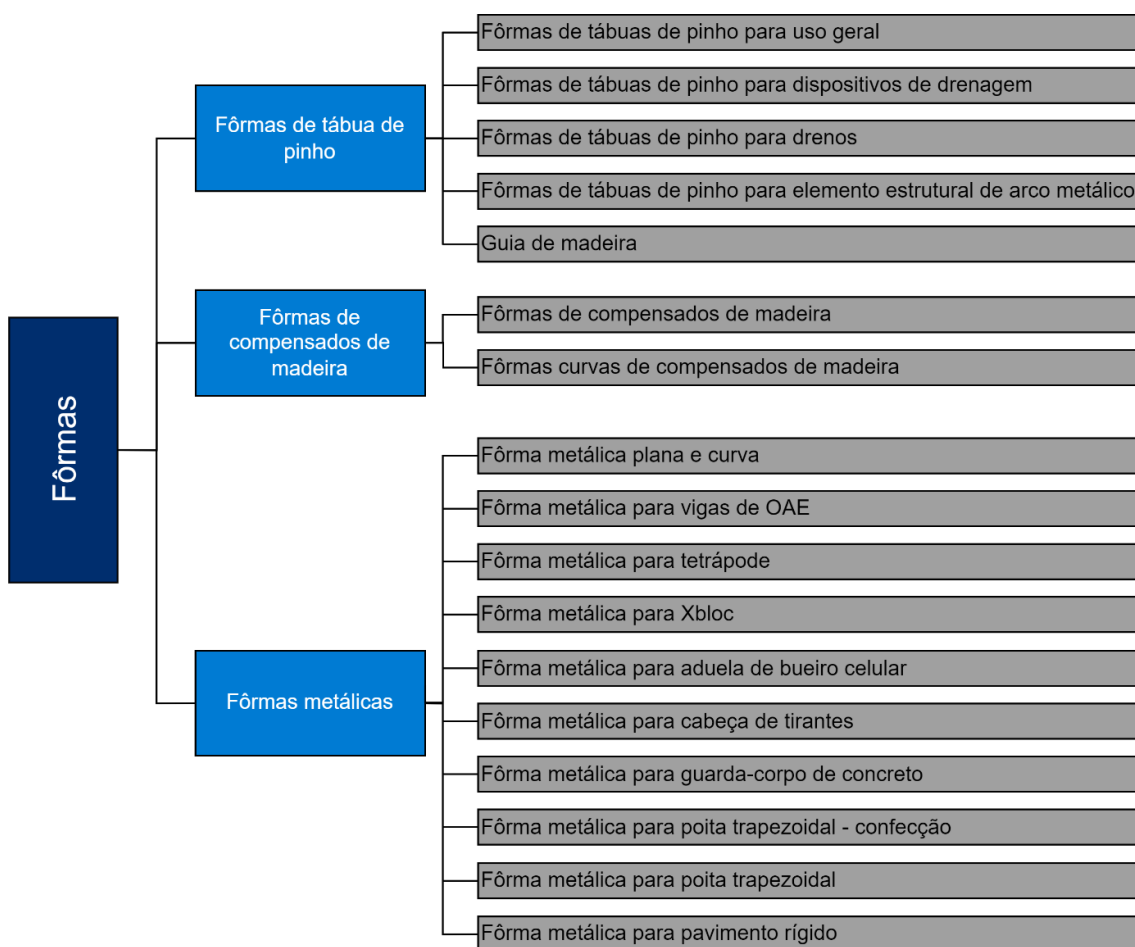
O fator de eficiência adotado para os serviços de fôrmas corresponde a 0,83.

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 fôrmas são classificadas em conformidade com a estrutura organizacional apresentada na figura 1.

Figura 1 - Atividades integrantes do grupo de serviços de fôrmas



Fonte: FGV IBRE



2.1 Fôrmas de tábuas de pinho

2.1.1 Fôrmas de tábuas de pinho para uso geral

O serviço consiste na confecção e instalação de fôrmas de tábuas de pinho para uso geral, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

Em fase de elaboração do orçamento, consoante às quantidades estabelecidas em projeto, no que tange ao número de utilizações para fôrmas de tábua de pinho, recomenda-se a adoção das premissas apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Critério para utilização de fôrmas de tábuas de pinho para uso geral

Área dos elementos que utilizam fôrmas (m²)	Número de utilizações
Até 200	1
de 200 a 1.000	2
de 1.000 a 5000	3
Acima de 5.000	A critério do projetista

2.1.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 120/2009 - *Pontes e viadutos rodoviários - Fôrmas*;
- ABNT NBR 15696/2009: *Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*.

2.1.1.2 Metodologia executiva

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

- corte das peças por meio da serra circular com bancada;
- posicionamento dos caibros de pinho pela mão de obra;
- posicionamento manual das peças de madeira e sarrafos para travamento das fôrmas;
- fixação manual do conjunto com pregos;
- aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
- retirada manual das fôrmas após a consolidação da estrutura de concreto.

2.1.1.3 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:



- serra circular com bancada;
- grupo gerador.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 m²/h.

a) serra circular com bancada

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

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

onde:

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

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

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 serra, 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.

2.1.1.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 carpinteiro para posicionar as peças e aplicar o desmoldante;
- 1 ajudante para auxiliar no posicionamento das peças, na aplicação do desmoldante e na fixação dos elementos com pregos de ferro.

A tabela 2 apresenta os parâmetros referenciais adotados.

Tabela 2 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas de tábuas de pinho para uso geral

Número de utilizações	Carpinteiro (h/m ²)	Ajudante (h/m ²)
1	0,80000	0,80000
2	0,85000	0,85000
3	0,90000	0,90000



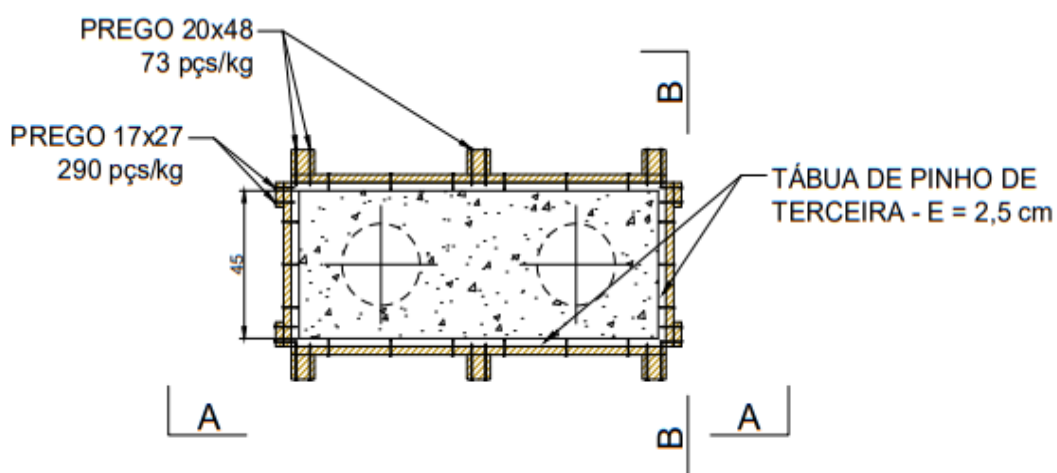
2.1.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram estabelecidos por meio dos seguintes elementos estruturais:

- bloco de coroamento com 2 estacas de 115 x 45 x 60 cm;
- bloco de coroamento com 4 estacas de 115 x 115 x 70 cm;
- sapata de 150 x 150 x 40 cm;
- cinta de 15 x 50 cm.

Os croquis constantes nas figuras 2 e 3 apresentam o projeto-tipo da fôrma de tábuas de pinho para o bloco de coroamento com dimensões 115 x 45 x 60 cm.

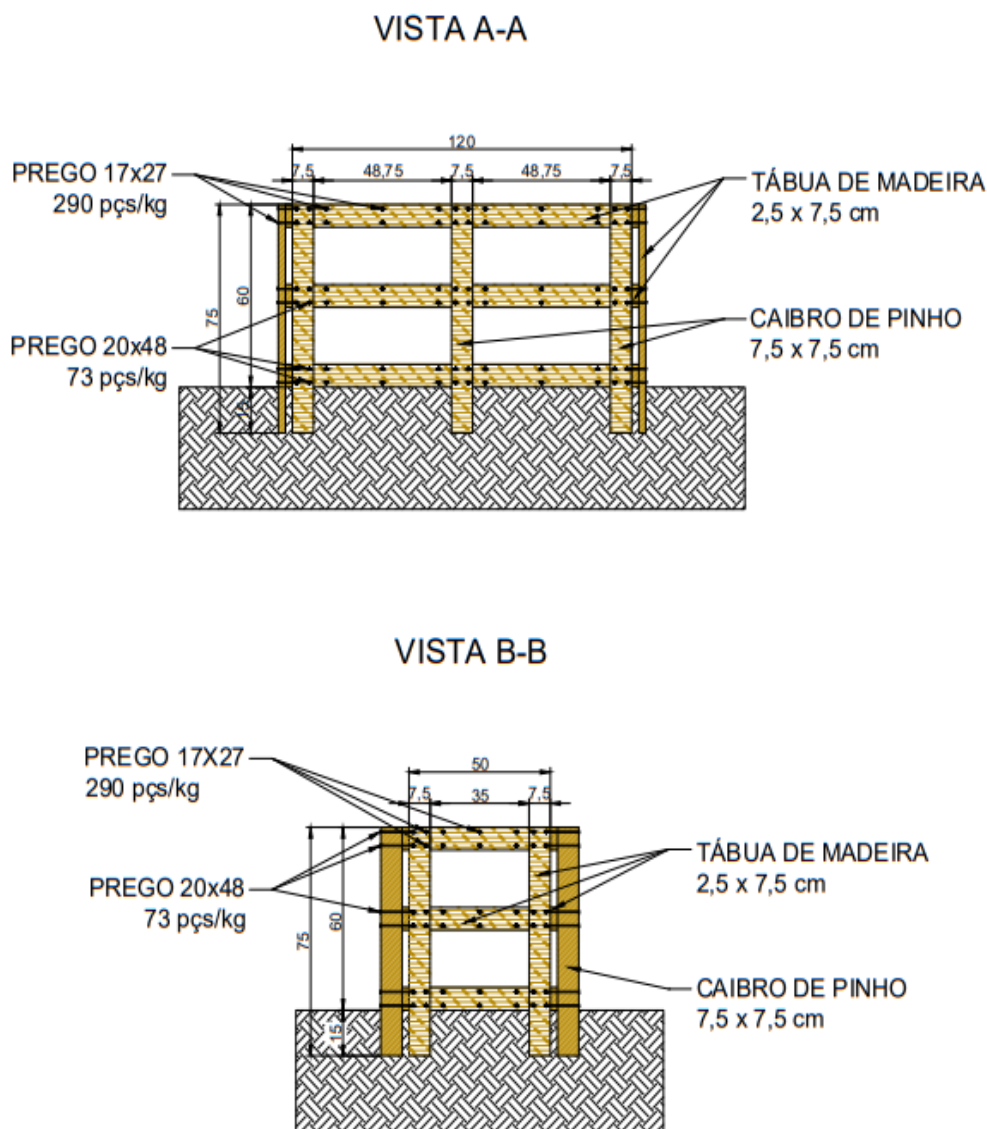
Figura 2 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para bloco de coroamento de 115 x 45 x 60 cm



Fonte: FGV IBRE



Figura 3 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para bloco de coroamento de 115 x 45 x 60 cm - vista



Fonte: FGV IBRE

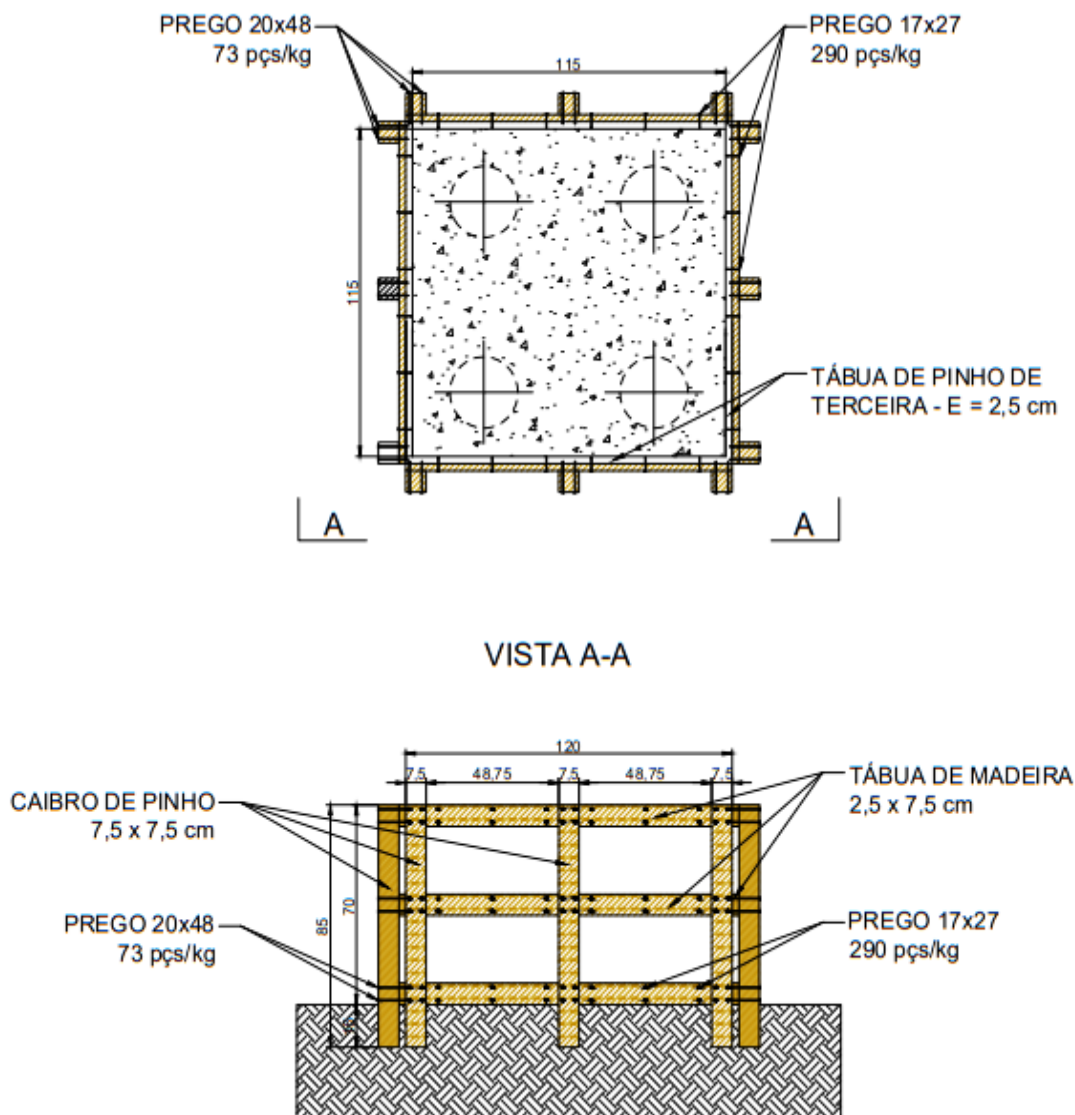
Por meio das figuras 2 e 3, são obtidos os seguintes elementos:

- tábuas de pinho distribuídas pelo perímetro do bloco, composto por 2 laterais de 0,45 x 0,60 m e 2 laterais de 1,15 x 0,60 m;
- 6 peças de caibro de pinho com comprimento de 0,75 m para travamento das tábuas e fixação de toda a estrutura no solo;
- 16 tábuas com seção de 2,5 x 7,5 cm, sendo 6 de comprimento igual a 1,20 m, 6 de 0,50 m para consolidação da estrutura e 4 de comprimento de 0,75 m para travamento e fixação no solo;
- 228 pregos de ferro.

O croqui constante da figura 4 apresenta o projeto-tipo da fôrma de tábuas de pinho para o bloco de coroamento com dimensões 115 x 115 x 70 cm.



Figura 4 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para bloco de coroamento de 115 x 115 x 70 cm



Fonte: FGV IBRE

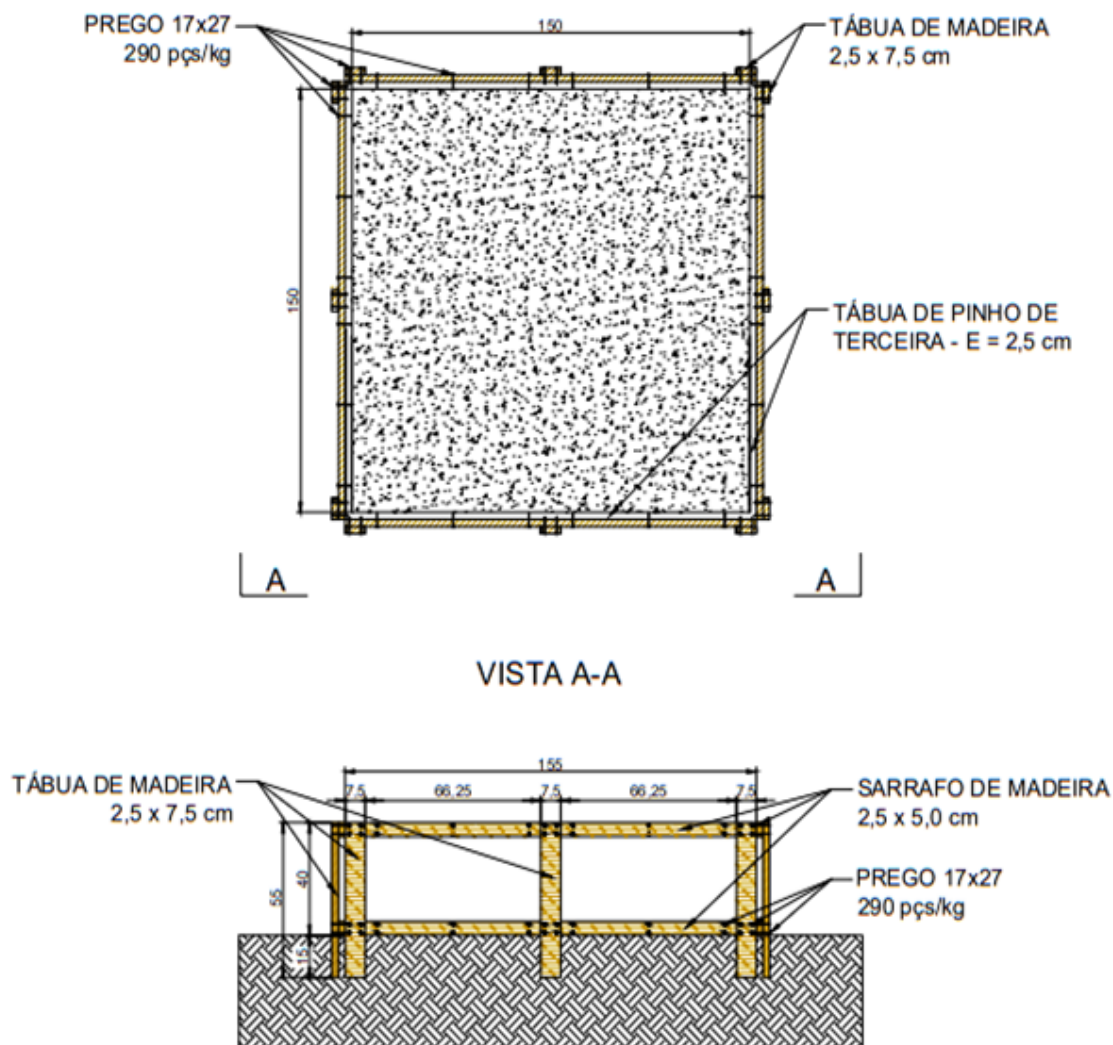
Por meio da figura 4, são obtidos os seguintes elementos:

- tábuas de pinho distribuídas pelo perímetro do bloco, composto por 4 laterais de 1,15 x 0,70 m;
- 12 peças de caibro de pinho de comprimento de 0,85 m para travamento das tábuas e fixação de toda a estrutura no solo;
- 12 tábuas com seção de 2,5 x 7,5 cm de comprimento igual a 1,20 m para travamento da estrutura;
- 288 pregos de ferro.

O croqui constante da figura 5 apresenta o modelo de referência da fôrma de tábuas de pinho para a sapata com dimensões 150 x 150 x 40 cm.



Figura 5 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para sapata de 150 x 150 x 40 cm

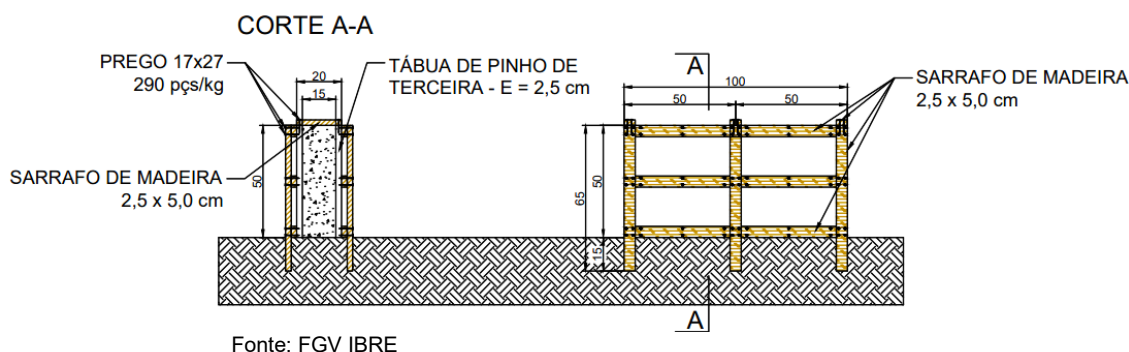


Fonte: FGV IBRE

Por meio da figura 5, são obtidos os seguintes elementos:

- tábuas de pinho distribuídas pelo perímetro da sapata, composto por 4 laterais de 1,50 x 0,40 m;
- 12 tábuas com seção de 2,5 x 7,5 cm com comprimento de 0,55 m para travamento da estrutura e fixação no solo;
- 8 peças de sarrafo de madeira com seção de 2,5 x 5,0 cm com comprimento de 1,55 m para travamento das tábuas;
- 192 pregos de ferro.

O croqui constante da figura 6 apresenta o modelo de referência da fôrma de tábuas de pinho para cinta com dimensões 15 x 50 cm.

**Figura 6 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para cinta de 15 x 50 cm**

Por meio da figura 6, são obtidos os seguintes elementos:

- tábuas de pinho distribuídas pelas 2 laterais da cinta, na dimensão de 0,50 x 1,00 m;
- sarrafo de madeira com seção de 2,5 x 5,0 cm: 6 peças com comprimento de 1,00 m, 3 peças com comprimento de 0,20 m para consolidação da estrutura, e 6 peças com comprimento de 0,65 m para travamento e fixação no solo;
- 156 pregos de ferro.

a) caibro, peça de madeira e sarrafo

Consistem em insumos de madeira utilizados para confeccionar a fôrma, sendo os caibros de seção quadrada 7,5 x 7,5 cm, a peça de madeira de seção 7,5 x 2,5 cm e o sarrafo de seção 2,5 x 5,0 cm.

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

$$Q = \frac{C \times k}{A} = Q_t \times k$$

onde:

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

C representa o comprimento total do insumo, em metros;

k representa o coeficiente de perda do material;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

Q_t representa a quantidade média, em metros por metro quadrado.

O coeficiente de perda do material é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$k = \frac{1,1 \times (1,05^{(n-1)})}{n}$$

onde:

k representa o coeficiente de perda do material;

n representa o número de utilizações.



As tabelas 3 e 4 apresentam os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 3 - Quantidades médias de caibro, peça de madeira e sarrafo - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral

Elemento	Área de fôrma (m ²)	Caibro de pinho (m/m ²)	Peça de madeira de 2,5 x 7,5 cm (m/m ²)	Sarrafo de madeira (m/m ²)
Bloco de coroamento 115 x 45 x 60 cm	1,92000	2,34380	6,87500	-
Bloco de coroamento 115 x 115 x 70 cm	3,22000	3,16770	4,47200	-
Cinta 15 x 50 x 100 cm	1,00000	-	-	10,5000
Sapata 150 x 150 x 40 cm	2,40000	-	2,75000	5,16670
Média	2,13500	1,37788	3,52426	3,91667

Tabela 4 - Consumo dos insumos de madeira - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral

Código SICRO	Material	Quantidade média (m/m ²)	Consumo (m/m ²)		
			1 Utilização	2 Utilizações	3 Utilizações
M0284	Caibro de pinho - L = 7,5 cm e E = 7,5 cm	1,37788	1,51567	0,79573	0,55701
M0310	Peça de madeira - L = 7,5 cm e E = 2,5 cm	3,52425	3,87668	2,03525	1,42468
M1358	Sarrafo em madeira de terceira - E = 2,5 cm e L = 5 cm	3,91668	4,30835	2,26188	1,58332

b) tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm

Consiste em insumo de madeira, em pinho de terceira categoria, com espessura de 2,5 cm, utilizado para confeccionar as laterais e o fundo da fôrma.

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

$$Q = \frac{A_t \times k}{A}$$

onde:

Q representa o consumo de tábua de pinho, em metros quadrados por metro quadrado;

A_t representa a área de tábua de pinho, em metros quadrados;

k representa o coeficiente de perda do material;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

O coeficiente de perda do material definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$k = \frac{1,1 \times (1,05^{(n-1)})}{n}$$



onde:

k representa o coeficiente de perda do material;

n representa o número de utilizações.

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

Tabela 5 - Área média de tábua de pinho de terceira para elementos estruturais - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral

Elemento	Área de tábua de pinho (m²)	Área de fôrma (m²)
Bloco de coroamento 115 x 45 x 60 cm	1,92000	1,92000
Cinta 15 x 50 x 100 cm	1,00000	1,00000
Sapata 150 x 150 x 40 cm	2,40000	2,40000
Bloco de coroamento 115 x 115 x 70 cm	3,22000	3,22000
Média	2,13500	2,13500

Tabela 6 - Consumo de tábua de pinho - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral

Área de tábua de pinho (m²)	Área de fôrma (m²)	Consumo (m²/m²)		
		1 utilização	2 utilizações	3 utilizações
2,13500	2,13500	1,10000	0,57750	0,40425

c) desmoldante para fôrmas de madeira

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.

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

$$Q = \frac{1}{T_a \times [1 - 0,05 \times (n - 1)]}$$

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;

T_a representa a taxa de aplicação, em metros quadrados por litro;

n representa o número de utilizações.

A tabela 7 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

Tabela 7 - Consumo de desmoldante - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral

Taxa de aplicação (m²/l)	Consumo de desmoldante (l/m²)		
	1 Utilização	2 Utilizações	3 Utilizações
60,00	0,01667	0,01754	0,01852



d) prego de ferro

Consiste em insumo utilizado para fixar as peças de madeira.

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

$$Q = \frac{P_t}{A} = \frac{Q_t \times M}{A}$$

onde:

Q representa o consumo de pregos, em quilogramas por metro quadrado;

P_t representa o peso total dos pregos, em quilogramas;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

Q_t representa a quantidade de pregos, em unidades;

M representa a massa unitária do prego, em quilogramas por unidade.

Os parâmetros referenciais adotados correspondem a:

- bloco de coroamento com 2 estacas de 115 x 45 x 60 cm: 228 pregos de ferro, consoante às seguintes diretrizes:
 - 12 pregos de 20 x 48 para fixar cada caibro, resultando em 72 unidades;
 - 156 pregos de 17 x 27 para fixar as tábuas de 2,5 x 7,5 cm.
- bloco de coroamento com 4 estacas de 115 x 115 x 70 cm: 288 pregos de ferro, consoante às seguintes diretrizes:
 - 12 pregos de 20 x 48 para fixar cada caibro, totalizando 144 unidades;
 - 12 pregos de 17 x 27 para fixar as tábuas de 2,5 x 7,5 cm, totalizando 144 unidades.
- sapata de 150 x 150 x 40 cm: 192 pregos de ferro, consoante às seguintes diretrizes:
 - 8 pregos de 17 x 27 para fixar cada tábua, totalizando 96 unidades;
 - 12 pregos de 17 x 27 para fixar os sarrafos, totalizando 96 unidades.
- cinta de 15 x 50 cm: 156 pregos de ferro, consoante às seguintes diretrizes:
 - 156 pregos 17 x 27 para fixar os sarrafos.
- pregos de 20 x 48: 73 peças/kg;
- pregos de 17 x 27: 290 peças/kg.

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

**Tabela 8 - Consumo de prego de ferro - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral**

Elemento	Área de fôrma (m²)	Quantidade de pregos (un)	Peso total de prego (kg)	Consumo de prego (kg/m²)
Bloco de coroamento 115 x 45 x 60 cm	1,9200	228	1,524	0,79375
Cinta 15 x 50 x 100 cm	1,0000	156	0,538	0,53800
Sapata 150 x 150 x 40 cm	2,4000	192	0,662	0,27583
Bloco de coroamento 115 x 115 x 70 cm	3,2200	288	2,469	0,76677
Consumo médio				0,59359

2.1.1.6 Operações de transporte

A tabela 9 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço

Tabela 9 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral

Descrição	Código SICRO	Descrição
Elementos de madeira, desmoldante e pregos de ferro	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 10 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 10 - Fator de conversão de transporte - fôrmas de tábuas de pinho para uso geral

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0284	Caibro de pinho - L = 7,5 cm e E = 7,5 cm	0,005625 t/m
M0560	Desmoldante para fôrmas de madeira	0,0009500 t/l
M0310	Peça de madeira - L = 7,5 cm e E = 2,5 cm	0,001875 t/m
M1205	Prego de ferro	0,001000 t/kg
M1358	Sarrafo em madeira de terceira - E = 2,5 cm e L = 5 cm	0,001250 t/m
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	0,025000 t/m²

2.1.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrmas de tábuas de pinho para uso geral deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto, acrescidas das áreas correspondentes aos recortes de fôrma, executados nos pontos de interseção das peças.



2.1.2 Fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem

O serviço consiste na confecção e instalação de fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem, bem como a retirada após a conclusão das atividades, considerando 3 utilizações.

2.1.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT IPR 736/2018: *Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - 5ª edição*;
- ABNT NBR 15696/2009: *Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*.

2.1.2.2 Metodologia executiva

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

- corte das peças por meio da serra circular com bancada;
- posicionamento das tábuas pela mão de obra;
- fixação manual do conjunto com pregos;
- aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
- retirada manual das fôrmas após a consolidação da estrutura de concreto.

2.1.2.3 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:

- serra circular com bancada;
- grupo gerador.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 m²/h.

a) serra circular com bancada

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

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



onde:

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

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

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 serra, 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.

2.1.2.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 carpinteiro para posicionar as peças e aplicar o desmoldante;
- 1 ajudante para auxiliar no posicionamento das peças, na aplicação do desmoldante e na fixação dos elementos com pregos de ferro.

A tabela 11 apresenta os parâmetros referenciais adotados.

Tabela 11 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem

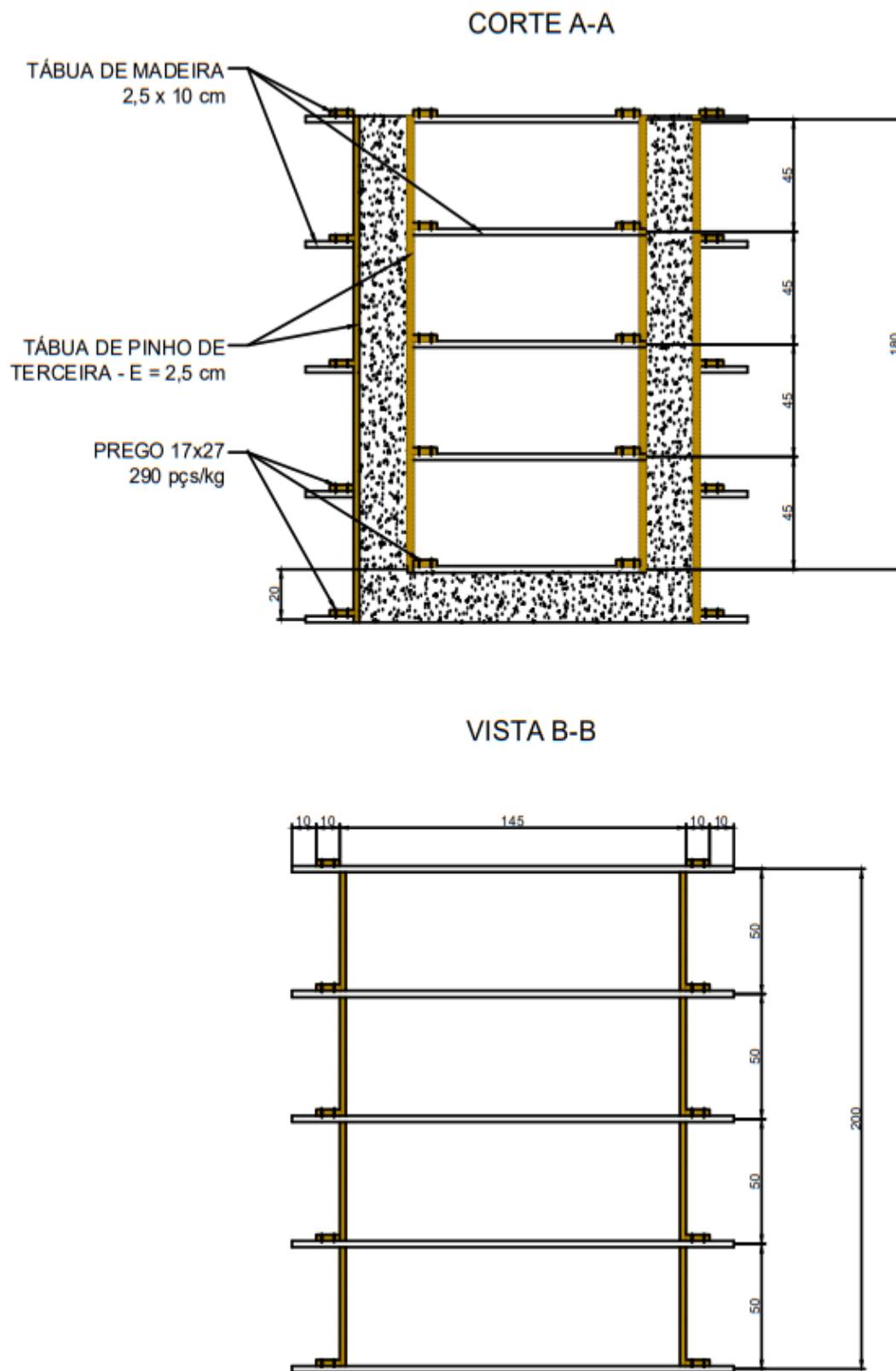
Carpinteiro (h/m ²)	Ajudante (h/m ²)
0,90000	0,90000

2.1.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos dos croquis apresentados nas figuras 7 e 8, com base no dispositivo Caixa Coletora de Sarjeta – CCS 200-60 B, consoante às diretrizes estabelecidas por meio do *Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem do DNIT - 5ª Edição* (Publicação IPR nº 736).



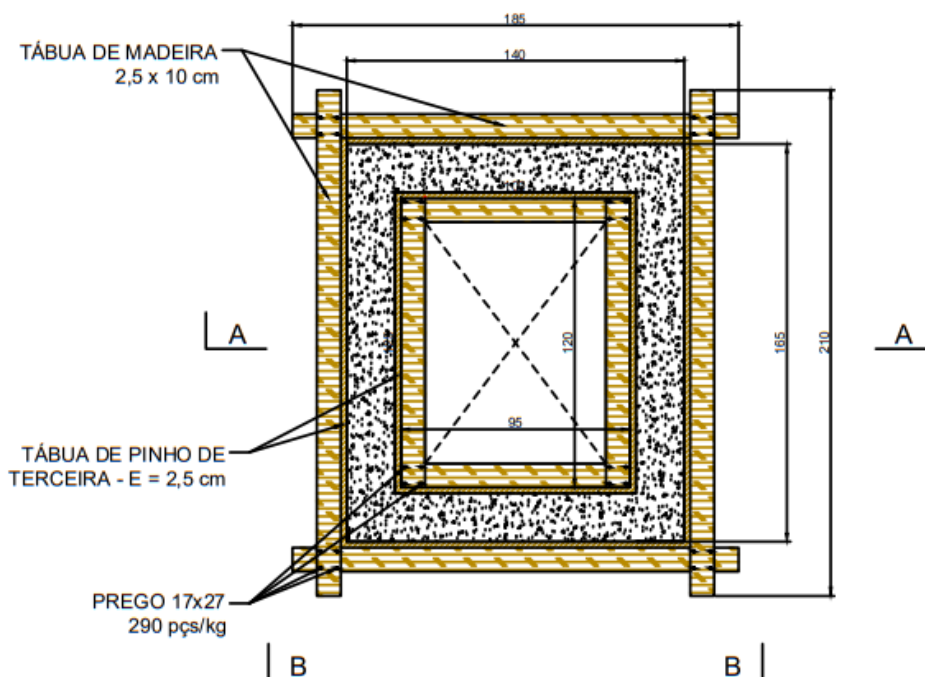
Figura 7 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem - Corte e vista



Fonte: FGV IBRE



Figura 8 - Projeto-tipo das fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem



Por meio das figuras 7 e 8, são obtidos os seguintes elementos:

- tábuas de pinho distribuídas pelo perímetro da caixa coletora, composto por 2 laterais de 1,40 x 2,00 m e 2 de 1,65 x 2,00 m, bem como 2 laterais de 1,25 x 1,80 m e 2 de 1,00 x 1,80 m;
- 5 gravatas externas espaçadas em 0,50 m, compostas individualmente por 4 tábuas com seção de 2,5 x 10,0 cm, sendo 2 com comprimento de 1,85 m e 2 com comprimento de 2,10 m;
- 5 gravatas internas espaçadas em 0,45 m, compostas individualmente por 4 tábuas com seção de 2,5 x 10,0 cm, sendo 2 com comprimento de 1,20 m e 2 tábuas com comprimento de 0,95 m;
- 160 pregos de ferro, sendo 16 pregos para unir as tábuas de cada grata.

a) tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm

Consiste em insumo de madeira, com seção 2,5 x 10,0 cm, utilizado para confeccionar a parte interna da fôrma.

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

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

onde:

Q representa o consumo de tábua, em metros por metro quadrado;

C representa o comprimento total de tábua, em metros;



k representa o coeficiente de perda do material;
A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

O coeficiente de perda do material é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$k = \frac{1,1 \times (1,05^{(n-1)})}{n}$$

onde:

k representa o coeficiente de perda do material;
n representa o número de utilizações.

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

Tabela 12 - Consumo de tábua - fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem

Comprimento de tábua (m)	Número de utilizações	Coeficiente de perda	Área de fôrma (m²)	Consumo (m/m²)
61,00	3	0,4043	20,3000	1,21489

b) tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm

Consiste em insumo de madeira, em pinho de terceira categoria, com espessura de 2,5 cm, utilizado para confeccionar a parte externa da fôrma.

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

$$Q = \frac{A_t \times k}{A}$$

onde:

Q representa o consumo de tábua de pinho, em metros quadrados por metro quadrado;

A_t representa a área de tábua de pinho, em metros quadrados;

k representa o coeficiente de perda do material;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

O coeficiente de perda do material é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$k = \frac{1,1 \times (1,05^{(n-1)})}{n}$$

onde:

k representa o coeficiente de perda do material;

n representa o número de utilizações.



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

Tabela 13 - Consumo de tábuas de pinho - fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem

Área de tábuas de pinho (m²)	Número de utilizações	Coefficiente de perda	Área de fôrma (m²)	Consumo (m²/m²)
20,3000	3	0,4043	20,3000	0,40430

c) desmoldante para fôrmas de madeira

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.

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

$$Q = \frac{1}{T_a \times [1 - 0,05 \times (n - 1)]}$$

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;

T_a representa a taxa de aplicação, em metros quadrados por litro;

n representa o número de utilizações.

A tabela 14 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 14 - Consumo de desmoldante - fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem

Taxa de aplicação (m²/l)	Número de utilizações	Consumo (l/m²)
60,00	3,00	0,01852

d) prego de ferro

Consiste em insumo utilizado para fixar as peças de madeira.

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

$$Q = \frac{Q_t \times M}{A}$$

onde:

Q representa o consumo de pregos, em quilogramas por metro quadrado;

Q_t representa a quantidade de pregos, em unidades;

M representa a massa unitária do prego, em quilogramas por unidade;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.



A tabela 15 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 15 - Consumo de pregos de ferro - fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem

Quantidade de pregos (un)	Massa (kg/un)	Área de fôrma (m ²)	Consumo (kg/m ²)
160	0,003	20,3000	0,02365

2.1.2.6 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 - fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem

Descrição	Código SICRO	Descrição
Tábuas, desmoldante e prego de ferro	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 - fôrmas de tábuas de pinho fôrma para dispositivos de drenagem

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0560	Desmoldante para fôrmas de madeira	0,00095 t/l
M1205	Prego de ferro	0,00100 t/kg
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	0,02500 t/m ²
M0290	Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	0,00250 t/m

2.1.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto.

2.1.3 Fôrmas de tábuas de pinho para drenos

O serviço consiste na confecção e instalação de fôrmas de tábuas de pinho para drenos, bem como a retirada após a conclusão das atividades, considerando 5 utilizações.



2.1.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT IPR 736/2018: *Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - 5ª edição*;
- ABNT NBR 15696/2009: *Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*.

2.1.3.2 Metodologia executiva

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

- corte das peças por meio da serra circular com bancada;
- posicionamento das tábuas e ripas de madeira pela mão de obra;
- fixação manual do conjunto com pregos de ferro;
- retirada manual das fôrmas após a consolidação da estrutura de concreto.

2.1.3.3 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:

- serra circular com bancada;
- grupo gerador.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 m²/h.

a) serra circular com bancada

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

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

onde:

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

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

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 serra, 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.

2.1.3.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 carpinteiro para posicionar as peças;
- 1 ajudante para auxiliar no posicionamento das peças e na fixação dos elementos com pregos de ferro.

A tabela 18 apresenta os parâmetros referenciais adotados.

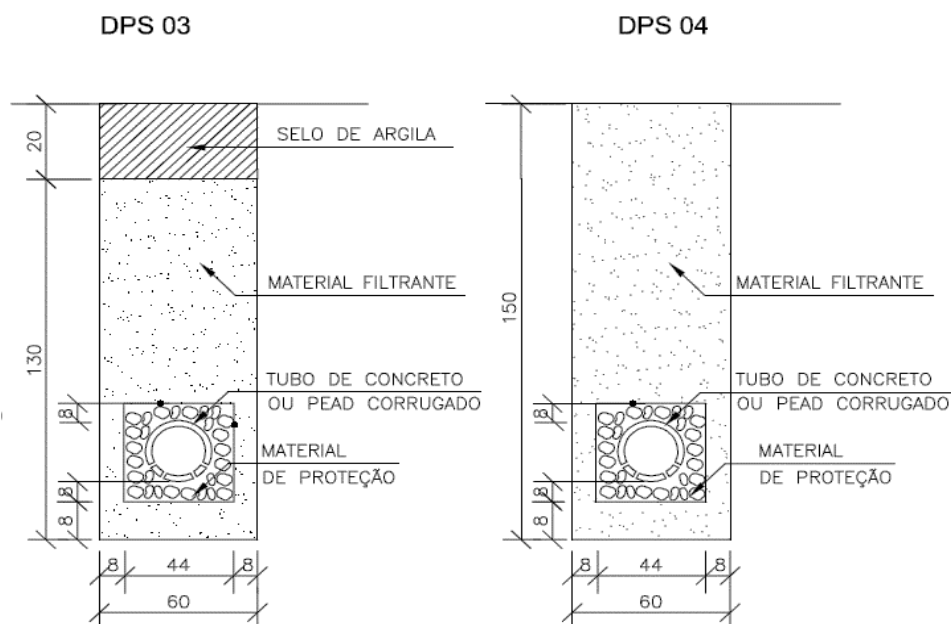
Tabela 18 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas de tábuas de pinho para drenos

Carpinteiro (h/m ²)	Ajudante (h/m ²)
0,50000	0,50000

2.1.3.5 Materiais e atividades auxiliares

O consumo dos materiais é estabelecido por meio das diretrizes constantes do *Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem - 5ª Edição* (Publicação IPR nº 736), consoante ao croqui apresentado na figura 9.

Figura 9 - Detalhamento dos Drenos Longitudinais Profundos para Cortes em Solo – DPS



Fonte: Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR. *Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem* - Publ., 736. 5ª edição, Rio de Janeiro, 2018.



a) ripa de madeira - E = 4,0 cm e L = 1,5 cm

Consiste em insumo de madeira com seção 4,0 x 1,5 cm, utilizado para travar as tábuas e garantir estabilidade à fôrma.

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

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

onde:

Q representa o consumo de ripa, em metros por metro quadrado;

C representa o comprimento total de ripa, em metros;

k representa o coeficiente de perda do material;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

O coeficiente de perda do material é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$k = \frac{1,1 \times (1,05^{(n-1)})}{n}$$

onde:

k representa o coeficiente de perda do material;

n representa o número de utilizações.

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

Tabela 19 - Consumo de ripa - fôrmas de tábuas de pinho para drenos

Comprimento de ripa (m)	Número de utilizações	Coeficiente de perda	Área de fôrma (m²)	Consumo (m/m²)
0,44	5	0,2674	0,8800	0,13370

b) tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm

Consiste em insumo de madeira, em pinho de terceira categoria, com espessura de 2,5 cm, utilizado para confeccionar o fundo e as laterais da fôrma.

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

$$Q = \frac{A_t \times k}{A}$$

onde:

Q representa o consumo de tábua, em metros quadrados por metro quadrado;

A_t representa a área de tábua de pinho, em metros quadrados;



k representa o coeficiente de perda do material;
A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

O coeficiente de perda do material é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$k = \frac{1,1 \times (1,05^{(n-1)})}{n}$$

onde:

k representa o coeficiente de perda do material;
n representa o número de utilizações.

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

Tabela 20 - Consumo de tábua de pinho - fôrmas de tábuas de pinho para drenos

Área de tábua (m²)	Número de utilizações	Coeficiente de perda	Área de fôrma (m²)	Consumo (m²/m²)
0,8800	5	0,2674	0,8800	0,26740

c) prego de ferro

Consiste em insumo utilizado para fixar as peças de madeira.

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

$$Q = \frac{Q_t \times M}{A}$$

onde:

Q representa o consumo de pregos, em quilogramas por metro quadrado;
Q_t representa a quantidade de pregos, em unidades;
M representa a massa unitária do prego, em quilogramas por unidade;
A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

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

Tabela 21 - Consumo de pregos de ferro - fôrmas de tábuas de pinho para drenos

Quantidade de pregos (un)	Massa (kg/un)	Área de fôrma (m²)	Consumo (kg/m²)
4	0,004	0,8800	0,01818



2.1.3.6 Operações de transporte

A tabela 22 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 22 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrmas de tábuas de pinho para drenos

Descrição	Código SICRO	Descrição
Prego de ferro, ripa de madeira e tábua de pinho de terceira	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 23 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 23 - Fator de conversão de transporte - fôrmas de tábuas de pinho para drenos

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M1205	Prego de ferro	0,00100 t/kg
M1328	Ripa de madeira - E = 4,0 cm e L = 1,5 cm	0,00060 t/m
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	0,02500 t/m ²

2.1.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrmas de tábuas de pinho para drenos deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente confeccionada.

2.1.4 Fôrmas de tábuas de pinho para elemento estrutural de arco metálico

O serviço consiste na confecção e instalação de fôrmas de tábuas de pinho para execução das sapatas e vigas de empuxo de arcos metálicos, bem como a retirada após a conclusão das atividades, considerando 3 utilizações.

2.1.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 15696/2009: *Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.*

2.1.4.2 Metodologia executiva

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



- corte das peças por meio da serra circular com bancada;
- posicionamento das peças pela mão de obra;
- fixação manual do conjunto com pregos de ferro;
- aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
- retirada manual das fôrmas após a consolidação da estrutura de concreto.

2.1.4.3 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:

- serra circular com bancada;
- grupo gerador.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 m²/h.

a) serra circular com bancada

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

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

onde:

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

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

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 serra, 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.

2.1.4.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 carpinteiro para posicionar as peças e aplicar o desmoldante;
- 1 ajudante para auxiliar no posicionamento das peças, na aplicação do desmoldante e na fixação dos elementos com pregos de ferro.



A tabela 24 apresenta os parâmetros referenciais adotados.

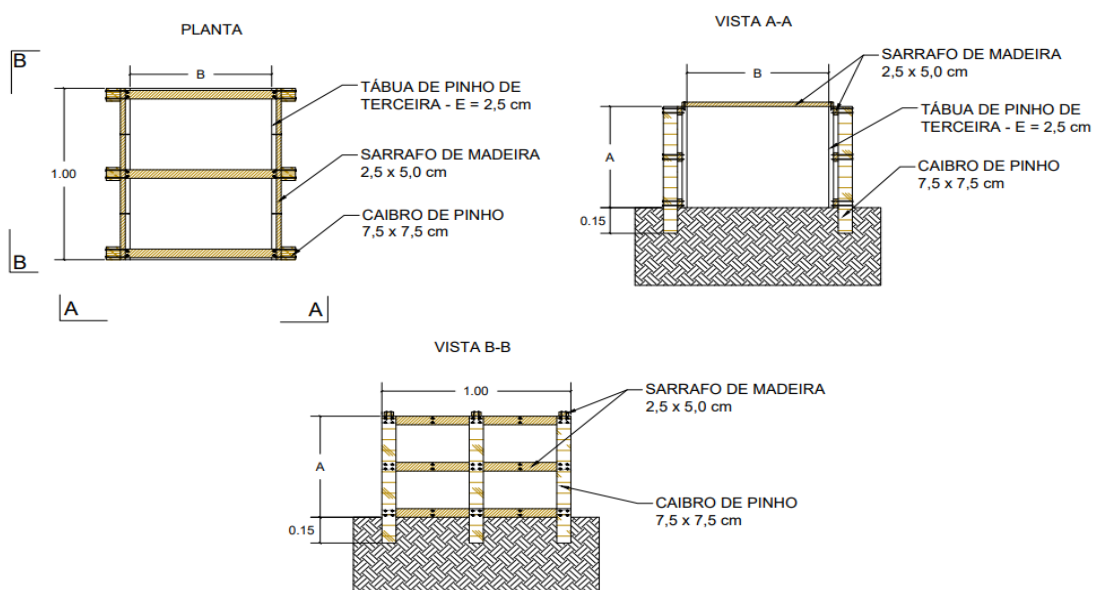
Tabela 24 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas de tábuas de pinho para elementos estruturais dos arcos metálicos

Carpinteiro (h/m ²)	Ajudante (h/m ²)
0,90000	0,90000

2.1.4.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos do croqui apresentado na figura 10.

Figura 10 - Modelo de referência das fôrmas para vigas de fundação superficial



Fonte: FGV IBRE

Por meio da figura 10, são obtidos os seguintes elementos:

- tábuas de pinho distribuídas pelas laterais da sapata, composto por 2 unidades de 1,00 m x A;
- 6 peças de caibro de pinho com seção de 7,5 x 7,5 cm com comprimento igual a altura da viga, acrescida de 0,15 m ($A + 0,15$) para travamento das tábuas e fixação de toda a estrutura no solo;
- 6 sarrafos de madeira com seção de 2,5 x 5,0 cm com comprimento igual a 1,00 m para travamento das tábuas e 3 sarrafos com comprimento igual à base da viga acrescida de 0,05 m ($B + 0,05$) para determinação dos espaçamentos dos caibros;
- 108 pregos de ferro, consoante às seguintes diretrizes:
 - 12 pregos de 20 x 48 para fixar cada caibro: são 6 peças de caibro de pinho, totalizando 72 unidades;
 - 4 pregos de 17 x 27 para fixar os sarrafos: são 9 sarrafos de madeira, totalizando 36 unidades.



a) caibro e sarrafo

Consistem em insumo de madeira utilizados para confeccionar a fôrma, sendo os caibros de seção 7,5 x 7,5 cm e o sarrafo de 2,5 x 5,0 cm.

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

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

onde:

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

C representa o comprimento médio do insumo, em metros;

k representa o coeficiente de perda do material;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

O coeficiente de perda do material é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$k = \frac{1,1 \times (1,05^{(n-1)})}{n}$$

onde:

k representa o coeficiente de perda do material;

n representa o número de utilizações.

A tabela 25 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 25 - Consumo de caibro de pinho e sarrafo - fôrmas para elemento estrutural de arco metálico

Elemento	Comprimento médio (m)	Número de utilizações	Coeficiente de perda	Área de fôrma (m²)	Consumo (m/m²)
Caibro de pinho	4,64	3	0,4043	1,2450	1,50679
Sarrafo	12,78	3	0,4043	1,2450	4,15016

b) tábuas de pinho de terceira - E = 2,5 cm

Consiste em insumo de madeira, em pinho de terceira categoria, com espessura de 2,5 cm, utilizado para confeccionar as laterais e o fundo da fôrma.

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

$$Q = \frac{A_m \times k}{A}$$



onde:

Q representa o consumo de tábua de pinho, em metros quadrados por metro quadrado;

A_m representa a área média de tábua de pinho, em metros quadrados;

k representa o coeficiente de perda do material;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

O coeficiente de perda do material é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$k = \frac{1,1 \times (1,05^{(n-1)})}{n}$$

onde:

k representa o coeficiente de perda do material;

n representa o número de utilizações.

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

Tabela 26 - Consumo de tábua de pinho - fôrmas para elemento estrutural de arco metálico

Área média de tábua de pinho (m ²)	Número de utilizações	Coeficiente de perda	Área de fôrma (m ²)	Consumo (m ² /m ²)
1,2450	3	0,4043	1,2450	0,40430

c) desmoldante para fôrmas de madeira

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.

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

$$Q = \frac{1}{T_a \times [1 - 0,05 \times (n - 1)]}$$

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;

T_a representa a taxa de aplicação, em metros quadrados por litro;

n representa o número de utilizações.

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

Tabela 27 - Consumo de desmoldante - fôrmas para elemento estrutural de arco metálico

Taxa de aplicação (m ² /l)	Número de utilizações	Consumo (l/m ²)
60,00	3	0,01852



d) prego de ferro

Consiste em insumo utilizado para fixar as peças de madeira.

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

$$Q = \frac{Q_t \times M}{A}$$

onde:

Q representa o consumo de pregos, em quilogramas por metro quadrado;

Q_t representa a quantidade de pregos, em unidades;

M representa a massa unitária do prego, em quilogramas por unidade;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

A tabela 28 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 28 - Consumo de pregos de ferro - fôrmas para elemento estrutural de arco metálico

Tipo de prego	Quantidade de pregos (un)	Massa (kg/un)	Área de fôrma (m²)	Consumo (kg/m²)
20 x 48	72	0,014	1,2450	0,80964
17 x 27	36	0,003	1,2450	0,08675
Total:				0,89639

2.1.4.6 Operações de transporte

A tabela 29 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 29 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrmas para elemento estrutural de arco metálico

Descrição	Código SICRO	Descrição
Desmoldante, prego de ferro e elementos de madeira	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 30 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.



Tabela 30 - Fator de conversão de transporte - fôrmas para elemento estrutural de arco metálico

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0284	Caibro de pinho - L = 7,5 cm e E = 7,5 cm	0,005625 t/m
M0560	Desmoldante para fôrmas de madeira	0,000950 t/l
M1205	Prego de ferro	0,001000 t/kg
M1358	Sarrafo em madeira de terceira - E = 2,5 cm e L = 5 cm	0,001250 t/m
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	0,025000 t/m ²

2.1.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrmas de tábuas de pinho para elemento estrutural de arco metálico deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto.

2.1.5 Guia de madeira

O serviço consiste na confecção e instalação de guia de madeira, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

As guias são empregadas como gabaritos, servindo de balizador para concretagem, cuja seção transversal corresponde às dimensões e forma de cada dispositivo, acompanhando a evolução geométrica estabelecida.

2.1.5.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 018/2023: *Drenagem - Sarjetas e valetas*.

2.1.5.2 Metodologia executiva

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

- corte das peças por meio de ferramentas manuais;
- posicionamento manual das tábuas de pinho para confecção das guias;
- retirada das guias após a conclusão das atividades.

2.1.5.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial histórico consolidado, cujo valor corresponde a 100,00 m/h.



2.1.5.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 ajudante para auxiliar no posicionamento das peças;
- 1 carpinteiro para posicionar as guias.

2.1.5.5 Materiais e atividades auxiliares

a) tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm

Consiste em insumo de madeira, em pinho de terceira categoria, com espessura de 2,5 cm, utilizado para confeccionar a guia de madeira.

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

$$Q = \frac{(L \times C) \times k}{C}$$

onde:

Q representa o consumo de tábua de pinho, em metros quadrados por metro;

L representa a largura de tábua de pinho, em metros;

C representa o comprimento de tábua de pinho, em metros;

k representa o coeficiente de perda do material.

A tabela 31 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 31 - Consumo de tábua de pinho - guia de madeira

Guia de madeira	Largura (m)	Comprimento (m)	Coeficiente de perda	Consumo (m²/m)
2,5 x 7,0 cm	0,07	1,00	1,05	0,07350
2,5 x 8,0 cm	0,08	1,00	1,05	0,08400
2,5 x 10,0 cm	0,10	1,00	1,05	0,10500

2.1.5.6 Operações de transporte

A tabela 32 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

Tabela 32 - Serviços empregados nas operações de transporte - guia de madeira

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	0,02500 t/m²	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais



Tabela 32 - Serviços empregados nas operações de transporte - guia de madeira (2/2)

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1429	Tábua de pinho de terceira - E = 2,5 cm	0,02500 t/m ²	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

2.1.5.7 Critérios de medição

A medição do serviço de guia de madeira deve ser realizada em metros, em função do comprimento efetivamente confeccionado e implantado.

2.2 Fôrmas de compensados de madeira

2.2.1 Fôrmas de compensados de madeira

O serviço consiste na confecção e instalação de fôrmas de compensado resinado ou plastificado, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

2.2.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 15696/2009: *Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*;
- DNIT ES 120/2009 - *Pontes e viadutos rodoviários - Fôrmas*.

2.2.1.2 Metodologia executiva

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

- corte do compensado e das peças de madeira por meio da serra circular com bancada;
- posicionamento das peças pela mão de obra;
- fixação manual do conjunto com pregos de ferro;
- aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
- retirada manual das fôrmas após a consolidação da estrutura de concreto.

2.2.1.3 Produção horária e equipe mecânica

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



- serra circular com bancada;
- grupo gerador.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 m²/h.

a) serra circular com bancada

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

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

onde:

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

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

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 serra, 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.

2.2.1.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 carpinteiro para posicionar as peças e aplicar o desmoldante;
- 1 ajudante para auxiliar no posicionamento das peças, na aplicação do desmoldante e na fixação dos elementos com pregos de ferro.

A tabela 33 apresenta os parâmetros referenciais adotados.

Tabela 33 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas de compensados de madeira

Número de utilizações	Carpinteiro (h/m ²)	Ajudante (h/m ²)
1	0,60000	0,60000
2	0,65000	0,65000
3	0,70000	0,70000



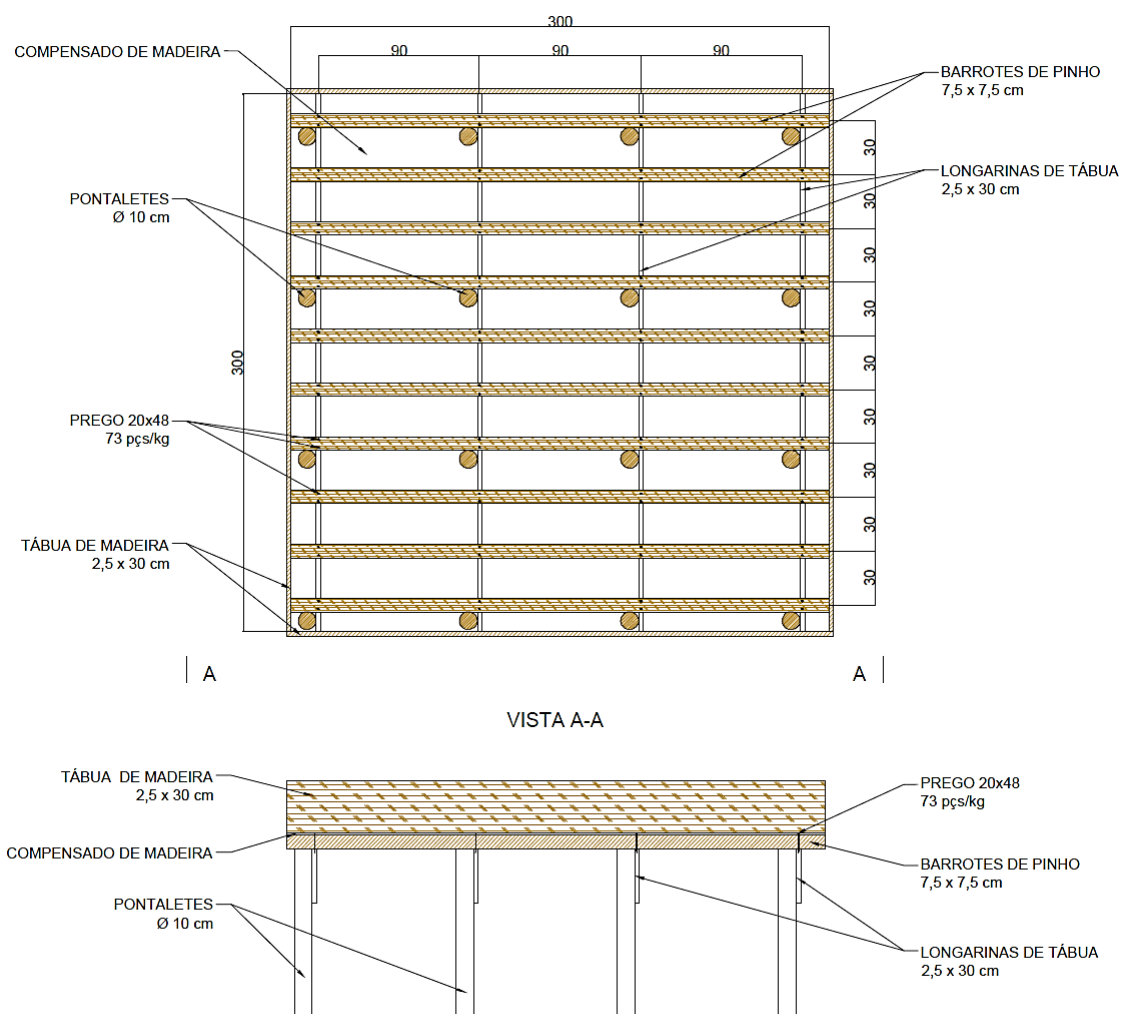
2.2.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram estabelecidos por meio dos seguintes elementos estruturais:

- laje de 3,00 x 3,00 m;
- pilar de 0,50 x 0,50 x 6,00 m;
- viga de 0,20 x 1,00 x 10,00 m.

O croqui constante da figura 11 apresenta o projeto-tipo para a fôrma de compensado para a laje de 3,00 x 3,00 m.

Figura 11 - Projeto-tipo das fôrmas de compensados de madeira para laje



Fonte: FGV IBRE

Por meio da figura 11, são obtidos os seguintes elementos:

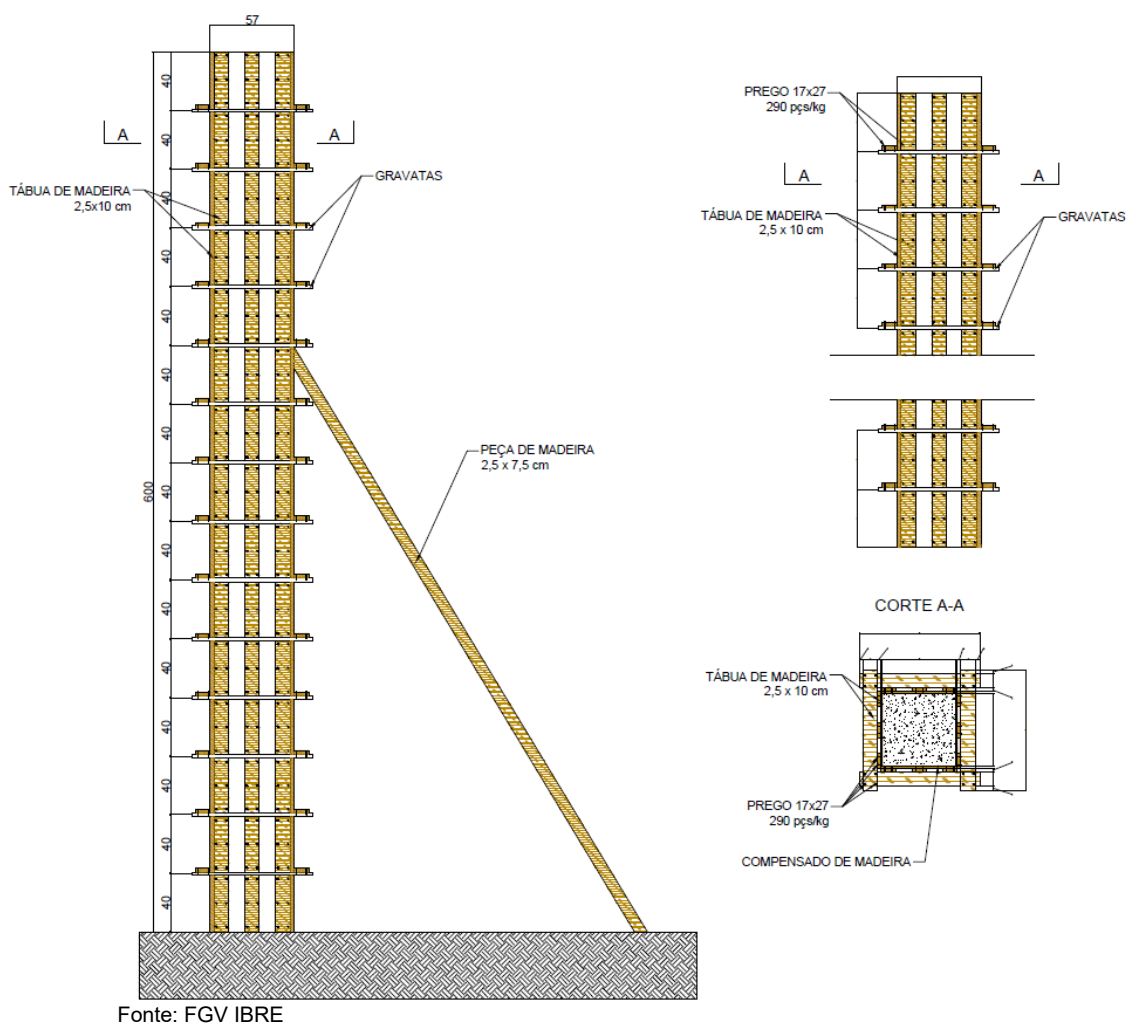
- placas de compensado de madeira para confecção da superfície da fôrma, distribuídas por toda a área da laje, com dimensões de 3,00 x 3,00 m;



- 10 caibros de pinho para o apoio da fôrma, com comprimento de 3,00 metros, espaçados em 30 cm;
- 4 longarinas de tábua com seção de 2,5 x 30 cm, utilizada para apoio dos caibros, com comprimento de 3,00 metros, espaçadas em 90 cm;
- 4 tábuas com seção de 2,5 x 30 cm para fechamento lateral ao longo do perímetro;
- 2 pregos em cada uma das 40 ligações entre longarinas e caibros, resultando em 80 unidades.

O croqui constante da figura 12 apresenta o projeto-tipo para a fôrma de compensado de madeira para o pilar de 0,50 x 0,50 x 6,00 m.

Figura 12 - Projeto-tipo das fôrmas de compensados de madeira para pilar, de dimensões 0,50 x 0,50 x 6,00 m



Por meio da figura 12, são obtidos os seguintes elementos:

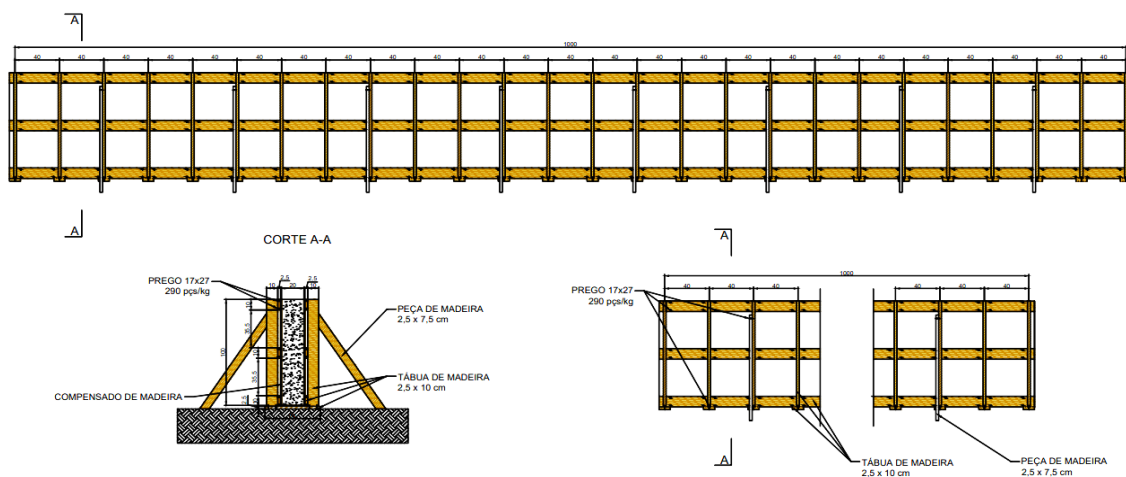
- placas de compensado de madeira distribuídas por toda área das quatro laterais do pilar, com dimensões 0,50 m x 6,00 m;



- 12 tábuas com seção de 2,5 x 10 cm e comprimento de 6,00 m, sendo 3 em cada uma das laterais do pilar;
- 14 gravatas espaçadas em 40 cm, compostas individualmente por 4 tábuas de 2,5 x 10 cm e comprimento de 0,82 m;
- 2 peças de madeira com seção de 2,5 x 7,5 cm com comprimento de 4,50 m, para o escoramento do pilar;
- 1.304 pregos de ferro, sendo 16 para unir as gravatas e 6 em cada 0,40 metros nas laterais do pilar.

O croqui constante da figura 13 apresenta o projeto-tipo para a fôrma de compensado de madeira para a viga de 0,20 x 1,00 x 10,00 m.

Figura 13 - Projeto-tipo de fôrmas de compensados de madeira para viga, de dimensões 0,20 x 1,00 x 10,00 m



Fonte: FGV IBRE

Por meio da figura 13, são obtidos os seguintes elementos:

- placas de compensado de madeira distribuídas por toda área das duas laterais da viga, com dimensões de 1,00 x 10,00 m e por toda área da base com dimensões de 0,20 x 10,00 m;
- 6 tábuas de 2,5 x 10 cm com comprimento de 10,00 m, sendo 3 em cada uma das duas laterais da viga;
- 26 gravatas espaçadas em 40 cm, compostas individualmente por 3 tábuas com seção de 2,5 x 10 cm, sendo 2 com 1,00 metro de comprimento e 1 com comprimento de 0,50 metros;
- 16 peças de madeira com seção de 2,5 x 7,5 cm com comprimento de 1,00 metro, espaçadas em 1,20 m (de centro a centro), sendo 8 em cada uma das duas laterais da viga para escoramento;
- 736 pregos de ferro, sendo 4 para fixar a base, 4 para cada 0,40 metros das laterais e 2 em cada uma das escoras.



a) caibro, peça de madeira e tábua

Consistem em elementos de madeira utilizados para confeccionar a fôrma, sendo os caibros de seção quadrada 7,5 x 7,5 cm, a peça de madeira de seção 7,5 x 2,5 cm e as tábuas com 2,5 cm de espessura e 10 e 30 cm de largura.

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

$$Q = \frac{C \times k}{A} = Q_t \times k$$

onde:

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

C representa o comprimento total do insumo, em metros;

k representa o coeficiente de perda do material;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

Q_t representa a quantidade média, em metros por metro quadrado.

O coeficiente de perda do material é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$k = \frac{1,1 \times (1,05^{(n-1)})}{n}$$

onde:

k representa o coeficiente de perda do material;

n representa o número de utilizações.

As tabelas 34 e 35 apresentam os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 34 - Quantidades médias dos insumos de madeira - fôrmas de compensados de madeira

Elemento	Área de fôrma (m²)	Caibro de pinho (m/m²)	Tábua de 2,5 x 30 cm (m/m²)	Tábua de 2,5 x 10 cm (m/m²)	Peça de madeira de 2,5 x 7,5 cm (m/m²)
Laje	9,0000	3,3333	2,6667	-	-
Pilar	12,0000	-	-	9,8267	0,7500
Viga	22,0000	-	-	5,6818	0,7273
Média	14,3333	1,1111	0,8889	5,1695	0,4924

Tabela 35 - Consumo dos insumos de madeira - fôrmas de compensados de madeira

Código SICRO	Descrição	Quantidade de média (m/m²)	Consumo (m/m²)		
			1 Utilização	2 Utilizações	3 Utilizações
M0284	Caibro de pinho - L = 7,5 cm e E = 7,5 cm	1,1111	1,22221	0,64166	0,44922



Tabela 35 - Consumo dos insumos de madeira - fôrmas de compensados de madeira (2/2)

Código SICRO	Descrição	Quantidade de média (m/m²)	Consumo (m/m²)		
			1 Utilização	2 Utilizações	3 Utilizações
M0310	Peça de madeira - L = 7,5 cm e E = 2,5 cm	0,4924	0,54164	0,28436	0,19908
M0290	Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	5,1695	5,68645	2,98539	2,09003
M0286	Tábua - E = 2,5 cm e L = 30 cm	0,8889	0,97779	0,51334	0,35938

b) compensado plastificado e resinado

Consiste em chapa de compensado plastificado ou resinado com espessuras variáveis, utilizado para confeccionar o fundo e as laterais da fôrma.

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

$$Q = \frac{A_c \times k}{A}$$

onde:

Q representa o consumo de compensado, em metros quadrados por metro quadrado;

A_c representa a área de compensado, em metros quadrados;

k representa o coeficiente de perda do material;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

O coeficiente de perda do material é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$k = \frac{1,1 \times (1,05^{(n-1)})}{n}$$

onde:

k representa o coeficiente de perda do material;

n representa o número de utilizações.

As tabelas 36 e 37 apresentam os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 36 - Área de compensado de madeira para elementos estruturais - fôrmas de compensados de madeira

Elemento	Área de compensado (m²)	Área de fôrma (m²)
Laje	9,0000	9,0000
Pilar	12,0000	12,0000



Tabela 36 - Área de compensado de madeira para elementos estruturais - fôrmas de compensados de madeira (2/2)

Elemento	Área de compensado (m²)	Área de fôrma (m²)
Viga	22,0000	22,0000
Média	14,3333	14,3333

Tabela 37 - Consumo de compensado plastificado ou resinado - fôrmas de compensados de madeira

Área de compensado (m²)	Área de fôrma (m²)	Consumo (m²/m²)		
		1 utilização	2 utilizações	3 utilizações
14,3333	14,3333	1,10000	0,57750	0,40430

c) desmoldante para fôrmas de madeira

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.

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

$$Q = \frac{1}{T_a \times [1 - 0,05 \times (n - 1)]}$$

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;

T_a representa a taxa de aplicação, em metros quadrados por litro;

n representa o número de utilizações.

A tabela 38 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

Tabela 38 - Consumo de desmoldante - fôrmas de compensados de madeira

Tipo de compensado	Taxa de aplicação (m²/l)	Consumo de desmoldante (l/m²)		
		1 Utilização	2 Utilizações	3 Utilizações
Resinado	60,00	0,01667	0,01754	0,01852
Plastificado	100,00	0,01000	0,01053	0,01111

d) prego de ferro

Consiste em insumo utilizado para fixar as peças de madeira.

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

$$Q = \frac{Q_t}{A \times Q_p}$$



onde:

Q representa o consumo de pregos, em quilogramas por metro quadrado;

Q_t representa a quantidade de pregos, em unidades;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

Q_p representa a quantidade de pregos por quilograma, em unidades por quilograma.

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

Tabela 39 - Consumo de prego de ferro - fôrmas de compensados de madeira

Elemento	Área de fôrma (m ²)	Quantidade de pregos (un)	Especificação do prego	Quantidade de pregos por quilograma (un/kg)	Consumo de prego (kg/m ²)
Laje	9,0000	80	20 x 48	73,00	0,12178
Pilar	12,0000	1.304	17 x 27	290,00	0,37471
Viga	22,0000	736	17 x 27	290,00	0,11536
Consumo médio					0,20395

2.2.1.6 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 - fôrmas de compensados de madeira

Descrição	Código SICRO	Descrição
Compensado, desmoldante, elementos de madeira e prego de ferro	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 - fôrmas de compensados de madeira

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0284	Caibro de pinho - L = 7,5 cm e E = 7,5 cm	0,005625 t/m
M0442	Compensado plastificado - E = 10 mm	0,010000 t/m ²
M0443	Compensado plastificado - E = 12 mm	0,012000 t/m ²
M0459	Compensado plastificado - E = 14 mm	0,014000 t/m ²
M0446	Compensado resinado - E = 10 mm	0,010000 t/m ²

**Tabela 41 - Fator de conversão de transporte - fôrmas de compensados de madeira (2/2)**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0447	Compensado resinado - E = 12 mm	0,012000 t/m ²
M0448	Compensado resinado - E = 14 mm	0,014000 t/m ²
M0560	Desmoldante para fôrmas de madeira	0,000950 t/l
M0310	Peça de madeira - L = 7,5 cm e E = 2,5 cm	0,001875 t/m
M1205	Prego de ferro	0,001000 t/kg
M0290	Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	0,002500 t/m
M0286	Tábua - E = 2,5 cm e L = 30 cm	0,007500 t/m

2.2.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrmas de compensados de madeira deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto, acrescida da área correspondente aos recortes de fôrma, executados nos pontos de interseção.

2.2.2 Fôrmas curvas de compensados de madeira

O serviço consiste na confecção e instalação de fôrmas curvas de compensado resinado ou plastificado, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

2.2.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 15696/2009: *Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*;
- DNIT ES 120/2009: *Pontes e viadutos rodoviários - Fôrmas*.

2.2.2.2 Metodologia executiva

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

- corte do compensado e das peças de madeira por meio da serra circular com bancada;
- posicionamento das peças pela mão de obra;
- fixação manual do conjunto com pregos de ferro;
- aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
- retirada manual das fôrmas após a consolidação da estrutura de concreto.



2.2.2.3 Produção horária e equipe mecânica

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

- serra circular com bancada;
- grupo gerador.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 m²/h.

a) serra circular com bancada

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

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

onde:

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

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

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 serra, 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.

2.2.2.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 carpinteiro para posicionar as peças e aplicar o desmoldante;
- 1 ajudante para auxiliar no posicionamento das peças, na aplicação do desmoldante e na fixação dos elementos com pregos de ferro.

A tabela 42 apresenta os parâmetros referenciais adotados.

Tabela 42 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas curvas de compensados de madeira

Carpinteiro (h/m ²)	Ajudante (h/m ²)
1,10000	1,10000



2.2.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Os cálculos dos consumos dos materiais possuem como base as premissas e modelos referenciais apresentados na seção 2.2.1.5.

a) caibro, peça de madeira e tábua

Consistem em elementos de madeira utilizados para confeccionar a fôrma, sendo os caibros de seção quadrada 7,5 x 7,5 cm, a peça de madeira de seção 7,5 x 2,5 cm e as tábuas com 2,5 cm de espessura e 10 e 30 cm de largura.

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

$$Q = \frac{C \times k}{A} = Q_t \times k$$

onde:

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

C representa o comprimento total do insumo, em metros;

k representa o coeficiente de perda do material;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

Q_t representa a quantidade média, em metros por metro quadrado.

O coeficiente de perda do material é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$k = \frac{1,2 \times (1,05^{(n-1)})}{n}$$

onde:

k representa o coeficiente de perda do material;

n representa o número de utilizações.

As tabelas 43 e 44 apresentam os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 43 - Quantidades médias dos insumos de madeira - fôrmas curvas de compensados de madeira

Elemento	Área de fôrma (m ²)	Caibro de pinho (m/m ²)	Tábua de 2,5 x 30 cm (m/m ²)	Tábua de 2,5 x 10 cm (m/m ²)	Peça de madeira de 2,5 x 7,5 cm (m/m ²)
Laje	9,0000	3,3333	2,6667	-	-
Pilar	12,0000	-	-	9,8267	0,7500
Viga	22,0000	-	-	5,6818	0,7273
Média	14,3333	1,1111	0,8889	5,1695	0,4924

**Tabela 44 - Consumo dos insumos de madeira - fôrmas curvas de compensados de madeira**

Código SICRO	Descrição	Quantidade média (m/m²)	Consumo (m/m²)
M0284	Caibro de pinho - L = 7,5 cm e E = 7,5 cm	1,1111	0,69999
M0310	Peça de madeira - L = 7,5 cm e E = 2,5 cm	0,4924	0,31021
M0290	Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	5,1695	3,25679
M0286	Tábua - E = 2,5 cm e L = 30 cm	0,8889	0,56001

b) compensado plastificado e resinado

Consiste em chapa de compensado plastificado ou resinado com espessuras variáveis, utilizado para confeccionar o fundo e as laterais da fôrma.

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

$$Q = \frac{A_c \times k}{A}$$

onde:

Q representa o consumo de compensado, em metros quadrados por metro quadrado;

A_c representa a área de compensado, em metros quadrados;

k representa o coeficiente de perda do material;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

O coeficiente de perda do material é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$k = \frac{1,2 \times (1,05^{(n-1)})}{n}$$

onde:

k representa o coeficiente de perda do material;

n representa o número de utilizações.

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

Tabela 45 - Consumo de compensado - fôrmas curvas de compensados de madeira

Área de compensado (m²)	Número de utilizações	Coeficiente de perda	Área de fôrma (m²)	Consumo (m²/m²)
1,00	2	0,6300	1,00	0,63000

c) desmoldante para fôrmas de madeira

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.



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

$$Q = \frac{1}{T_a \times [1 - 0,05 \times (n - 1)]}$$

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;

T_a representa a taxa de aplicação, em metros quadrados por litro;

n representa o número de utilizações.

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

Tabela 46 - Consumo de desmoldante - fôrmas curvas de compensado de madeira

Código SICRO	Descrição	Taxa de aplicação (m²/l)	Número de utilizações	Consumo (l/m²)
3107969	Fôrmas curvas de compensado plastificado 10 mm - uso geral - utilização de 2 vezes - confecção, instalação e retirada	100	2	0,01053
3107970	Fôrmas curvas de compensado resinado 10 mm - uso geral - utilização de 2 vezes - confecção, instalação e retirada	60	2	0,01754

d) prego de ferro

Consiste em insumo utilizado para fixar as peças de madeira.

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

$$Q = \frac{Q_t}{A \times Q_p}$$

onde:

Q representa o consumo de pregos, em quilogramas por metro quadrado;

Q_t representa a quantidade de pregos, em unidades;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

Q_p representa a quantidade de pregos por quilograma, em unidades por quilograma.

A tabela 47 apresentam os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 47 - Consumo de prego de ferro - fôrmas curvas de compensados de madeira

Elemento	Área de fôrma (m²)	Quantidade de pregos (un)	Especificação do prego	Quantidade de pregos por quilograma (un/kg)	Consumo de prego (kg/m²)
Laje	9,0000	80	20 x 48	73,00	0,12177



Tabela 47 - Consumo de prego de ferro - fôrmas curvas de compensados de madeira (2/2)

Elemento	Área de fôrma (m ²)	Quantidade de pregos (un)	Especificação do prego	Quantidade de pregos por quilograma (un/kg)	Consumo de prego (kg/m ²)
Pilar	12,0000	1.304	17 x 27	290,00	0,37471
Viga	22,0000	736	17 x 27	290,00	0,11536
Consumo médio					0,20395

2.2.2.6 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 - fôrmas curvas de compensados de madeira

Descrição	Código SICRO	Descrição
Compensado, desmoldante, elementos de madeira e prego de ferro	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 49 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 49 - Fator de conversão de transporte - fôrmas curvas de compensados de madeira

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0284	Caibro de pinho - L = 7,5 cm e E = 7,5 cm	0,005625 t/m
M0442	Compensado plastificado - E = 10 mm	0,010000 t/m ²
M0446	Compensado resinado - E = 10 mm	0,010000 t/m ²
M0560	Desmoldante para fôrmas de madeira	0,000950 t/l
M0310	Peça de madeira - L = 7,5 cm e E = 2,5 cm	0,001875 t/m
M1205	Prego de ferro	0,001000 t/kg
M0290	Tábua - E = 2,5 cm e L = 10 cm	0,002500 t/m
M0286	Tábua - E = 2,5 cm e L = 30 cm	0,007500 t/m

2.2.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrmas curvas de compensados de madeira deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto, acrescida da área correspondente aos recortes de fôrma, executados nos pontos de interseção das peças estruturais.



2.3 Fôrmas metálicas

2.3.1 Fôrma metálica plana e curva

O serviço consiste na confecção e instalação de fôrmas metálicas planas ou curvas, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

2.3.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 15696/2009: *Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.*

2.3.1.2 Metodologia executiva

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

- corte das chapas e perfis metálicos;
- calandragem das chapas para conformação das fôrmas curvas;
- posicionamento manual das peças;
- soldagem das junções do conjunto;
- aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
- retirada manual das fôrmas após a consolidação da estrutura de concreto.

2.3.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 m²/h.

2.3.1.4 Mão de obra

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 1 montador para realizar a montagem das fôrmas.

A tabela 50 apresenta os parâmetros referenciais adotados.

Tabela 50 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrma metálica plana e curva

Código SICRO	Descrição	Montador (h/m ²)
3107967	Fôrma metálica em chapa 1/8" reforçada com nervuras de 40 mm x 1/8" dispostas em grelhas de 40 x 60 cm - utilização de 100 vezes - confecção, instalação e retirada	0,20000



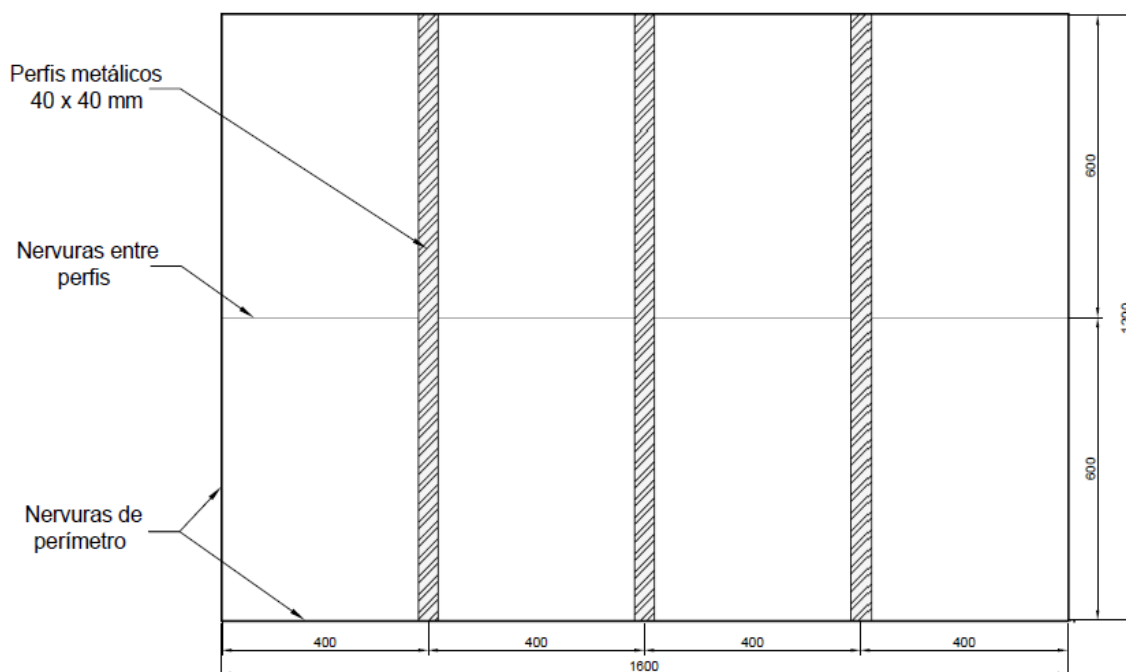
Tabela 50 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrma metálica plana e curva (2/2)

Código SICRO	Descrição	Montador (h/m²)
3108072	Fôrma metálica em chapa 3/16" reforçada com nervuras de 40 mm x 3/16" dispostas em grelhas de 40 x 60 cm - utilização de 100 vezes - confecção, instalação e retirada	0,30000
3108150	Fôrma metálica curva em chapa 3/16" reforçada com nervuras de 40 mm x 3/16" dispostas em grelhas de 40 x 60 cm - utilização de 100 vezes - confecção, instalação e retirada	0,40000

2.3.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos do croqui apresentado na figura 14.

Figura 14 - Módulo de referência para confecção das fôrmas metálicas



Fonte: FGV IBRE

a) chapa fina em aço ASTM A36

Consiste em insumo utilizado para confecção de fôrma metálica.

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

$$Q = \frac{\{A_f + [A_n \times (1 + k)]\} \times M}{A \times n}$$

onde:

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



A_f representa a área de chapa na face em contato da fôrma, em metros quadrados;

A_n representa a área de chapa utilizada nas nervuras, em metros quadrados;

k representa a porcentagem de perda de material;

M representa a massa da chapa, em quilogramas por metro quadrado;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

A tabelas 51 e 52 apresentam os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

Tabela 51 - Área de chapa das nervuras - fôrma metálica plana e curva

Espessura da chapa de aço	Tipo de nervura	Quantidade	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m²)	Área de chapa nas nervuras (m²)
3/16"	Superior e inferior	2	1,60	0,04	0,1280	0,2816
	Laterais	2	1,20	0,04	0,0960	
	Entre os perfis	4	0,36	0,04	0,0576	
1/8"	Superior e inferior	2	1,60	0,04	0,1280	0,2816
	Laterais	2	1,20	0,04	0,0960	
	Entre os perfis	4	0,36	0,04	0,0576	

Tabela 52 - Consumo de chapa em aço - fôrma metálica plana e curva

Espessura da chapa de aço	Área de chapa na face (m²)	Área de chapa nas nervuras (m²)	Perda de material (%)	Massa da chapa (kg/m²)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (kg/m²)
3/16"	1,9200	0,2816	10,00	37,2900	1,9200	100	0,43306
1/8"	1,9200	0,2816	10,00	23,5500	1,9200	100	0,27349

b) desmoldante para fôrmas metálicas

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.

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

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

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;

R representa o rendimento do desmoldante, em metros quadrados por litro.

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

**Tabela 53 - Consumo de desmoldante - fôrma metálica plana e curva**

Rendimento do desmoldante (m ² /l)	Consumo (l/m ²)
75,00	0,01333

c) tubo em aço - E = 3,00 mm e seção de 40 x 40 mm

Consiste em perfil de aço laminado a quente com seção quadrada 40 x 40 mm e espessura de 3,00 mm, utilizado para formar a grelha que dá rigidez ao módulo.

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

$$Q = \frac{C \times Q_t}{A \times n}$$

onde:

Q representa o consumo de tubos, em metros por metro quadrado;

C representa o comprimento de cada tubo em aço, em metros;

Q_t representa a quantidade de tubos utilizados;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

A tabela 54 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 54 - Consumo de tubo de aço - fôrma metálica plana e curva

Comprimento do tubo (m)	Quantidade de tubos	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (m/m ²)
1,20	3	1,9200	100	0,01875

d) corte de chapas de aço com maçarico oxiacetileno

Consiste na seção de chapas de aço por meio do maçarico de oxiacetileno.

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

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

onde:

Q representa o consumo de cortes de chapa de aço, em metros por metro quadrado;

C representa o comprimento total de corte, em metros;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.



Por meio da figura 14, são obtidos os seguintes elementos:

- nervuras superior e inferior: 1 corte de 1,60 m para cada peça;
- nervuras laterais direita e esquerda: 1 corte de 1,20 m e 1 corte de 0,40 m para cada peça;
- nervuras intermediárias: 1 corte de 0,36 m e 1 corte de 0,40 m para cada peça.

A tabela 55 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 55 - Consumo de corte de chapa de aço - fôrma metálica plana e curva

Comprimento de corte (m)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (m/m ²)
9,44	1,9200	100	0,04917

e) corte de perfil metálico com máquina policorte com espessura de até 1/8"

Consiste na seção de perfil metálico por meio de máquina policorte.

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

$$Q = \frac{N_c \times Q_t}{N_p \times A \times n}$$

onde:

Q representa o consumo de cortes de perfil metálico, em unidades por metro quadrado;

N_c representa o número de cortes em um perfil de 6 metros;

Q_t representa a quantidade de perfis necessários para a confecção da fôrma, em unidades;

N_p representa o número de perfis confeccionados com "N_c" cortes;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

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

Tabela 56 - Consumo de corte de perfil metálico - fôrma metálica plana e curva

Número de cortes	Quantidade de perfis (un)	Número de perfis confeccionados	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (un/m ²)
4	3	5	1,9200	100	0,01250

f) solda elétrica de perfis metálicos e chapas de aço com eletrodo E60XX

Consiste na soldagem das chapas e tubos de aço para confecção do módulo da fôrma metálica.



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

$$Q = \frac{A_s \times C_s \times Q_t \times \rho}{A \times n \times E_d}$$

onde:

Q representa o consumo de solda, em quilogramas por metro quadrado;
 A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;
 C_s representa o comprimento de cada solda, em metros;
 Q_t representa a quantidade de pontos de solda;
 ρ representa a massa específica do aço, em quilogramas por metro cúbico;
 A representa a área de referência da fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de utilizações;
 E_d representa a eficiência de deposição.

O consumo da área da seção de solda é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$A_s = \frac{l^2}{2}$$

onde:

A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;
 l representa o comprimento da perna de solda, em metros.

O comprimento de solda é definido por meio da aplicação das seguintes premissas:

- confecção da grelha: executa-se a solda nos encontros das nervuras;
- fixação da grelha na face da fôrma: solda não contínua nas arestas entre os tubos quadrados e a chapa de face, bem como entre as nervuras e chapa de face.

Promovendo a incorporação da equação que determina a área da seção de solda na que estabelece o consumo de solda, obtém-se:

$$Q = \frac{l^2 \times C_s \times Q_t \times \rho}{2 \times A \times n \times E_d}$$

A tabela 57 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 57 - Consumo de solda - fôrma metálica plana e curva

Perna de solda (m)	Comprimento de solda (m)	Quantidade pontos de solda	Massa específica do aço (kg/m³)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Eficiência de deposição	Consumo (kg/m²)
0,003	0,04	47	7.850,00	1,9200	100	0,7367	0,00047



g) calandragem de chapa metálica com espessura de 5 mm

Consiste no processo de calandragem para executar a curvatura das chapas metálicas.

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

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

onde:

Q representa o consumo de calandragem, em metros quadrados por metro quadrado;

A representa a área de referência da fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

A tabela 58 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 58 - Consumo de calandragem - fôrma metálica plana e curva

Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (m²/m²)
1,9200	100	0,01000

2.3.1.6 Operações de transporte

A tabela 59 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 59 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica plana e curva

Descrição	Código SICRO	Descrição
Chapa fina em aço galvanizado e tubo em aço	5914333	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga com caminhão guindauto de 20 t.m
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
Desmoldante para fôrmas metálicas	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 60 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 60 - Fator de conversão de transporte - fôrma metálica plana e curva

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M1367	Chapa fina em aço galvanizado	0,00100 t/kg
M3949	Desmoldante para fôrmas metálicas	0,00099 t/l
M3947	Tubo em aço - E = 3,00 mm e seção de 40 x 40 mm	0,00360 t/m

2.3.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrma metálica plana e curva deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto, acrescida da área correspondente aos recortes, executados nos pontos de interseção das peças estruturais.

2.3.2 Fôrma metálica para vigas de OAE

O serviço consiste na confecção e instalação de fôrmas metálicas para vigas de Obras de Artes Especiais – OAE, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

2.3.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 120/2009 - *Pontes e viadutos rodoviários - Fôrmas*;
- ABNT NBR 15696/2009: *Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*.

2.3.2.2 Metodologia executiva

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

- corte das chapas e dos perfis metálicos;
- posicionamento manual das peças;
- soldagem das junções do conjunto;
- aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
- retirada manual das fôrmas após a consolidação da estrutura de concreto.

2.3.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 m²/h.



2.3.2.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 montador para realizar a montagem das fôrmas;
- 1 ajudante para auxiliar na montagem das fôrmas e na aplicação do desmoldante.

A tabela 61 apresenta os parâmetros referenciais adotados.

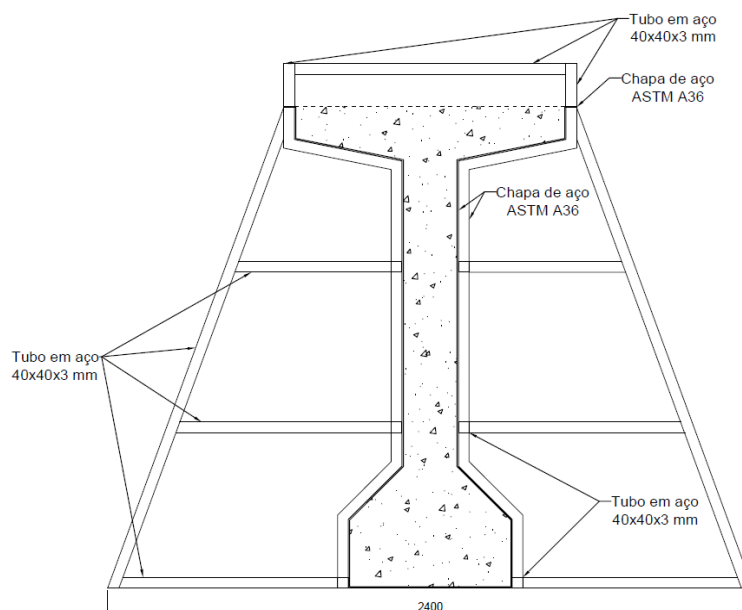
Tabela 61 - Quantidades adotadas na determinação do consumo da mão de obra no serviço de fôrmas metálicas para vigas de OAE

Montador (h/m ²)	Ajudante (h/m ²)
0,30000	0,20000

2.3.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos dos croquis apresentados nas figuras 15 e 16.

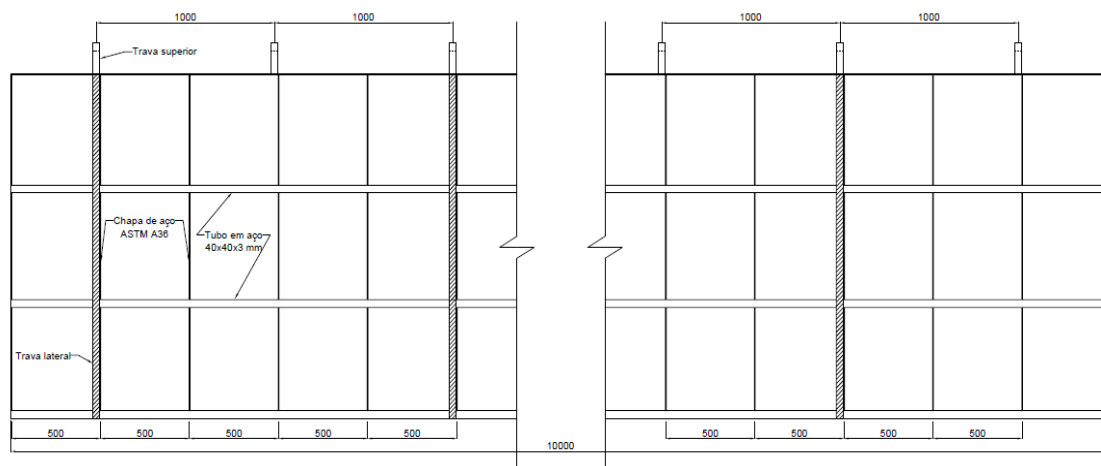
Figura 15 - Vista transversal de uma seção de referência de fôrma metálica de viga de concreto pré-moldada para OAE



Fonte: FGV IBRE



Figura 16 - Vista longitudinal de uma seção de referência de fôrma metálica de viga de concreto pré-moldada para OAE



Fonte: FGV IBRE

Por meio das figuras 15 e 16, são obtidos os seguintes elementos:

- chapa de aço ASTM A36, com espessura de 4,75 mm, distribuída por todas as faces da viga (laterais e fundo);
- chapa de aço ASTM A36, com espessura de 4,75 mm utilizada nas abas laterais. São incorporadas 2 chapas, uma em cada lado da fôrma, dispostas na parte superior, em todo comprimento longitudinal;
- chapa de aço ASTM A36, com espessura de 4,75 mm utilizada nas nervuras verticais. São incorporadas 2 chapas verticais, uma em cada lado da fôrma, de 0,40 m de largura, ao longo do perímetro lateral, dispostas a cada 0,50 m;
- 10 travamentos superiores formados por perfis em aço com seção 40 x 40 mm, dispostos a cada 1,00 m;
- 6 perfis em aço com seção 40 x 40 mm, localizados nas duas laterais da fôrma em todo comprimento longitudinal;
- 10 travamentos laterais formados por perfis em aço com seção 40 x 40 mm, espaçados em 2,00 m.

a) chapa fina em aço galvanizado

Consiste em insumo utilizado para confecção de fôrma metálica.

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

$$Q = \frac{\{A_f + [(A_n + A_a) \times (1 + k)]\} \times M}{A \times n}$$

onde:

Q representa o consumo de chapa de aço, em quilogramas por metro quadrado;
 A_f representa a área de chapa na face de contato da fôrma, em metros quadrados;



A_n representa a área de chapa utilizada nas nervuras, em metros quadrados;
 A_a representa a área de chapa utilizada nas abas laterais, em metros quadrados;
 k representa a porcentagem de perda do material;
 M representa a massa da chapa, em quilogramas por metro quadrado;
 A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de utilizações.

A tabela 62 apresenta os parâmetros referenciais adotados bem como o consumo do material.

Tabela 62 - Consumo de chapa em aço - fôrma metálica para viga de OAE

Área de chapa (m ²)			Perda de material (%)	Massa da chapa (kg/m ²)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (kg/m ²)
Face	Nervura	Abas laterais					
50,2153	3,3452	0,4000	10,00	37,2900	50,2153	20	2,01747

b) desmoldante para fôrmas metálicas

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.

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

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

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;
 R representa o rendimento do desmoldante, em metros quadrados por litro.

A tabela 63 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 63 - Consumo de desmoldante - fôrma metálica para vigas de OAE

Rendimento do desmoldante (m ² /l)	Consumo (l/m ²)
75,00	0,01333

c) tubo em aço - E = 3,00 mm e seção de 40 x 40 mm

Consiste em perfil de aço laminado a quente com seção quadrada 40 x 40 mm e espessura de 3,00 mm, utilizado para formar a grelha que dá rigidez ao módulo.

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

$$Q = \frac{[C_1 \times Q_1 \times (1 + k)] + [C_2 \times Q_2 \times (1 + k)] + (C_3 \times Q_3)}{A \times n}$$



onde:

Q representa o consumo de tubos, em metros por metro quadrado;
 C₁ representa o comprimento de tubo utilizado no travamento superior, em metros;
 Q_n representa a quantidade de cada elemento utilizada no trecho de referência;
 k representa o coeficiente de perda;
 C₂ representa o comprimento de tubo utilizado no travamento lateral, em metros;
 C₃ representa o comprimento de tubo utilizado nas nervuras longitudinais, em metros;
 A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de utilizações.

A tabela 64 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 64 - Consumo de tubo em aço - fôrma metálica para vigas de OAE

Posição do tubo	Comprimento (m)	Quantidade de tubos	Coeficiente de perda (%)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (m/m ²)
Travamento superior	1,33	10	10,00	50,2153	20	0,11933
Travamento lateral	4,11	10	10,00			
Nervuras	10,00	6	-			

d) corte de chapas de aço com espessura de 5 mm com maçarico oxiacetileno

Consiste na seção de chapas de aço por meio do maçarico de oxiacetileno.

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

$$Q = \frac{C_1 + C_2}{A \times n}$$

onde:

Q representa o consumo de cortes de chapa de aço, em metros por metro quadrado;
 C₁ representa o comprimento de corte para confecção das nervuras verticais, em metros;
 C₂ representa o comprimento de corte para confecção das abas laterais, em metros;
 A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de utilizações.

A tabela 65 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 65 - Consumo de corte de chapa de aço - fôrma metálica para vigas de OAE

Comprimento de corte (m)		Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (m/m ²)
Nervuras	Abas laterais			
99,24	20,00	50,2153	20	0,11873



e) corte de perfil metálico com máquina policorte com espessura de até 1/8"

Consiste na seção de perfil metálico por meio de máquina policorte.

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

$$Q = \frac{Q_{t1} + Q_{t2}}{A \times n}$$

onde:

Q representa o consumo de cortes de perfil, em unidades por metro quadrado;
 Q_{t1} representa a quantidade de cortes para confecção do travamento superior, em unidades;

Q_{t2} representa a quantidade de cortes para confecção do travamento lateral, em unidades;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

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

Tabela 66 - Consumo de corte de perfil metálico - fôrma metálica para vigas de OAE

Quantidade de cortes (un)		Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (un/m²)
Travamento superior	Travamento lateral			
30	50	50,2153	20	0,07966

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

Consiste na soldagem das chapas e tubos de aço para confecção da fôrma metálica.

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

$$Q = \frac{A_s \times C_s \times \rho}{A \times n \times E_d}$$

onde:

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

A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;

C_s representa o comprimento total de solda, em metros;

ρ representa a massa específica do aço, em quilogramas por metro cúbico;

A representa a área de referência da fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações;

E_d representa a eficiência de deposição.

O consumo da área da seção de solda é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$A_s = \frac{l^2}{2}$$

onde:

A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;

l representa o comprimento da perna de solda, em metros.

O comprimento de solda é definido por meio da aplicação das seguintes premissas:

- fechamento da fôrma: executa-se a solda contínua para ligação entre a chapa de fundo e as da face;
- fixação da aba lateral: a solda de fixação da chapa da aba lateral é contínua em todo o comprimento longitudinal;
- travamento superior: executa-se a solda para realizar o travamento entre os tubos metálicos e para fixação na aba lateral. Cada ponto de solda possui comprimento de 40 mm (largura do tubo);
- travamento lateral: executa-se a solda para realizar o travamento e fixar as nervuras longitudinais, possuindo comprimento de 40 mm;
- nervura vertical: executa-se a solda para confecção da nervura e para fixação na chapa de face da fôrma, possuindo comprimento de 40 mm (largura da nervura);
- nervura longitudinal: executa-se a solda para fixação do tubo metálico na chapa de face da fôrma. Os pontos de solda são localizados entre as nervuras e possuem comprimento de 40 mm.

Promovendo a incorporação da equação que determina a área da seção de solda na que estabelece o consumo de solda, obtém-se:

$$Q = \frac{l^2 \times C_s \times \rho}{2 \times A \times n \times E_d}$$

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

Tabela 67 - Consumo de solda - fôrma metálica para vigas de OAE

Perna de solda (m)	Comprimento de solda (m)	Massa específica do aço (kg/m³)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Eficiência de deposição	Consumo (kg/m²)
0,003	84,00	7.850,00	50,2103	20	0,745	0,00397

2.3.2.6 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 - fôrma metálica para vigas de OAE

Descrição	Código SICRO	Descrição
Chapa fina em aço galvanizado e tubo em aço	5914333	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga com caminhão guindauto de 20 t.m
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
Desmoldante para fôrmas metálicas	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 - fôrma metálica para vigas de OAE

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M1367	Chapa fina em aço galvanizado	0,00100 t/kg
M3949	Desmoldante para fôrmas metálicas	0,00099 t/l
M3947	Tubo em aço - E = 3,00 mm e seção de 40 x 40 mm	0,00360 t/m

2.3.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrma metálica para vigas de OAE deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto.

2.3.3 Fôrma metálica para tetrápode

O serviço consiste na confecção e instalação de fôrmas metálicas para tetrápodes, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

2.3.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.3.3.2 Metodologia executiva

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

- corte das chapas de aço;
- calandragem das chapas para conformação das fôrmas curvas;



- posicionamento das peças por meio do pórtico metálico rolante;
- soldagem das junções do conjunto;
- aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
- montagem manual da fôrma para a concretagem;
- retirada das fôrmas por meio do pórtico metálico rolante após a consolidação da estrutura.

2.3.3.3 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:

- pórtico metálico rolante;
- grupo gerador.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 m²/h.

a) pórtico metálico rolante

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

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

onde:

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

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

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 pórtico, 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.

2.3.3.4 Mão de obra

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

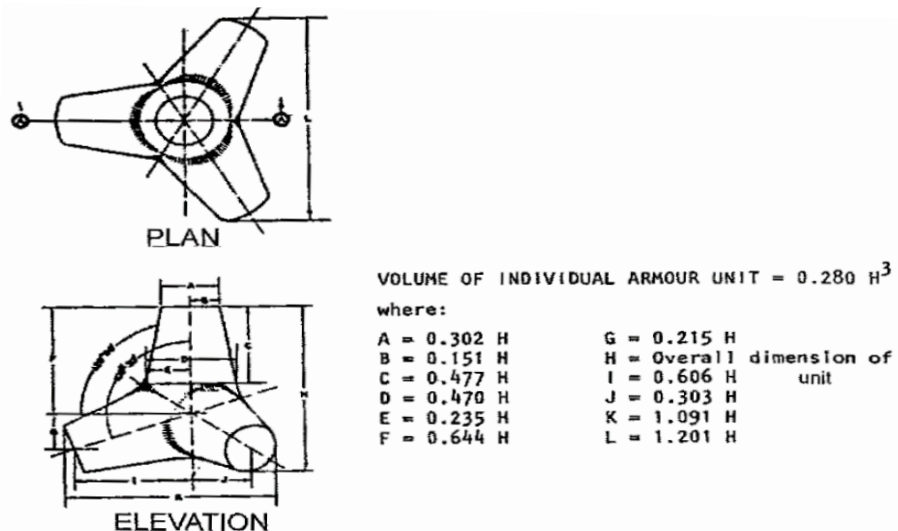
- 0,20 horas de montador para colocar os grampos e parafusos e aplicar o desmoldante.



2.3.3.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos do croqui apresentado na figura 17.

Figura 17 - Equações para determinação das dimensões do tetrápode



Fonte: ANGREMOND, K. et al. *Bed, Bank and Shore Protection 2: Breakwaters and Closure Dams*. Delf: TUDelf, 1998.

Considerando-se que o tetrápode é formado por 4 troncos de cone, sua área é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$A = \left\{ [4 \times \pi \times (r + R)] \times \left(\sqrt{H^2 + (R - r)^2} \right) \right\} + (4 \times \pi \times r^2)$$

onde:

A representa a área de fôrma metálica, em metros quadrados;
 r representa o raio menor, correspondente à variável "B" da figura 17, em metros;
 R representa o raio maior, correspondente à variável "E" da figura 17, em metros;
 H representa a altura, correspondente à variável "C" da figura 17, em metros.

O ângulo de inclinação do tronco de cone é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$\theta = \arctan \left(R - \frac{r}{H} \right)$$

onde:

θ representa o ângulo de inclinação do tronco de cone, em radianos.

A tabela 70 apresenta os parâmetros referenciais adotados e a respectiva área média.

**Tabela 70 - Dimensões dos tetrápodes - fôrma metálica para tetrápode**

Massa (t)	Volume (m³)	Altura total (m)	r (m)	R (m)	h (m)	θ (rad)	Área (m²)
8,00	3,33333	2,28	0,34	0,54	1,09	0,18147	13,7076
9,00	3,75000	2,37	0,36	0,56	1,13	0,17518	14,8956
10,00	4,16667	2,46	0,37	0,58	1,17	0,17760	15,9111
11,00	4,58333	2,54	0,38	0,60	1,21	0,17985	16,9601
12,00	5,00000	2,61	0,39	0,61	1,24	0,17559	17,7370
Área média							15,8423

a) chapa fina em aço ASTM A36

Consiste em insumo utilizado para confecção de fôrma metálica.

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

$$Q = \left(M + \frac{C_n \times H_n \times M}{A} \right) \times \frac{(1 + k)}{n}$$

onde:

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

M representa a massa da chapa, em quilogramas por metro quadrado;

C_n representa o comprimento total das nervuras, em metros;

H_n representa a altura da nervura, em metros;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

k representa o coeficiente de perda do material;

n representa o número de utilizações.

Considerando os parâmetros apresentados na tabela 70, o comprimento total das nervuras é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$C_n = \frac{H}{\cos(\theta)} \times 6 \times 4$$

onde:

C_n representa o comprimento total das nervuras, em metros;

H representa a altura, em metros;

θ representa o ângulo de inclinação da geratriz, em radianos.

São empregadas 6 nervuras com altura igual a 3 cm, sendo que a fôrma completa é formada por 4 módulos.

As tabelas 71 e 72 apresentam os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.



Tabela 71 - Comprimento total das nervuras empregadas no tetrápode - fôrma metálica para tetrápode

Massa (t)	Comprimento total das nervuras (m)
8,00	26,60
9,00	27,54
10,00	28,53
11,00	29,52
12,00	30,22
Média	28,48

Tabela 72 - Consumo de chapa em aço - fôrma metálica para tetrápode

Massa da chapa (kg/m²)	Comprimento total das nervuras (m)	Altura da nervura (m)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Coefficiente de perda (%)	Consumo (kg/m²)
24,00	28,48	0,03	15,8423	100	10,00	0,27824

b) desmoldante para fôrmas metálicas

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.

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

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

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;
R representa o rendimento do desmoldante, em metros quadrados por litro.

A tabela 73 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 73 - Consumo de desmoldante - fôrma metálica para tetrápode

Rendimento do desmoldante (m²/l)	Consumo (l/m²)
75,00	0,01333

c) grampo sargento em ferro fundido tipo C com abertura útil de 105 mm (4")

Consiste em grampo tipo C, em ferro fundido, utilizado para prender as estruturas metálicas em posição para parafusar as peças.

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



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

onde:

Q representa o consumo de grampos, em unidades por metro quadrado;

Q_t representa a quantidade de grampos utilizados, em unidades;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

São empregados 3 grampos para cada fechamento da base do tronco de cone.

A tabela 74 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 74 - Consumo de grampos - fôrma metálica para tetrápode

Quantidade de grampos (un)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (un/m ²)
12	15,8423	100	0,00757

d) parafuso de cabeça sextavada em aço galvanizado com porca e arruela de pressão - D = 6,35 mm (1/4")

Consiste em insumo utilizado no fechamento da fôrma para concretagem.

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

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

onde:

Q representa o consumo de parafusos, em conjuntos por metro quadrado;

Q_t representa a quantidade de conjuntos utilizados, em conjuntos;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

Os parafusos são empregados com espaçamento de 20 cm ao longo das nervuras, sendo que a fôrma do tetrápode possui 6 encontros de nervuras.

Consequentemente, a quantidade de parafusos utilizados é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q_t = \frac{\frac{H}{\cos(\theta)} \times 2 \times 6}{0,2}$$

onde:

Q_t representa a quantidade de conjuntos utilizados, em conjuntos;



H representa a altura do tronco de cone, em metros;
 θ representa o ângulo de inclinação da geratriz, em radianos.

As tabelas 75 e 76 apresentam os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 75 - Quantidade de parafusos - fôrma metálica para tetrápode

Massa (t)	h (m)	θ (rad)	Parafusos (cj)
8,00	1,09	0,18147	66
9,00	1,13	0,17518	69
10,00	1,17	0,17760	71
11,00	1,21	0,17985	74
12,00	1,24	0,17559	76
Média			71

Tabela 76 - Consumo de parafusos - fôrma metálica para tetrápode

Quantidade de parafusos (cj)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (cj/m ²)
71	15,8423	100	0,04482

e) calandragem de chapa metálica com espessura de 3 mm

Consiste no processo de calandragem para executar a curvatura das chapas metálicas.

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

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

onde:

Q representa o consumo de calandragem, em metros quadrados por metro quadrado;

A_c representa a área de chapa curva, em metros quadrados;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

Para o cálculo da área de chapas curvas, considera-se o produto entre a área lateral do tronco de cone (i.e., 3,5269 m²) e a respectiva quantidade, correspondendo a 14,1076 m².

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

Tabela 77 - Consumo de calandragem - fôrma metálica para tetrápode

Área de chapa curva (m ²)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (m ² /m ²)
14,1076	15,8423	100	0,00891



f) corte de chapas de aço com espessura de 6,3 mm com maçarico oxiacetileno

Consiste na seção de chapas de aço por meio do maçarico de oxiacetileno.

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

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

onde:

Q representa o consumo de cortes, em metros por metro quadrado;

C_c representa o comprimento total de corte, em metros;

A representa a área de referência da fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

Para determinar o comprimento do corte efetuado para confecção do tetrápode foram consideradas as dimensões médias do elemento.

A tabela 78 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 78 - Consumo de cortes de chapa - fôrma metálica para tetrápode

Comprimento de corte (m)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (m/m ²)
55,46	15,8423	100	0,03501

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

Consiste na soldagem das chapas de aço e perfis metálicos para confecção dos módulos da fôrma.

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

$$Q = \frac{A_s \times C_s \times \rho}{A \times n \times E_d}$$

onde:

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

A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;

C_s representa o comprimento total de solda, em metros;

ρ representa a massa específica do aço, em quilogramas por metro cúbico;

A representa a área de referência da fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações;

E_d representa a eficiência de deposição.

O consumo da área da seção de solda é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$A_s = \frac{l^2}{2}$$

onde:

A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;

l representa o comprimento da perna de solda, em metros.

O comprimento total de solda é dado por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$C_s = Q_t \times \frac{(2 \times \pi \times R)}{6} + C_n$$

onde:

C_s representa o comprimento de solda, em metros;

Q_t representa a quantidade de encontros de solda;

R representa o raio maior, em metros;

C_n representa o comprimento da nervura, em metros.

As tabelas 79 e 80 apresentam os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 79 - Comprimento de solda calculado para o tetrápode - fôrma metálica para tetrápode

Massa (t)	R (m)	h (m)	Área (m²)	Comprimento de nervura (m)	Comprimento de solda (m)
8,00	0,54	1,09	13,7076	26,60	33,39
9,00	0,56	1,13	14,8956	27,54	34,58
10,00	0,58	1,17	15,9111	28,53	35,82
11,00	0,60	1,21	16,9601	29,52	37,06
12,00	0,61	1,24	17,7370	30,22	37,89
Média	-	-	15,8423	28,48	35,75

Tabela 80 - Consumo de solda - fôrma metálica para tetrápode

Perna de solda (m)	Comprimento de solda (m)	Massa específica do aço (kg/m³)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Eficiência de deposição	Consumo (kg/m²)
0,004	35,75	7.850,00	15,8423	100	0,745	0,00190

2.3.3.6 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 ao insumo integrante do serviço.



Tabela 81 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para tetrápode

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1376	Chapa fina em aço ASTM A36	0,00100 t/kg	5914333	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga com caminhão guindauto de 20 t.m
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

2.3.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrma metálica para tetrápode deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto.

2.3.4 Fôrma metálica para *Xbloc*

O serviço consiste na confecção e instalação de fôrmas metálicas para *Xbloc*, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

2.3.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.3.4.2 Metodologia executiva

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

- corte das chapas de aço;
- posicionamento das peças por meio do pórtico metálico rolante;
- soldagem das junções do conjunto;
- aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
- montagem manual da fôrma para a concretagem;
- retirada das fôrmas por meio do pórtico metálico rolante após a consolidação da estrutura.

2.3.4.3 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:

- pórtico metálico rolante;
- grupo gerador.



A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 m²/h.

a) pórtico metálico rolante

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

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

onde:

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

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

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 pórtico, 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.

2.3.4.4 Mão de obra

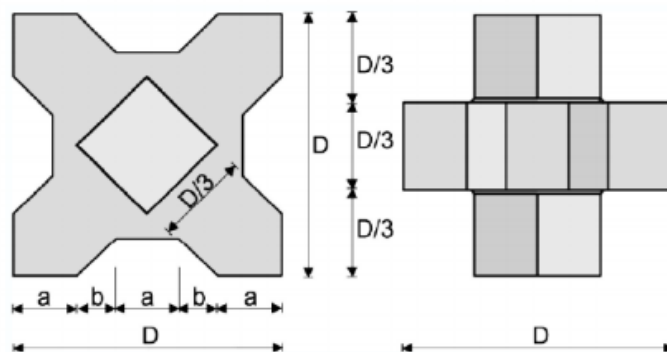
É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 0,20 horas de montador para aparafusar a estrutura e aplicar o desmoldante.

2.3.4.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos do croqui apresentado na figura 18.

Figura 18 - Modelo de referência do Xbloc



Fonte: BAKKER, P. B.; KLABBERS, M.; REDDDIJK, J.S. Introduction of the Xbloc Breakwater Armour Unit. **Terra et Aqua**, Voorburg, n. 94, p. 11, mar. 2004.



A tabela 82 apresenta os parâmetros referenciais adotados.

Tabela 82 - Dimensões do *Xbloc* - fôrma metálica para *Xbloc*

Massa (t)	Volume (m³)	Altura total - D (m)	Área (m²)	Comprimento das nervuras (m)
8,00	3,33333	2,15	18,1954	19,29
9,00	3,75000	2,24	19,7506	20,09
10,00	4,16667	2,32	21,1866	20,81
11,00	4,58333	2,40	22,6729	21,53
12,00	5,00000	2,47	24,0148	22,16
Média	4,16667	2,32	21,1641	20,78

a) chapa fina em aço ASTM A36

Consiste em insumo utilizado para confecção de fôrma metálica.

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

$$Q = \left(M + \frac{C_n \times H_n \times M}{A} \right) \times \frac{(1 + k)}{n}$$

onde:

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

M representa a massa da chapa, em quilogramas por metro quadrado;

C_n representa o comprimento da nervura, em metros;

H_n representa a altura da nervura, em metros;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

k representa o coeficiente de perda do material;

n representa o número de utilizações.

A tabela 83 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 83 - Consumo de chapa em aço - fôrma metálica para *Xbloc*

Massa da chapa (kg/m²)	Comprimento total das nervuras (m)	Altura da nervura (m)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Coeficiente de perda (%)	Consumo (kg/m²)
24,00	20,78	0,03	21,1641	100	10,00	0,27178

b) desmoldante para fôrmas metálicas

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.

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



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

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;
R representa o rendimento do desmoldante, em metros quadrados por litro.

A tabela 84 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 84 - Consumo de desmoldante - fôrma metálica para *Xbloc*

Rendimento do desmoldante (m ² /l)	Consumo (l/m ²)
75,00	0,01333

c) parafuso de cabeça sextavada em aço galvanizado com porca e arruela de pressão - D = 6,35 mm (1/4")

Consiste em insumo utilizado no fechamento da fôrma para concretagem.

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

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

onde:

Q representa o consumo de parafusos, em conjuntos por metro quadrado;
Q_t representa a quantidade de conjuntos utilizados, em conjuntos;
A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
n representa o número de utilizações.

Os parafusos são empregados com espaçamento de 20 cm ao longo das nervuras, sendo que a fôrma do *Xbloc* possui 1 encontro de nervuras. Consequentemente, a quantidade de conjuntos de parafusos utilizados é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$Q_t = \frac{\left(\frac{C_n}{2}\right)}{0,20}$$

onde:

Q_t representa a quantidade de conjuntos de parafusos, em conjuntos;
C_n representa o comprimento da nervura, em metros.

Promovendo a incorporação da equação que determina a quantidade de conjuntos de parafusos na que estabelece o consumo de tábua, obtém-se:



$$Q = \frac{\left(\frac{C_n}{2}\right)}{0,2 \times A \times n}$$

A tabela 85 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 85 - Consumo de parafusos - fôrma metálica para Xbloc

Comprimento da nervura (m)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (cj/m²)
20,78	21,1641	100	0,02455

d) corte de chapas de aço com espessura de 6,3 mm com maçarico oxiacetileno

Consiste na seção de chapas de aço por meio do maçarico de oxiacetileno.

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

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

onde:

Q representa o consumo de cortes, em metros por metro quadrado;

C_c representa o comprimento total de corte, em metros;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

A tabela 86 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 86 - Consumo de corte de chapas - fôrma metálica para Xbloc

Comprimento total de corte (m)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (m/m²)
61,67	21,1641	100	0,02914

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

Consiste na soldagem das chapas de aço e perfis metálicos para confecção dos módulos da fôrma.

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

$$Q = \frac{A_s \times C_s \times \rho}{A \times n \times E_d}$$



onde:

Q representa o consumo de solda, em quilogramas por metro quadrado;
 A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;
 C_s representa o comprimento de solda, em metros;
 ρ representa a massa específica do aço, em quilogramas por metro cúbico;
A representa a área de referência da fôrma, em metros quadrados;
n representa o número de utilizações;
 E_d representa a eficiência de deposição.

O consumo da área da seção de solda é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$A_s = \frac{l^2}{2}$$

onde:

A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;
l representa o comprimento da perna de solda, em metros.

A tabela 87 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o consumo da atividade.

Tabela 87 - Consumo de solda - fôrma metálica para *Xbloc*

Perna de solda (m)	Comprimento de solda (m)	Massa específica do aço (kg/m³)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Eficiência de deposição	Consumo (kg/m²)
0,004	75,52	7.850,00	21,1641	100	0,745	0,00301

2.3.4.6 Operações de transporte

A tabela 88 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

Tabela 88 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para *Xbloc*

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1376	Chapa fina em aço ASTM A36	0,00100 t/kg	5914333	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga com caminhão guindauto de 20 t.m
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada



2.3.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrma metálica para *Xbloc* deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto.

2.3.5 Fôrma metálica para aduela de bueiro celular

O serviço consiste na confecção e instalação de fôrma metálica para aduelas de bueiros celulares de concreto pré-moldados, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

2.3.5.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT IPR 736/2018: *Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem - 5ª edição*.

2.3.5.2 Metodologia executiva

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

- corte das chapas de aço;
- posicionamento manual das peças;
- soldagem das junções do conjunto;
- aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
- retirada manual das fôrmas após a consolidação da estrutura de concreto.

2.3.5.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 m²/h.

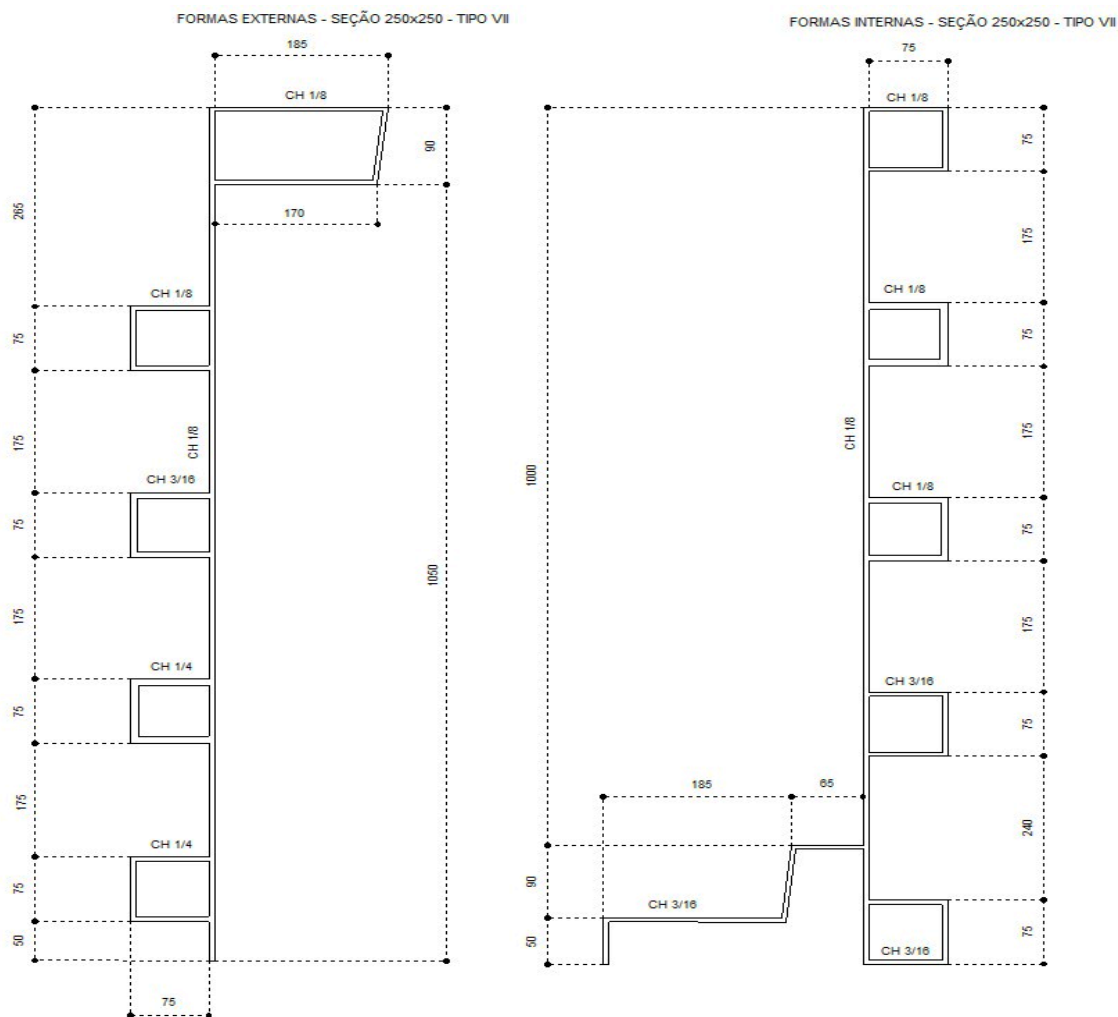
2.3.5.4 Mão de obra

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

- 0,30 horas de montador para posicionar as peças, aplicar o desmoldante e retirar a fôrma.

2.3.5.5 Materiais e atividades auxiliares

O consumo dos materiais é estabelecido por meio das diretrizes constantes do *Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem - 5ª Edição* (Publicação IPR nº 736), consoante ao croqui apresentado na figura 19.

**Figura 19 - Fôrmas externas e internas do bueiro de referência (vista em perfil)**

Fonte: FGV IBRE

a) chapa grossa em aço ASTM A36

Consiste em insumo utilizado para confecção de fôrma metálica.

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

$$Q = \frac{A_c \times M}{A \times n}$$

onde:

Q representa o consumo de chapa grossa, em quilogramas por metro quadrado;
 A_c representa a área total de chapa grossa utilizada, em metros quadrados;
M representa a massa da chapa, em quilogramas por metro quadrado;
A representa a área da fôrma de referência, em metros quadrados;
n representa o número de utilizações.

A área da estrutura é composta por 6 arestas de chapas com 7,5 cm de largura e 3,00 metros de comprimento, resultando em 5,40 m².



A tabela 89 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 89 - Consumo de chapa grossa - fôrma metálica para aduelas de bueiros celulares de concreto pré-moldados

Área da chapa (m²)	Massa da chapa (kg/m²)	Área da fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (kg/m²)
5,4000	49,3900	21,5313	100	0,12387

b) chapa fina em aço ASTM A36

Consiste em insumo utilizado para confecção de fôrma metálica.

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

$$Q = \frac{A_c \times M}{A \times n}$$

onde:

Q representa o consumo de chapa fina, em quilogramas por metro quadrado;

A_c representa a área total de chapa fina, em metros quadrados;

M representa a massa da chapa, em quilogramas por metro quadrado;

A representa a área da fôrma de referência, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

A tabela 90 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 90 - Consumo de chapa fina - fôrma metálica para aduelas de bueiros celulares de concreto pré-moldados

Espessura da chapa (pol)	Área da chapa (m²)	Massa da chapa (kg/m²)	Área da fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (kg/m²)
1/8	43,7150	24,00	21,5313	100	0,61434
3/16	7,2000	38,00			

c) desmoldante para fôrmas metálicas

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.

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

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

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;

R representa o rendimento do desmoldante, em metros quadrados por litro.



A tabela 91 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 91 - Consumo de desmoldante - fôrma metálica para aduelas de bueiros celulares de concreto pré-moldados

Rendimento do desmoldante (m ² /l)	Consumo (l/m ²)
75,00	0,01333

d) corte de chapas de aço com maçarico oxiacetileno

Consiste na seção de chapas de aço por meio do maçarico de oxiacetileno.

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

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

onde:

Q representa o consumo de cortes de chapa de aço, em metros por metro quadrado;

C representa o comprimento total de corte, em metros;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

A tabela 92 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos das atividades.

Tabela 92 - Consumo de corte das chapas de aço - fôrma metálica para aduela de bueiro celular

Código SICRO	Atividade Auxiliar	Comprimento total de corte (m)	Área de fôrma (m ²)	Nº de utilizações	Consumo (m/m ²)
1400973	Corte de chapas de aço com espessura de 3 mm com maçarico oxiacetileno	101,36	21,5313	100	0,04708
1400974	Corte de chapas de aço com espessura de 5 mm com maçarico oxiacetileno	34,70	21,5313	100	0,01612
1416139	Corte de chapas de aço com espessura de 6,3 mm com maçarico oxiacetileno	25,68	21,5313	100	0,01193

e) solda elétrica de perfis metálicos e chapas de aço com eletrodo E60XX

Consiste na soldagem das chapas de aço e perfis metálicos para confecção da fôrma.

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



$$Q = \frac{A_s \times C_s \times \rho}{A \times n \times E_d}$$

onde:

Q representa o consumo de solda, em quilogramas por metro quadrado;
 A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;
 C_s representa o comprimento total de solda, em metros;
 ρ representa a massa específica do aço, em quilogramas por metro cúbico;
 A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de utilizações;
 E_d representa a eficiência de deposição.

O consumo da área da seção de solda é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$A_s = \frac{l^2}{2}$$

onde:

A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;
 l representa o comprimento da perna de solda, em metros.

A tabela 93 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o consumo da atividade.

Tabela 93 - Consumo de solda - fôrma metálica para aduela de bueiro celular

Perna de solda (m)	Comprimento de solda (m)	Massa específica do aço (kg/m³)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Eficiência de deposição	Consumo (kg/m²)
0,003	230,00	7.850,00	21,5313	100	0,7367	0,00512

2.3.5.6 Operações de transporte

A tabela 94 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 94 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para aduela de bueiro celular

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1378	Chapa grossa em aço ASTM A36	0,00100 t/kg	5914333	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga com caminhão guindauto de 20 t.m
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural



Tabela 94 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para aduela de bueiro celular (2/2)

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1378	Chapa grossa em aço ASTM A36	0,00100 t/kg	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
M1376	Chapa fina em aço ASTM A36	0,00100 t/kg	5914333	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga com caminhão guindauto de 20 t.m
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

2.3.5.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrma metálica para aduela de bueiro celular deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto.

2.3.6 Fôrma metálica para cabeça de tirantes

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

2.3.6.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.3.6.2 Metodologia executiva

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

- corte das chapas e dos perfis metálicos;
- posicionamento manual das peças;
- fornecimento, preparo e colocação da barra de aço empregada como alça da fôrma;
- soldagem das junções do conjunto;
- perfuração do concreto, onde será confeccionado a cabeça do tirante, por meio da furadeira de impacto;
- fixação manual da fôrma no concreto por meio dos parafusos;
- aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
- retirada manual das fôrmas após a consolidação da estrutura de concreto.



2.3.6.3 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:

- furadeira de impacto;
- grupo gerador.

A produtividade foi estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 3,24600 m²/h.

a) furadeira de impacto

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

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

onde:

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

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

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

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.

2.3.6.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

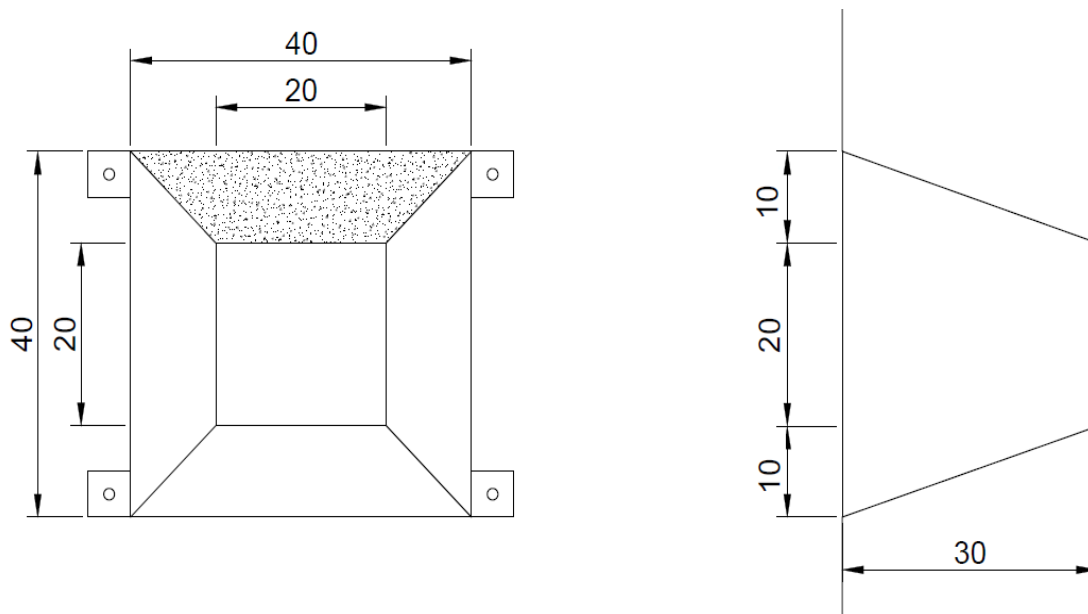
- 1 montador para realizar a montagem das fôrmas e operar a furadeira;
- 1 ajudante para auxiliar na montagem das fôrmas e na aplicação do desmoldante.

2.3.6.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos do croqui apresentado na figura 20.



Figura 20 - Modelo de referência da fôrma metálica para cabeça de tirante



Fonte: FGV IBRE

A área de fôrma é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

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

onde:

A representa a área 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 95 apresenta os parâmetros referenciais adotados.

Tabela 95 - Área de fôrma metálica para cabeça de tirante - fôrma metálica para cabeça de tirante

Comprimento base maior (m)	Comprimento base menor (m)	Altura face lateral (m)	Área de fôrma (m²)
0,40	0,20	0,32	0,3246

a) barra chata em aço galvanizado

Consiste em barra de aço ASTM A36, tipo chata, de acabamento galvanizado, largura 1.1/2" (38,1 mm) e espessura de 1/4" (6,35 mm), utilizada para fixação da fôrma no local onde será confeccionado a cabeça do tirante.



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

$$Q = \frac{C \times \gamma}{A \times n}$$

onde:

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

C representa comprimento total de barra de aço, em metros;

γ representa a massa linear da barra de aço, em quilogramas por metro;

A representa a área de fôrmas, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

A tabela 96 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 96 - Consumo de barra chata - fôrma metálica para cabeça de tirante

Comprimento de barra (m)	Massa linear (kg/m)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (kg/m²)
0,20	1,900	0,3246	50	0,02341

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

Consiste em insumo acoplado à furadeira de impacto para execução da perfuração.

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

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

onde:

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

N_f representa o número de furos, em unidades de furo por metro quadrado;

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

A tabela 97 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 97 - Consumo de broca de widia - fôrma metálica para cabeça de tirante

Número de furos (un/m²)	Vida útil (un/un)	Consumo (un/m²)
12,3227	600	0,02054

c) chapa fina em aço ASTM A36

Consiste em insumo utilizado para confecção de fôrma metálica.



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

$$Q = \frac{A_c \times (1 + k) \times M}{A \times n}$$

onde:

Q representa o consumo de chapas de aço, em quilogramas por metro quadrado;
 A_c representa a área de chapa de aço, em metros quadrados;
 k representa o coeficiente de perda;
 M representa a massa da chapa de aço, em quilogramas por metro quadrado;
 A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de utilizações.

A tabela 98 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 98 - Consumo de chapa fina - fôrma metálica para cabeça de tirante

Área de chapa de aço (m ²)	Coeficiente de perda (%)	Massa específica do aço (kg/m ²)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (kg/m ²)
0,3246	10,00	23,5500	0,3246	50	0,51810

d) desmoldante para fôrmas metálicas

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.

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

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

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;
 R representa o rendimento do desmoldante, em metros quadrados por litro.

A tabela 99 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 99 - Consumo de desmoldante - fôrmas metálicas para cabeça de tirante

Rendimento do desmoldante (m ² /l)	Consumo (l/m ²)
75,00	0,01333



e) parafuso de cabeça chata em aço - D = 4,5 mm e bucha plástica - D = 8 mm (S8)

Consiste em insumo utilizado para fixação da fôrma no local onde será confeccionada a cabeça do tirante.

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

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

onde:

Q representa o consumo de parafusos, em unidades por metro quadrado;

Q_t representa a quantidade de parafusos, em unidades;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

A tabela 100 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

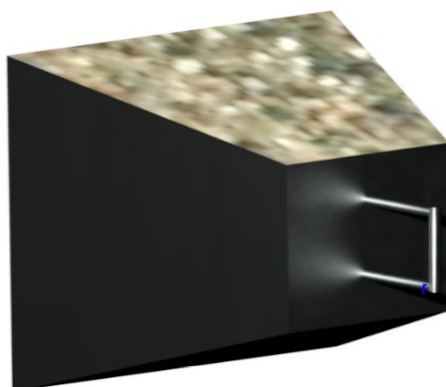
Tabela 100 - Consumo de parafusos - fôrma metálica para cabeça de tirante

Quantidade de parafusos (un)	Área de fôrma (m ²)	Consumo (un/m ²)
4	0,3246	12,32286

f) armação em aço CA-50 - fornecimento, preparo e colocação

Consiste no fornecimento, preparo e colocação da armação em aço utilizada na confecção da alça da fôrma que auxilia em sua instalação e remoção, consoante ao croqui apresentado na figura 21.

Figura 21 - Detalhe da alça de apoio à instalação



Fonte: FGV IBRE

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

$$Q = \frac{C \times \gamma \times (1 + k)}{A \times n}$$



onde:

Q representa o consumo de armação, em quilogramas por metro quadrado;
 C representa o comprimento total de barra de aço, em metros;
 γ representa a massa linear da barra de aço, em quilogramas por metro;
 k representa o coeficiente de perda;
 A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de utilizações.

A massa linear da barra de aço é obtida por meio da seguinte expressão:

$$\gamma = \frac{\pi \times D^2}{4} \times \rho$$

onde:

γ representa a massa linear da barra de aço, em quilogramas por metro;
 D representa o diâmetro da barra de aço, em metros;
 ρ representa a massa específica do aço, em quilogramas por metro cúbico.

A tabela 101 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 101 - Consumo de armação - fôrma metálica para cabeça de tirante

Comprimento barra de aço (m)	Diâmetro barra (m)	Massa específica do aço (kg/m³)	Coeficiente de perda (%)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (kg/m²)
0,35	0,008	7.850,00	10,00	0,3246	50	0,00936

g) corte de chapas de aço com espessura de 3 mm com maçarico oxiacetileno

Consiste na seção de chapas de aço por meio do maçarico de oxiacetileno.

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

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

onde:

Q representa o consumo de corte de chapa, em metros por metro quadrado;
 C_c representa o comprimento total de corte, em metros;
 A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de utilizações.

A tabela 102 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

**Tabela 102 - Consumo de corte de chapa - fôrma metálica para cabeça de tirante**

Comprimento de corte (m)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (m/m²)
2,66	0,3246	50	0,16389

h) corte de perfis metálicos com maçarico oxiacetileno

Consiste na seção de perfil metálico por meio de maçarico oxiacetileno.

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

$$Q = \frac{A_b \times N_c}{A \times n}$$

onde:

Q representa o consumo de corte de perfis, em centímetros quadrados por metro quadrado;

A_b representa a área da barra chata, em centímetros quadrados;

N_c representa o número de cortes executados;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

A tabela 103 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 103 - Consumo de corte de perfil metálico- fôrma metálica para cabeça de tirante

Número de cortes	Área de barra chata (cm²)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (cm²/m²)
4	2	0,3246	50	0,49291

i) solda elétrica de perfis metálicos e chapas de aço com eletrodo E60XX

Consiste na soldagem das chapas de aço e perfis metálicos para confecção da fôrma.

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

$$Q = \frac{A_s \times C_s \times \rho}{A \times n \times E_d}$$

onde:

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

A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;

C_s representa o comprimento total de solda, em metros;

ρ representa a massa específica do aço, em quilogramas por metro cúbico;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações;

E_d representa a eficiência de deposição.



O consumo da área da seção de solda é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$A_s = \frac{l^2}{2}$$

onde:

A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;

l representa o comprimento da perna de solda, em metros.

Promovendo a incorporação da equação que determina a área da seção de solda na que estabelece o consumo de solda, obtém-se:

$$Q = \frac{l^2 \times C_s \times \rho}{2 \times A \times n \times E_d}$$

O comprimento de solda é determinado considerando-se sua aplicação na junção das chapas de aço e na fixação da barra chata.

A tabela 104 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 104 - Consumo de solda - fôrma metálica para cabeça de tirante

Perna de solda (m)	Comprimento de solda (m)	Massa específica do aço (kg/m³)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Eficiência de deposição	Consumo (kg/m²)
0,003	1,43	7.850,00	0,3246	50	0,7367	0,00422

2.3.6.6 Operações de transporte

A tabela 105 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 105 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para cabeça de tirantes

Descrição	Código SICRO	Descrição
Barra chata, desmoldante e parafuso	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
Chapa fina em aço ASTM A36	5914333	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga com caminhão guindauto de 20 t.m
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada



A tabela 106 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 106 - Fator de conversão de transporte - fôrma metálica para cabeça de tirantes

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M3126	Barra chata em aço galvanizado	0,00100 t/kg
M1376	Chapa fina em aço ASTM A36	0,00100 t/kg
M3949	Desmoldante para fôrmas metálicas	0,00099 t/l
M0198	Parafuso de cabeça chata em aço - D = 4,5 mm e bucha plástica - D = 8 mm (S8)	0,00001 t/un

2.3.6.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrma metálica para cabeça de tirantes deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto.

2.3.7 Fôrma metálica para guarda-corpo de concreto

O serviço consiste na confecção de fôrmas metálicas para guarda-corpo de concreto.

2.3.7.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 088/2006: *Dispositivos de segurança lateral: guarda-rodas, guarda-corpos e barreiras.*

2.3.7.2 Metodologia executiva

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

- corte das chapas metálicas;
- soldagem das junções do conjunto.

2.3.7.3 Produção horária e equipe mecânica

Não se aplica a este serviço, ao passo que as composições de custos são modeladas de forma unitária.

2.3.7.4 Mão de obra

Não se aplica a este serviço.

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos dos croquis apresentado nas figuras 22, 23 e 24

Technical drawing of a mold assembly. The drawing shows a cross-section of a mold with a base and a top plate. The base is labeled "Chapa em aço galvanizado (base) E = 3 mm (1/8\"") and the top plate is labeled "Chapa em aço galvanizado (molde) E = 3 mm (1/8\"")". The dimensions are as follows:

- Overall width: 2.25
- Overall height: 1.30
- Base thickness: 0.15
- Top plate thickness: 0.12
- Base width (left): 0.44
- Base width (right): 0.76
- Top plate width (left): 0.12
- Top plate width (right): 0.25
- Base width (center): 1.65

Chapa em aço galvanizado (molde)
E = 3 mm (1/8")

Chapa em aço galvanizado (base)
E = 3 mm (1/8")

Chapa em aço galvanizado (reforço)
E = 3 mm (1/8")

DNIT



a) chapa fina em aço galvanizado

Consiste em insumo utilizado para confecção de fôrma metálica.

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

$$Q = \frac{A_c \times M}{A \times n}$$

onde:

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

A_c representa a área de chapa de aço, em metros quadrados;

M representa a massa da chapa de aço, em quilogramas por metro quadrado;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

Por meio do projeto-tipo, são obtidos os seguintes elementos:

- chapas de molde: circundam a estrutura do guarda-corpo e ficam em contato com o concreto. São utilizadas chapas de 3,00 mm de espessura, 15 cm de altura e larguras variáveis, soldadas à base;
- base: chapa de 3,00 mm de espessura com dimensões de 1,30 x 2,25 m, servindo de suporte para as chapas de molde;
- reforço: chapas de aço de 3,00 mm de espessura cortadas em triângulos retângulos isósceles com 15 cm de lado. São posicionadas ao longo das chapas de molde, espaçadas em 20 cm, soldadas na base e nas faces.

As tabelas 107 e 108 apresentam os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 107 - Área total de chapa de aço - fôrma metálica para guarda-corpo de concreto

Utilização	Largura (m)	Altura (m)	Área (m²)	Perda (%)	Quantidade (m²)
Chapas de molde	10,96	0,15	1,6440	10,00	1,8084
Base	1,30	2,25	2,9250	-	2,9250
Reforço	0,15	0,15	0,5175	10,00	0,5693
Total					5,3027

Tabela 108 - Consumo de chapa de aço - fôrma metálica para guarda-corpo de concreto

Área de chapa (m²)	Massa da chapa (kg/m²)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (kg/m²)
5,3027	23,5500	2,3700	50	1,05383



b) corte de chapas de aço com espessura de 3 mm com maçarico oxiacetileno

Consiste na seção de chapas de aço por meio do maçarico de oxiacetileno.

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

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

onde:

Q representa o consumo de corte de chapas, em metros por metro quadrado;

C_c representa o comprimento total de corte, em metros;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

A tabela 109 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 109 - Consumo corte de chapa de aço - fôrma metálica para guarda-corpo de concreto

Comprimento de corte (m)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (m/m ²)
25,09	2,3700	50	0,21173

c) solda elétrica de perfis metálicos e chapas de aço com eletrodo E60XX

Consiste na soldagem das chapas de aço e perfis metálicos para confecção da fôrma.

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

$$Q = \frac{A_s \times C_s \times \rho}{A \times n \times E_d}$$

onde:

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

A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;

C_s representa o comprimento total de solda, em metros;

ρ representa a massa específica do aço, em quilogramas por metro cúbico;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações;

E_d representa a eficiência de deposição.

O consumo da área da seção de solda é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$A_s = \frac{l^2}{2}$$



onde:

A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;

l representa o comprimento da perna de solda, em metros.

O comprimento de solda é definido por meio da aplicação das seguintes premissas:

- união entre as chapas de molde: executa-se a solda nos encontros entre as chapas de molde vertical, totalizando 20 pontos, cujo comprimento corresponde à altura da fôrma (*i.e.*, 0,15 m);
- fixação das chapas de molde na base: é considerada a solda contínua para fixação das chapas de molde verticais na de base. O comprimento é definido pelo perímetro de encontro entre esses elementos, correspondendo a 10,96 m;
- fixação do reforço nas chapas de molde: executa-se a solda no comprimento do reforço em contato com as chapas de molde e base, de modo que para cada reforço o comprimento corresponda a 0,30 m (*i.e.*, duas vezes o lado do reforço). Os reforços são espaçados em 20 cm, totalizando 46 pontos de solda.

A tabela 110 apresenta o detalhamento do comprimento total de solda.

Tabela 110 - Determinação do comprimento de solda - fôrma metálica para guarda-corpo de concreto

Utilização	Comprimento de solda (m)	Pontos soldados	Comprimento total de solda (m)
Chapas de molde	0,15	20	3,00
Base	10,96	1	10,96
Reforço	0,30	46	13,80
Comprimento total de solda			27,76 m

Promovendo a incorporação da equação que determina a área da seção de solda na que estabelece o consumo de solda, obtém-se:

$$Q = \frac{l^2 \times C_s \times \rho}{2 \times A \times n \times E}$$

A tabela 111 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 111 - Consumo solda de chapa de aço - fôrma metálica para guarda-corpo de concreto

Comprimento da perna de solda (m)	Comprimento de solda (m)	Massa específica do aço (kg/m³)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Eficiência de deposição	Consumo (kg/m²)
0,003	27,76	7.850,00	2,3700	50	0,7367	0,01123



2.3.7.6 Operações de transporte

A tabela 112 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

Tabela 112 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para guarda-corpo de concreto

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1367	Chapa fina em aço galvanizado	0,00100 t/kg	5915474	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 5 t - carga e descarga manuais
			5915322	Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia em leito natural
			5915323	Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia em revestimento primário
			5915324	Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia pavimentada

2.3.7.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrma metálica para guarda-corpo de concreto deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto.

2.3.8 Fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção

O serviço consiste na confecção de fôrmas metálicas para poita trapezoidal.

2.3.8.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.3.8.2 Metodologia executiva

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

- corte das chapas e cantoneiras metálicas;
- posicionamento das peças pela mão de obra;
- fornecimento, preparo e colocação da barra de aço empregada como argola de acoplamento;
- soldagem das peças do conjunto.

2.3.8.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra.



As produtividades foram estabelecidas por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 113.

Tabela 113 - Produção horária dos serviços de confecção de fôrma metálica para poita trapezoidal

Código SICRO	Descrição	Produção de equipe (m²/h)
3108073	Confecção de fôrma metálica em chapa 1/8" para poita trapezoidal	14,38
3107965	Confecção de fôrma metálica em chapa 3/16" para poita trapezoidal	11,91

2.3.8.4 Mão de obra

São empregados para o desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 serralheiro para realizar a montagem das fôrmas;
- 1 ajudante para auxiliar na montagem da fôrma.

2.3.8.5 Materiais e atividades auxiliares

a) chapa fina em aço ASTM A36

Consiste em insumo utilizado para confecção de fôrma metálica.

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

$$Q = \frac{A_c \times (1 + k) \times M}{A}$$

onde:

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

A_c representa a área de chapa de aço utilizada, em metros quadrados;

k representa o coeficiente de perda;

M representa a massa da chapa, em quilogramas por metro quadrado;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

A massa da chapa de aço é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$M = \rho \times e$$

onde:

M representa a massa da chapa, em quilogramas por metro quadrado;

ρ representa a massa específica do aço, em quilogramas por metro cúbico;

e representa a espessura da chapa de aço, em metros.



A tabela 114 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos do material.

Tabela 114 - Consumo de chapa fina em aço - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção

Espessura da chapa (pol)	Área de chapa (m ²)	Coefficiente de perda (%)	Massa específica do aço (kg/m ³)	Espessura da chapa (m)	Área de fôrma (m ²)	Consumo (kg/m ²)
1/8"	3,1156	10,00	7.850,00	0,0032	3,1156	27,63200
3/36"	14,6857	10,00	7.850,00	0,0048	14,6857	41,44800

b) cantoneira em aço ASTM A36 galvanizado

Consiste em peça metálica utilizada para travar a estrutura de chapas de aço, proporcionando maior estabilidade para a fôrma.

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

$$Q = \frac{C \times \gamma \times (1 + k)}{A}$$

onde:

Q representa o consumo de cantoneira, em quilogramas por metro quadrado;

C representa o comprimento total de cantoneira, em metros;

γ representa a massa linear, em quilogramas por metro;

k representa o coeficiente de perda de material;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

Para as fôrmas metálicas em chapa 3/16", cujo emprego está associado a confecção de poitas para Instalações Portuárias Públicas de Pequeno Porte – IP4, o consumo de cantoneira corresponde à média obtida por meio da aplicação da expressão de cálculo para cada um dos 14 modelos de referência, resultando em 2,19230 kg/m².

A tabela 115 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material para a confecção de poitas em chapa de 1/8" para sinalização náutica.

Tabela 115 - Consumo de cantoneira - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção

Espessura da chapa (pol)	Comprimento de cantoneira (m)	Massa linear (kg/m)	Coefficiente de perda (%)	Área de fôrma (m ²)	Consumo (kg/m ²)
1/8"	3,20	1,500	10,00	3,1156	1,69470

c) tubo em aço galvanizado - E = 1,50 mm e seção de 20 x 20 mm

Consiste em tubo metálico, com seção em perfil 20 x 20 mm e espessura de 1,50 mm, utilizado na confecção da fôrma para poitas de IP4.



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

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

onde:

Q representa o consumo de tubos, em metros por metro quadrado;

C representa o comprimento total de tubo em aço, em metros;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

Para as fôrmas metálicas em chapa 3/16", cujo emprego está associado a confecção de poitas para IP4, o consumo de tubo de aço corresponde à média obtida por meio da aplicação da expressão de cálculo para cada um dos 14 modelos de referência, resultando em 0,80871 m/m².

d) armação em aço CA-50 - fornecimento, preparo e colocação

Consiste no fornecimento, preparo e colocação da armação em aço utilizada na confecção da argola de acoplamento da poita.

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

$$Q = \frac{C \times \gamma \times (1 + k)}{A}$$

onde:

Q representa o consumo de armação, em quilogramas por metro quadrado;

C representa o comprimento total de barras de aço, em metros;

γ representa a massa linear da barra de aço, em quilogramas por metro;

k representa o coeficiente de perda do material;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

A massa linear da barra de aço é obtida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$\gamma = \frac{\pi \times D^2}{4} \times \rho$$

onde:

γ representa a massa linear da barra de aço, em quilogramas por metro;

D representa o diâmetro da barra de aço, em metros;

ρ representa a massa específica do aço, em quilogramas por metro cúbico.

Para as fôrmas metálicas em chapa com espessura de 3/16", cujo emprego está associado a confecção de poitas para IP4, é utilizada uma barra de aço com 32 mm de diâmetro. O consumo final de aço corresponde à média obtida por meio da aplicação da expressão de cálculo para cada um dos 14 modelos de referência, resultando em 3,77714 kg/m².



A tabela 116 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade para a confecção de poitas em chapa de 1/8" para sinalização náutica.

Tabela 116 - Consumo de armação - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção

Diâmetro da barra de aço (m)	Massa específica do aço (kg/m³)	Comprimento (m)	Massa linear (kg/m)	Coefficiente de perda (%)	Área de fôrma (m²)	Consumo (kg/m²)
0,008	7.850,00	0,62	0,395	10,00	3,1156	0,08646

e) corte de chapas de aço com espessura de 3 mm com maçarico oxiacetileno

Consiste na seção de chapas de aço por meio do maçarico de oxiacetileno.

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

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

onde:

Q representa o consumo de cortes de chapa, em metros por metro quadrado;

C representa o comprimento total de corte, em metros;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

Para as fôrmas metálicas em chapa com espessura de 3/16", cujo emprego está associado a confecção de poitas para IP4, o consumo de corte corresponde à média obtida por meio da aplicação da expressão de cálculo para cada um 14 dos modelos de referência, resultando em 2,61271 m/m².

A tabela 117 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade para a confecção de poitas em chapa de 1/8" para sinalização náutica.

Tabela 117 - Consumo de corte de chapa de aço - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção

Comprimento (m)	Área de fôrma (m²)	Consumo (m/m²)
15,79	3,1156	5,06804

f) corte de perfil metálico com máquina policorte com espessura de até 1/8"

Consiste na seção de perfil metálico por meio de máquina policorte.

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

$$Q = \frac{N_c}{A}$$



onde:

Q representa o consumo de cortes de perfil metálico, em unidades por metro quadrado;

N_c representa o número de cortes executados, em unidades;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

Para as fôrmas metálicas em chapa com espessura de 3/16", cujo emprego está associado a confecção de poitas para IP4, o consumo de corte corresponde à média obtida por meio da aplicação da expressão de cálculo para cada um dos 14 modelos de referência, resultando em 0,71693 un/m².

A tabela 118 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade para a confecção de poitas em chapa de 1/8" para sinalização náutica.

Tabela 118 - Consumo de corte de perfil metálico - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção

Número de cortes (un)	Área de fôrma (m ²)	Consumo (un/m ²)
8	3,1156	2,56772

g) solda elétrica de perfis metálicos e chapas de aço com eletrodo E60XX

Consiste na soldagem das chapas de aço e perfis metálicos para confecção da fôrma.

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

$$Q = \frac{C_s \times \gamma}{A \times E_d}$$

onde:

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

C_s representa o comprimento total de solda, em metros;

γ representa a massa linear de solda, em quilogramas por metro;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

E_d representa a eficiência de deposição.

Para as fôrmas metálicas em chapa com espessura de 3/16", cujo emprego está associado a confecção de poitas para IP4, o consumo de solda corresponde à média obtida por meio da aplicação da expressão de cálculo para cada um dos 14 modelos de referência, resultando em 0,24653 kg/m².

A tabela 119 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade para a confecção de poitas em chapa de 1/8" para sinalização náutica.

**Tabela 119 - Consumo de solda - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção**

Comprimento (m)	Massa linear de solda (kg/m)	Área de fôrma (m²)	Eficiência de deposição	Consumo (kg/m²)
9,64	0,040	3,1156	0,7367	0,16800

2.3.8.6 Operações de transporte

A tabela 120 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 120 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0366	Cantoneira em aço ASTM A36 galvanizado	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
M1376	Chapa fina em aço ASTM A36	0,00100 t/kg	5914333	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga com caminhão guindauto de 20 t.m
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
M0164	Tubo em aço galvanizado - E = 1,50 mm e seção de 20 x 20 mm	0,00110 t/m	5915474	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 5 t - carga e descarga manuais
			5915322	Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia em leito natural
			5915323	Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia em revestimento primário
			5915324	Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia pavimentada

2.3.8.7 Critérios de medição

A medição do serviço de confecção de fôrma metálica para poita trapezoidal deve ser realizada em metros quadrados, em função da área de fôrma efetivamente confeccionada.



2.3.9 Fôrma metálica para poita trapezoidal

O serviço consiste na montagem e instalação de fôrma metálica para poita trapezoidal, bem como a retirada após a conclusão das atividades.

2.3.9.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

2.3.9.2 Metodologia executiva

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

- fôrma em chapa 1/8":
 - posicionamento manual da fôrma em cima da lona plástica;
 - montagem manual da fôrma com o conjunto de arruelas, parafusos e porcas;
 - aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
 - retirada manual das fôrmas após a consolidação da estrutura de concreto.
- fôrma em chapa 3/16":
 - posicionamento da fôrma em cima da lona plástica por meio do caminhão carroceria com guindauto;
 - aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
 - retirada das fôrmas após a consolidação da estrutura de concreto por meio do caminhão carroceria com guindauto.

2.3.9.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra. As produtividades foram estabelecidas por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, consoante aos valores apresentados na tabela 121.

Tabela 121 - Produção horária dos serviços de fôrma metálica para poita trapezoidal

Código SICRO	Descrição	Produção de equipe (m²/h)
3108071	Fôrma metálica em chapa 1/8" para poita trapezoidal - utilização de 50 vezes - montagem, instalação e retirada	16,74
3107966	Fôrma metálica em chapa 3/16" para poita trapezoidal - utilização de 50 vezes - montagem, instalação e retirada	10,62

De forma acessória à execução do serviço de fôrma metálica em chapa 3/16" é empregado o seguinte equipamento:

- caminhão carroceria com guindauto.



a) caminhão carroceria com guindauto

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

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

onde:

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

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

F_e representa o fator de eficiência;

T_c representa o tempo total de ciclo, em minutos.

Ao passo que a utilização do equipamento ocorre de forma parcial durante a execução das atividades, é imputada a utilização operativa integral com quantidade fracionada.

2.3.9.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 montador para realizar a montagem das fôrmas;
- 2 ajudantes para auxiliar na montagem das fôrmas e na aplicação do desmoldante.

2.3.9.5 Materiais e atividades auxiliares

a) arruela lisa em aço inox - D = 12,7 mm (1/2")

Consiste em insumo utilizado para proteger o parafuso, distribuindo a força aplicada de modo a evitar a redução na pressão de fechamento das fôrmas em chapa 1/8".

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

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

onde:

Q representa o consumo de arruela, em unidades por metro quadrado;

Q_t representa a quantidade de arruelas utilizadas, em unidades;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de reutilizações.

A tabela 122 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 122 - Consumo de arruela - fôrma metálica para poita trapezoidal**

Quantidade de arruelas (un)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (un/m²)
16	3,1156	25	0,20542

b) desmoldante para fôrmas metálicas

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.

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

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

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;
R representa o rendimento do desmoldante, em metros quadrados por litro.

A tabela 123 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 123 - Consumo de desmoldante - fôrmas metálicas para poita trapezoidal

Rendimento do desmoldante (m²/l)	Consumo (l/m²)
75,00	0,01333

c) lona plástica - E = 200 micra

Consiste em insumo fabricado em polietileno de baixa densidade, com 200 micras, utilizado para proteger o substrato onde será confeccionada a poita trapezoidal.

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

$$Q = \frac{A_l}{A}$$

onde:

Q representa o consumo de lona plástica, em metros quadrados por metro quadrado;

A_l representa a área de lona utilizada, em metros quadrados;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados.

Para as fôrmas metálicas em chapa 3/16", cujo emprego está associado a confecção de poitas para IP4, o consumo de lona corresponde à média obtida por meio da aplicação da expressão de cálculo para cada um dos 14 modelos de referência, resultando em 0,79014 m²/m².



A tabela 124 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material para a confecção de poitas em chapa de 1/8" para sinalização náutica.

Tabela 124 - Consumo de lona plástica - fôrma metálica para poita trapezoidal

Área de lona (m²)	Área de fôrma (m²)	Consumo (m²/m²)
2,2500	3,1156	0,72217

d) parafusos e porcas

Consistem em insumos utilizados para o fechamento da fôrma metálica em chapa 1/8".

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

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

onde:

Q representa o consumo de parafusos, em unidades por metro quadrado;
 Q_t representa a quantidade de parafusos ou porcas utilizados, em unidades;
 A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de reutilizações.

A tabela 125 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 125 - Consumo de porcas e parafusos - fôrma metálica para poita trapezoidal

Quantidade (un)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (un/m²)
8	3,1156	25	0,10271

e) confecção de fôrma metálica para poita trapezoidal

Consiste na confecção de fôrmas metálicas para poita trapezoidal.

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

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

onde:

Q representa o consumo de fôrma metálica, em metros quadrados por metro quadrado;
 n representa o número de utilizações.



A tabela 126 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 126 - Consumo de confecção de fôrma metálica para poita trapezoidal - fôrma metálica para poita trapezoidal

Número de utilizações	Consumo (m ² /m ²)
50	0,02000

2.3.9.6 Operações de transporte

A tabela 127 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 127 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para poita trapezoidal

Descrição	Código SICRO	Descrição
Desmoldante e parafuso	5915474	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 5 t - carga e descarga manuais
	5915322	Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia em leito natural
	5915323	Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia em revestimento primário
	5915324	Transporte com caminhão carroceria de 5 t - rodovia pavimentada

A tabela 128 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 128 - Fator de conversão de transporte - fôrma metálica para poita trapezoidal

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M3949	Desmoldante para fôrmas metálicas	0,00099 t/l
M3915	Parafuso de cabeça sextavada em aço inox - D = 12,7 mm (1/2") e C = 38,1 mm (1.1/2")	0,00005 t/un

2.3.9.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrma metálica para poita trapezoidal deve ser realizada em metros quadrados, em função da área das superfícies em contato com concreto.

2.3.10 Fôrma metálica para pavimento rígido

O serviço consiste na montagem e instalação de fôrma metálica para contenção lateral do concreto em pavimento rígido, bem como a retirada após a conclusão das atividades.



2.3.10.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 15696/2009: *Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos*;
- DNIT ES 047/2004: *Pavimento rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte*.

2.3.10.2 Metodologia executiva

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

- corte das chapas de aço com uso de maçarico oxiacetileno;
- dobramento das chapas para estruturação da fôrma;
- soldagem dos travamentos na estrutura da fôrma;
- perfuração das fôrmas com furadeira de impacto;
- aplicação manual do desmoldante nas faces internas das fôrmas;
- posicionamento da fôrma;
- instalação das barras de fixação da fôrma;
- retirada da fôrma após a consolidação da estrutura de concreto.

2.3.10.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, cujo valor corresponde a 1,00 m²/h.

2.3.10.4 Mão de obra

É empregado no desenvolvimento do serviço o seguinte profissional:

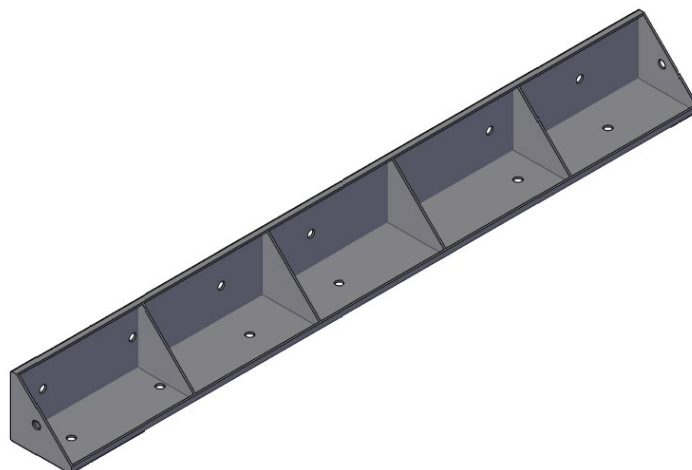
- 0,20 horas do montador para realizar a montagem e desmontagem das fôrmas e aplicar o desmoldante.

2.3.10.5 Materiais e atividades auxiliares

Os parâmetros referenciais adotados foram extraídos dos croquis apresentado nas figuras 25 e 26.

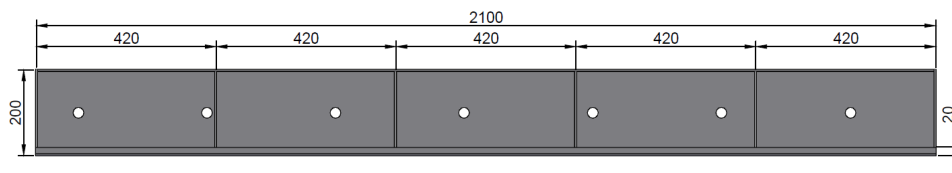


Figura 25 - Projeto-tipo de fôrma metálica referencial para execução de pavimento rígido de 210 x 20 x 20 cm

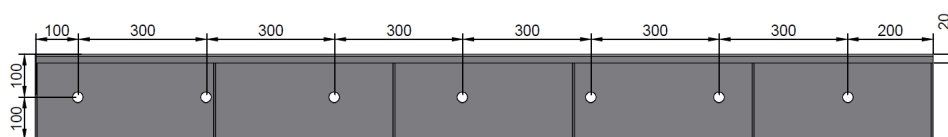


Fonte: FGV IBRE

Figura 26 - Vistas da fôrma metálica referencial para execução de pavimento rígido



Vista Frontal



Vista Superior

Fonte: FGV IBRE

a) chapa fina em aço ASTM A36

Consiste em insumo utilizado para confecção da fôrma metálica para pavimento rígido.

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

$$Q = \frac{A_c \times M \times (1 + k)}{A \times n}$$

onde:

Q representa o consumo de chapa fina em aço, em quilogramas por metro quadrado;

A_c representa a área total de chapa fina em aço, em metros quadrados;



M representa a massa da chapa, em quilogramas por metro quadrado;
 k representa o coeficiente de perda;
 A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de utilizações da fôrma.

A tabela 129 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 129 - Consumo de chapa fina em aço - fôrma metálica para pavimento rígido

Área de chapa (m²)	Massa (kg/m²)	Coeficiente de perda (%)	Área de fôrma (m²)	Número de utilizações	Consumo (kg/m²)
1,0566	24,00	10,00	0,4200	100	0,66415

b) desmoldante para fôrmas metálicas

Consiste em insumo aplicado nas superfícies internas da fôrma, reduzindo a aderência entre os materiais de modo a facilitar a desforma.

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

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

onde:

Q representa o consumo de desmoldante, em litros por metro quadrado;
 R representa o rendimento do desmoldante, em metros quadrados por litro.

A tabela 130 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 130 - Consumo de desmoldante - fôrma metálica para pavimento rígido

Rendimento do desmoldante (m²/l)	Consumo (l/m²)
75,00	0,01333

c) aço CA-50

Consiste em insumo utilizado para fixação da fôrma no local de instalação, permitindo a execução subsequente do pavimento rígido.

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

$$Q = \frac{N_b \times C_b \times \mu}{A \times n}$$

onde:

Q representa o consumo de aço CA 50, em quilogramas por metro quadrado;



N_b representa o número de barras em uma fôrma, em unidades;
 C_b representa o comprimento da barra, em metros por unidade;
 μ representa a massa linear, em quilogramas por metro;
 A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de utilizações.

A tabela 131 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

Tabela 131 - Consumo de aço CA 50 - fôrma metálica para pavimento rígido

Número de furos (un)	Comprimento (m/un)	Massa linear (kg/m)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (kg/m ²)
7	0,40	0,963	0,4200	100	0,06420

d) corte de chapas de aço com maçarico oxiacetileno

Consiste na seção de chapas de aço por meio do maçarico de oxiacetileno.

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

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

onde:

Q representa o consumo de corte de chapa de aço, em metros por metro quadrado;
 C_c representa o comprimento total de corte, em metros;
 A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de utilizações.

A tabela 132 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 132 - Consumo de corte de chapas de aço - fôrma metálica para pavimento rígido

Comprimento de corte (m)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (m/m ²)
3,34	0,4200	100	0,07952

e) dobramento de chapas de aço

O serviço consiste no dobramento da seção das chapas de aço por meio da prensa dobradeira.

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

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



onde:

Q representa o consumo de dobramento de chapa de aço, em metros por metro quadrado;

C_d representa o comprimento total de dobra, em metros;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

A tabela 133 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

Tabela 133 - Consumo de dobramento de chapas de aço - fôrma metálica para pavimento rígido

Comprimento de dobra (m)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (m/m ²)
6,30	0,4200	100	0,15000

f) perfuração de chapas de aço

O serviço consiste na perfuração de seção das chapas de aço por meio da furadeira de impacto acoplada à serra copo com suporte guia.

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

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

onde:

Q representa o consumo de perfuração de chapa de aço, em unidades por metro quadrado;

Q_f representa a quantidade total de furos, em unidades;

A representa a área de fôrma, em metros quadrados;

n representa o número de utilizações.

A tabela 134 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade auxiliar.

Tabela 134 - Consumo de perfuração de chapas de aço - fôrma metálica para pavimento rígido

Quantidade total de furos (un)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Consumo (un/m ²)
16	0,4200	100	0,40000

g) solda elétrica de perfis metálicos e chapas de aço com eletrodo E60XX

Consiste na soldagem das chapas de aço para travamento da fôrma.

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



$$Q = \frac{A_s \times C_s \times Q_t \times \rho}{A \times n \times E_d}$$

onde:

Q representa o consumo de solda, em quilogramas por metro quadrado;
 A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;
 C_s representa o comprimento de solda, em metros;
 Q_t representa a quantidade de pontos de solda;
 ρ representa a massa específica do aço, em quilogramas por metro cúbico;
 A representa a área de fôrma, em metros quadrados;
 n representa o número de utilizações;
 E_d representa a eficiência de deposição.

A área da seção de solda é definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$A_s = \frac{l^2}{2}$$

onde:

A_s representa a área da seção de solda, em metros quadrados;
 l representa o comprimento da perna de solda, em metros.

A tabela 135 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o consumo da atividade.

Tabela 135 - Consumo de solda - fôrma metálica para pavimento rígido

Perna de solda (m)	Comprimento de solda (m)	Quantidade pontos de solda	Massa específica do aço (kg/m ³)	Área de fôrma (m ²)	Número de utilizações	Eficiência de deposição	Consumo (kg/m ²)
0,003	0,41	12	7.850,00	0,4200	100	0,7367	0,00562

2.3.10.6 Operações de transporte

A tabela 136 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 136 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para pavimento rígido

Descrição	Código SICRO	Descrição
Desmoldante e aço CA 50	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



Tabela 136 - Serviços empregados nas operações de transporte - fôrma metálica para pavimento rígido (2/2)

Descrição	Código SICRO	Descrição
Chapa fina em aço ASTM A36	5914333	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga com caminhão guindauto de 20 t.m
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

A tabela 137 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 137 - Fator de conversão de transporte - fôrma metálica para pavimento rígido

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M1376	Chapa fina em aço ASTM A36	0,00100 t/kg
M3949	Desmoldante para fôrmas metálicas	0,00099 t/l
M0004	Aço CA 50	0,00100 t/kg

2.3.10.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fôrma metálica para pavimento rígido deve ser realizada em metros quadrados, em função da área da superfície em contato com concreto.



APÊNDICE A - RELAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS POR SUBGRUPO - FÔRMAS

A tabela 138 apresenta as composições de custos do grupo de serviços de fôrmas, relacionando o código SICRO ao respectivo subgrupo.

Tabela 138 - Relação das composições de custos por subgrupo - fôrmas

Subgrupo	Código SICRO
2.1.1 Fôrmas de tábuas de pinho para uso geral	3106119, 3106120 e 3106121
2.1.2 Fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem	3103302
2.1.3 Fôrmas de tábuas de pinho para drenos	3103303
2.1.4 Fôrmas de tábuas de pinho para elemento estrutural de arco metálico	3106759
2.1.5 Guia de madeira	3108018, 3108022 e 3108023
2.2.1 Fôrmas de compensados de madeira	3108007, 3108008, 3108009, 3108011, 3108012, 3108013, 3108015, 3108016, 3108017, 3107995, 3107996, 3107997, 3107999, 3108000, 3108001, 3108003, 3108004 e 3108005
2.2.2 Fôrmas curvas de compensados de madeira	3107969 e 3107970
2.3.1 Fôrma metálica plana e curva	3108072, 3107967 e 3108150
2.3.2 Fôrma metálica para vigas de OAE	3106427
2.3.3 Fôrma metálica para tetrápode	3106551
2.3.4 Fôrma metálica para Xbloc	3106552
2.3.5 Fôrma metálica para aduela de bueiro celular	3117750
2.3.6 Fôrma metálica para cabeça de tirantes	3105941
2.3.7 Fôrma metálica para guarda-corpo de concreto	3117749
2.3.8 Fôrma metálica para poita trapezoidal - confecção	3108073 e 3107965
2.3.9 Fôrma metálica para poita trapezoidal	3107966 e 3108071
2.3.10 Fôrma metálica para pavimento rígido	3107964