



MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

**VOLUME 10
MANUAIS TÉCNICOS**

**CONTEÚDO 04
CONCRETOS, AGREGADOS, ARMAÇÕES,
FÔRMAS E ESCORAMENTOS**

2017

**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA EXECUTIVA
COORDENAÇÃO-GERAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES**

MINISTRO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL
Exmo. Sr. Maurício Quintella Malta Lessa

DIRETOR GERAL DO DNIT
Sr. Valter Casimiro Silveira

DIRETOR EXECUTIVO DO DNIT
Eng.º Halpher Luiggi Mônico Rosa

COORDENADOR-GERAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
Eng.º Luiz Heleno Albuquerque Filho

MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

**VOLUME 10
MANUAIS TÉCNICOS**

**CONTEÚDO 04
CONCRETOS, AGREGADOS, ARMAÇÕES,
FÔRMAS E ESCORAMENTOS**

MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES**A. VERSÃO ATUAL****EQUIPE TÉCNICA:**

Revisão e Atualização: Fundação Getulio Vargas (Contrato nº 327/2012)

Revisão e Atualização: Fundação Getulio Vargas (Contrato nº 462/2015)

MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES**A. VERSÃO ATUAL****FISCALIZAÇÃO E SUPERVISÃO DO DNIT:**

MSc. Eng.º Luiz Heleno Albuquerque Filho

Eng.º Paulo Moreira Neto

Eng.º Caio Saravi Cardoso

B. PRIMEIRAS VERSÕES**EQUIPE TÉCNICA (SINCTRAN e Sicro 3):**

Elaboração: CENTRAN

Eng.º Osvaldo Rezende Mendes (Coordenador)

SUPERVISÃO DO DNIT:

Eng.º Sílvio Mourão (Brasília)

Eng.º Luciano Gerk (Rio de Janeiro)

Brasil, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.
Diretoria Executiva. Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura
de Transportes.

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes. 1ª Edição -
Brasília, 2017.

12v. em 74.

Volume 10: Manuais Técnicos

Conteúdo 04 - Concretos, Agregados, Armações, Fôrmas
e Escoramentos

1. Rodovias - Construções - Estimativa e Custo - Manuais. - 2. Ferrovias -
Construções - Estimativa e Custo - Manuais. - 3. Aquavias - Construções -
Estimativa e Custo - Manuais. - I. Título.

**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA EXECUTIVA
COORDENAÇÃO-GERAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE
TRANSPORTES**

**MANUAL DE CUSTOS DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES**

**VOLUME 10
MANUAIS TÉCNICOS**

**CONTEÚDO 04
CONCRETOS, AGREGADOS, ARMAÇÕES, FÔRMAS E ESCORAMENTOS**

1ª Edição - Versão 3.0

BRASÍLIA
2017

**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA EXECUTIVA
COORDENAÇÃO-GERAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE
TRANSPORTES**

Setor de Autarquias Norte, Bloco A, Edifício Núcleo dos Transportes, Edifício Sede do
DNIT, Mezanino, Sala M.4.10
Brasília - DF
CEP: 70.040-902
Tel.: (061) 3315-8351
Fax: (061) 3315-4721
E-mail: cgcit@dnit.gov.br

TÍTULO: MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

Primeira edição: MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2017

VOLUME 10: Manuais Técnicos
Conteúdo 07 - Concretos, Agregados, Armações, Fôrmas e
Escoramentos

Revisão:
Fundação Getulio Vargas - FGV
Contratos 327/2012-00 e 462/2015 (DNIT)
Aprovado pela Diretoria Colegiada em 25/04/2017
Processo Administrativo nº 50600.096538/2013-43

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

APRESENTAÇÃO

O Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes constitui a síntese de todo o desenvolvimento técnico das áreas de custos do extinto DNER e do DNIT na formação de preços referenciais de obras públicas.

Em consonância à história destes importantes órgãos, o Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes 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.

Outras inovações relevantes no presente Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes referem-se à metodologia para definição de custos de referência de canteiros de obras e de administração local e à diferenciação das taxas referenciais de bonificação e despesas indiretas em função da natureza e do porte das obras. Também merece registro a proposição de novas metodologias para o cálculo dos custos horários dos equipamentos e da mão de obra e para definição dos custos de referência para aquisição e transporte de produtos asfálticos.

O Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes encontra-se organizado nos seguintes volumes, conteúdos e tomos:

Volume 01 - Metodologia e Conceitos

Volume 02 - Pesquisa de Preços

Volume 03 - Equipamentos

Volume 04 - Mão de Obra

- Tomo 01 - Parâmetros do CAGED
- Tomo 02 - Encargos Sociais
- Tomo 03 - Encargos Complementares
- Tomo 04 - Consolidação dos Custos de Mão de Obra

Volume 05 - Materiais

Volume 06 - Fator de Influência de Chuvas

- Tomo 01 - Índices Pluviométricos - Região Norte
- Tomo 02 - Índices Pluviométricos - Região Nordeste
- Tomo 03 - Índices Pluviométricos - Região Centro-Oeste
- Tomo 04 - Índices Pluviométricos - Região Sudeste
- Tomo 05 - Índices Pluviométricos - Região Sul

Volume 07 - Canteiros de Obras

- Tomo 01 - Módulos Básicos e Projetos Tipo (A3)

Volume 08 - Administração Local

Volume 09 - Mobilização e Desmobilização

Volume 10 - Manuais Técnicos

Conteúdo 01 - Terraplenagem

Conteúdo 02 - Pavimentação / Usinagem

Conteúdo 03 - Sinalização Rodoviária

Conteúdo 04 - Concretos, Agregados, Armações, Fôrmas e Escoramentos

Conteúdo 05 - Drenagem e Obras de Arte Correntes

Conteúdo 06 - Fundações e Contenções

Conteúdo 07 - Obras de Arte Especiais

Conteúdo 08 - Manutenção e Conservação Rodoviária

Conteúdo 09 - Ferrovias

Conteúdo 10 - Hidrovias

Conteúdo 11 - Transportes

Conteúdo 12 - Obras Complementares e Proteção Ambiental

Volume 11 - Composições de Custos

Volume 12 - Produções de Equipes Mecânicas

RESUMO

O Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes apresenta as metodologias, as premissas e as memórias adotadas para o cálculo dos custos de referência dos serviços necessários à execução de obras de infraestrutura de transportes e suas estruturas auxiliares.

ABSTRACT

The Transport Infrastructure Costs Manual presents the methodologies, assumptions and calculation sheets adopted for defining the required service unit referential costs to implement transport infrastructure ventures and its auxiliary facilities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Plano de fogo	59
Figura 02 - Luva de emenda prensada	69
Figura 03 - Barras de transferência	70
Figura 04 - Telas de aço eletrosoldadas	71
Figura 05 - Detalhe das fôrmas de tábuas de pinho para caixa coletora de sarjeta CCS 01	78
Figura 06 - Detalhe do módulo utilizado como referência para cálculo dos consumos de materiais para confecção das fôrmas metálicas	82
Figura 07 - Vista em planta do escoramento da laje esbelta utilizada como referência	90
Figura 08 - Vista em corte do escoramento da laje esbelta utilizada como referência	91
Figura 09 - Vista em corte do escoramento da laje carregada utilizada como referência	91
Figura 10 - Detalhe dos escoramentos de madeira para corpo de bueiro de 250 cm x 250 cm	92
Figura 11 - Escoras metálicas aplicadas em lajes	93
Figura 12 - Vista em corte da passagem inferior utilizada como referência para dimensionamento dos escoramentos com quadros tubulares	94
Figura 13 - Torres tubulares contraventadas	95
Figura 14 - Croqui do escoramento metálico	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Classificação do cimento Portland	9
Tabela 02 - Traço referencial do concreto magro.....	27
Tabela 03 - Traço referencial do concreto fck = 20 MPa.....	27
Tabela 04 - Traço referencial do concreto ciclópico	28
Tabela 05 - Traços referenciais dos concretos estruturais confeccionados em betoneira	28
Tabela 06 - Traço referencial do concreto para pré-moldados (mourões)	28
Tabela 07 - Traços referenciais dos concretos usinados convencionais.....	29
Tabela 08 - Traços referenciais dos concretos usinados para bombeamento	29
Tabela 09 - Traço referencial do concreto autoadensável fck = 20 MPa.....	31
Tabela 10 - Traços referenciais dos demais concretos autoadensáveis	31
Tabela 11 - Traços referenciais dos concretos submersos	32
Tabela 12 - Traços referenciais dos concretos com microssílica	32
Tabela 13 - Traços referenciais dos concretos com adição de látex.....	33
Tabela 14 - Traço do concreto com resistência característica à tração na flexão de 4,5 MPa.....	33
Tabela 15 - Vazões de ar comprimido para projeção do concreto	40
Tabela 16 - Perdas adotadas nas composições de custos de concreto projetado....	41
Tabela 17 - Traços referenciais dos concretos para projeção via seca.....	42
Tabela 18 - Traços referenciais dos concretos para projeção via úmida	43
Tabela 19 - Traços referenciais de argamassa de cimento e areia.....	53
Tabela 20 - Traço referencial de argamassa de cimento e areia com aditivo aglutinante	53
Tabela 21 - Traços referenciais de argamassa de cimento, cal e areia	53
Tabela 22 - Relação de insumos para produção de rocha com perfuratriz sobre esteiras	57
Tabela 23 - Relação de insumos para produção de rocha com perfuratriz manual ..	61
Tabela 24 - Relação de insumos para produção de brita em central de britagem	62
Tabela 25 - Relação de insumos para produção de rachão em central de britagem	62
Tabela 26 - Taxas adotadas na determinação do consumo da mão de obra na armação do aço	67
Tabela 27 - Diâmetros das barras de aço	68
Tabela 28 - Tempo de ciclo para prensagem de luva de emenda de diferentes diâmetros	69
Tabela 29 - Taxas de aplicação de desmoldante nas fôrmas	75

Tabela 30 - Quantidade de utilizações das fôrmas de madeira	76
Tabela 31 - Critério proposto para utilização de fôrmas de madeira	76
Tabela 32 - Consumo de mão de obra para fôrmas com tábuas de pinho para uso geral	77
Tabela 33 - Consumo de mão de obra para fôrmas de compensado resinado para bueiros.....	77
Tabela 34 - Consumo de mão de obra para fôrmas em curva com compensado	77
Tabela 35 - Consumo de mão de obra para fôrmas com compensado para uso geral	77
Tabela 36 - Consumo total de materiais para confecção de fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem (apenas 1 utilização)	78
Tabela 37 - Consumo total de materiais para confecção de fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem (3 utilizações)	79
Tabela 38 - Consumo total de materiais dos elementos utilizados como referência para o cálculo das fôrmas de tábuas de pinho para uso geral (apenas 1 utilização)	80
Tabela 39 - Critério proposto para utilização dos escoramentos de madeira	88
Tabela 40 - Consumo de mão de obra para escoramentos com pontalete D = 10 cm	89
Tabela 41 - Consumo de mão de obra para escoramentos com pontalete D = 15 cm	90
Tabela 42 - Consumo de mão de obra para escoramentos de corpos de bueiros celulares	90

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	3
2.	CONCRETO	7
2.1.	Introdução	7
2.2.	Condições de Preparo do Concreto	8
2.3.	Materiais para Confeção do Concreto	8
2.3.1.	Agregado Miúdo.....	8
2.3.2.	Agregado Graúdo.....	8
2.3.3.	Cimento Portland	9
2.4.	Equipamentos.....	10
2.4.1.	Betoneira.....	10
2.4.2.	Central Dosadora.....	11
2.4.3.	Central Dosadora e Misturadora	11
2.5.	Confeção dos Concretos	12
2.5.1.	Concreto Executado em Betoneira - fck = 20 MPa	12
2.5.2.	Concreto Executado em Betoneira - fck = 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa e 40 MPa	17
2.5.3.	Concreto Executado em Central Dosadora de 30 m³/h.....	20
2.5.4.	Concreto Executado em Central Dosadora Fixa de 40 m³/h.....	21
2.5.5.	Concreto Executado em Central Dosadora e Misturadora de 150 m³/h.....	22
2.5.6.	Concreto de Cimento Portland Adquirido Comercialmente	23
2.6.	Lançamento do Concreto Usinado	23
2.6.1.	Lançamento Manual de Concreto com Gericas - Central Dosadora de 30 m³/h	24
2.6.2.	Lançamento Manual de Concreto com Gericas - Central Dosadora de 40 m³/h	24
2.6.3.	Lançamento Mecânico de Concreto com Bombas Rebocáveis com Capacidades de 30 e 41 m³/h.....	25
2.6.4.	Lançamento Mecânico de Concreto com Bomba Lança Sobre Chassi com Capacidade de 71 m³/h	25
2.7.	Adensamento do Concreto.....	26
2.8.	Tipos de Concreto	26
2.8.1.	Concreto Magro	27
2.8.2.	Concreto fck = 20 MPa - Confeção em Betoneira	27
2.8.3.	Concreto Ciclópico	27

2.8.4.	Concretos Estruturais de fck 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa e 40 MPa - Confeção em Betoneira.....	28
2.8.5.	Concretos Usinados Convencionais de fck = 20 MPa, 25 MPa e 30 MPa - Confeccionados em Centrais Dosadoras.....	28
2.8.6.	Concretos Usinados para Bombeamento fck = 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa e 40 MPa - Confeccionados em Centrais Dosadoras	29
2.8.7.	Concretos Especiais.....	29
2.8.8.	Concreto com Adição de Fibras	30
2.8.9.	Concreto Autoadensável com Adição de Silicato de Alumínio	30
2.8.10.	Concreto Submerso.....	31
2.8.11.	Concreto com Microsílica	32
2.8.12.	Concreto com Adição de Látex.....	33
2.8.13.	Concreto para Pavimento Rígido com Equipamento de Pequeno Porte	33
2.9.	Relação das Composições de Custos	34
2.10.	Crêrios de Medição.....	35
3.	CONCRETO PROJETADO	39
3.1.	Introdução	39
3.2.	Equipamentos	39
3.2.1.	Bomba para Projeção de Concreto Via Seca	39
3.2.2.	Bomba para Projeção de Concreto Via Úmida	40
3.2.3.	Compressor	40
3.3.	Perdas de Materiais na Projeção	40
3.4.	Tipos de Concretos Projetados	42
3.5.	Relação das Composições de Custos	43
3.6.	Crêrios de Medição.....	43
4.	ARGAMASSA	47
4.1.	Introdução	47
4.2.	Materiais para a Confeção de Argamassa	47
4.3.	Equipamentos	47
4.4.	Dosagem das Argamassas	47
4.4.1.	Argamassa de Cimento, Cal e Areia - Método desenvolvido pelo Centro de Excelência em Engenharia de Transportes (CENTRAN).....	48
4.4.2.	Argamassa de Cimento e Areia - Método desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getulio Vargas - IBRE/FGV	48
4.5.	Confeção das Argamassas	49
4.5.1.	Argamassa Executada em Betoneira	49

4.5.2.	Argamassa Executada em Misturador	50
4.6.	Tipos de Argamassas	53
4.6.1.	Argamassa de Cimento e Areia	53
4.6.2.	Argamassa de Cimento e Areia com Aditivo Aglutinante	53
4.6.3.	Argamassa de Cimento, Cal e Areia	53
4.6.4.	Argamassas para Reparos Estruturais	54
4.7.	Relação das Composições	54
4.8.	CrITÉRIOS de Medição	54
5.	AGREGADOS	57
5.1.	Introdução	57
5.2.	Descrição dos Serviços	57
5.2.1.	Rocha para Britagem com Perfuratriz sobre Esteiras	57
5.2.2.	Rocha para Britagem com Perfuratriz Manual	61
5.2.3.	Brita Produzida em Central de Britagem	62
5.2.4.	Rachão ou Pedra de Mão Produzida	62
5.2.5.	Extração de Areia.....	63
6.	ARMAÇÕES.....	67
6.1.	Descrição dos Serviços	67
6.1.1.	Armação em Aço CA-25, CA-50 e CA-60	67
6.1.2.	Luvas de Emenda	69
6.1.3.	Treliça Nervurada com Três Barras Longitudinais Interligadas por Duas Diagonais Sinusoidais	70
6.1.4.	Tela de Aço Eletrosoldada	71
7.	FÔRMAS	75
7.1.	Descrição dos Serviços	75
7.1.1.	Fôrmas de Tábuas e Compensados de Madeira	75
7.1.2.	Fôrmas de Chapas de Aço	81
8.	ESCORAMENTOS	87
8.1.	Descrição dos Serviços	87
8.1.1.	Escoramento para Contenção Lateral de Solo de Valas.....	87
8.1.2.	Escoramento em Madeira	88
8.1.3.	Escoramento Metálico.....	93

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O presente volume do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes tem por objetivo apresentar as premissas e as memórias de cálculo adotadas na elaboração das composições de custos referentes aos serviços de confecção de concretos e argamassas, de produção de agregados, de armações, de fôrmas e de escoramentos.

2. CONCRETO

2. CONCRETO

2.1. Introdução

O concreto pode ser definido como a mistura homogênea de cimento, agregados miúdos, agregados graúdos e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários, tais como, aditivos químicos, pigmentos, metacaulim, sílica e materiais pozolânicos. Ao ser hidratado, o cimento forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados (pedra e areia), formando um bloco monolítico.

A argamassa tem composição semelhante à do concreto, sendo obtida por meio da mistura homogênea de cimento, agregado miúdo e água, podendo haver a eventual inserção de outros materiais, tais como, cal, superplastificante, etc., de acordo com necessidade específica do projeto.

Face a ampla utilização no âmbito dos empreendimentos de infraestrutura de transportes, os serviços de confecção de concretos prescindem de um controle tecnológico rígido, especialmente no que tange ao concreto estrutural.

Dessa forma, mostra-se imprescindível o controle da qualidade e da dosagem dos insumos utilizados na confecção dos concretos e argamassas, de forma a permitir que se obtenham as características e as propriedades físicas previstas em projeto.

De acordo com a função pela qual é projetado, o concreto pode apresentar características particulares, necessitando de equipamentos e insumos específicos na execução das atividades correlatas.

A produção de concreto deve atender à normatização vigente, devendo estar em conformidade aos seguintes normativos e especificações técnicas:

- Especificação de Serviço DNIT nº 117/2009 - Pontes e viadutos rodoviários - Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção;
- NBR 12.655/2015 - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento e aceitação - Procedimento;
- NBR 14.931/2004 - Execução de estruturas de concreto - Procedimento;
- NBR 14.026/2012 - Concreto projetado - Especificação.

As composições de custos do SICRO preveem a confecção de concreto por meio dos seguintes equipamentos:

- Betoneira;
- Centrais dosadoras de concreto;
- Central dosadora e misturadora de concreto.

Além da confecção direta em obra, o SICRO admite a possibilidade de aquisição comercial de concreto usinado.

2.2. Condições de Preparo do Concreto

O cálculo da resistência de dosagem do concreto depende, entre outras variáveis, da sua condição de preparo, regidas pela NBR 12.655/2015, em seu item “5.6.3.1 - Condições de preparo do concreto”, as quais são apresentadas a seguir:

- Condição A: aplicável a todas as classes de concreto, onde o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados;
- Condição B: pode ser aplicada às classes C10 a C20, onde o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume;
- Condição C: pode ser aplicada apenas aos concretos de classe C10 e C15, onde o cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados e da determinação da consistência do concreto, conforme disposto na ABNT NBR NM 67, ou outro método normalizado.

As composições de custos do SICRO foram elaboradas considerando apenas a “Condição A” para confecção dos concretos.

2.3. Materiais para Confecção do Concreto

2.3.1. Agregado Miúdo

Caracteriza-se por agregado miúdo a areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, cujos grãos passam pela peneira de 4,8 mm e ficam retidos na peneira de 0,075 mm.

O agregado miúdo pode ser extraído ou adquirido comercialmente. Sua utilização encontra-se condicionada ao atendimento das diretrizes constantes da Especificação de Material DNER nº 038/1997 - Agregado miúdo para concreto de cimento.

2.3.2. Agregado Graúdo

Os agregados graúdos são materiais granulares provenientes de rochas, comprovadamente inertes e de características semelhantes, cujos grãos passam na peneira da malha quadrada com abertura nominal de 152 mm e ficam retidos na peneira de 4,8 mm, tais como, seixo rolado, cascalho e pedra britada.

O agregado miúdo pode ser extraído ou adquirido comercialmente. Sua utilização encontra-se condicionada ao atendimento das diretrizes constantes da Especificação de Material DNER nº 037/1997 - Agregado graúdo para concreto de cimento.

2.3.3. Cimento Portland

O Cimento Portland é um aglomerante hidráulico obtido pela moagem do clínquer, ao qual se adiciona, durante o referido processo, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio.

Na operação de moagem é permitida a adição de materiais pozzolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos, nos teores indicados nas normas específicas.

A Tabela 01 apresenta a classificação do Cimento Portland de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e pela Especificação de Material DNER nº 036/95 - Cimento Portland - Recebimento e Aceitação do DNIT.

Tabela 01 - Classificação do cimento Portland

Sigla	Denominação	Classe de Resistência aos 28 dias (MPa)	Composição			
			Clínquer + CaSO ₄	Escória	Pozolana	Filler
CP I	Cimento Portland comum	25 - 32 - 40	100	-	-	-
CP I - S	Cimento Portland comum com adição	25 - 32 - 40	99 - 95	1 - 5	1 - 5	1 - 5
CP II - E	Cimento Portland composto com escória	25 - 32 - 40	94 - 56	6 - 34	-	0 - 10
CP II - Z	Cimento Portland composto com pozolana	25 - 32 - 40	94 - 76	-	6 - 14	0 - 10
CP II - F	Cimento Portland composto com filler	25 - 32 - 40	94 - 90	-	-	6 - 10
CP III	Cimento Portland de alto-forno	25 - 32 - 40	65 - 25	35 - 70	-	0 - 5
CP IV	Cimento Portland pozzolânico	25 - 32	85 - 45	-	15 - 50	0 - 5
CP V - ARI	Cimento Portland de alta resistência inicial	7 dias - 34 MPa	100 - 95	-	-	0 - 5

As composições de custos para confecção de concretos e argamassas do SICRO consideram exclusivamente o cimento Portland comum CP II - E classe 32.

2.4. Equipamentos

As composições de custos para confecção de concretos e argamassas do SICRO foram estruturadas em função dos seguintes equipamentos:

- Betoneira com capacidade de 600 l - motor a gasolina - 10 kW;
- Central de concreto com capacidade de 30 m³/h - dosadora rasga saco;
- Central de concreto com capacidade de 40 m³/h - dosadora fixa;
- Central de concreto com capacidade de 150 m³/h - dosadora e misturadora;
- Bomba de concreto rebocável com capacidade de 30 m³/h - 74 kW;
- Bomba de concreto rebocável com capacidade de 41 m³/h - 74 kW;
- Bomba para concreto com lança sobre chassi com capacidade de 71 m³/h - 191 kW;
- Caminhão betoneira com capacidade de 15,2 t - 210 kW;
- Caminhão basculante com capacidade de 8 m³ - 210 kW;
- Carregadeira de pneus com capacidade de 1,5 m³ - 106 kW;
- Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW.

Outros equipamentos auxiliares são utilizados nos serviços onde o concreto é aplicado, dentre os quais destacam-se: carrinhos de mão, gericas, vibradores de imersão, balanças e grupos geradores. As ferramentas manuais também são utilizadas, porém seus custos encontram-se diretamente inseridos dentro dos encargos complementares da mão de obra.

Identificada necessidade específica em determinado projeto, podem ser utilizados equipamentos com capacidades diferentes dos preconizados no SICRO, desde que sua adoção seja justificada técnica e economicamente, respeitando-se os conceitos e as diretrizes aplicados neste Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes.

2.4.1. Betoneira

As betoneiras são equipamentos estacionários utilizados para confeccionar concretos em obras cujo consumo seja baixo, inviabilizando técnica ou economicamente a adoção de centrais dosadoras de concreto face sua alta produtividade.

As betoneiras são alimentadas de forma manual, por meio do carregamento direto dos insumos no tambor com a utilização de padiolas de madeira ou carrinhos de mão adaptados e previamente dimensionados, conforme o traço dosado em laboratório.

De acordo com o modelo, a betoneira pode possuir uma caçamba para o depósito dos materiais, os quais são elevados e descarregados no tambor. O SICRO apresenta como referência uma betoneira dotada de tal compartimento de armazenamento, o que acelera o processo de confecção de concreto, além de reduzir a quantidade de mão de obra associada ao serviço.

Como premissa, a betoneira é utilizada preferencialmente na confecção de concretos para serviços de drenagem, obras de arte correntes moldadas “*in loco*”, entre outros dispositivos com baixo consumo de concreto.

Entretanto, tal diretriz não impede que seja prevista a utilização deste equipamento para execução de outros serviços, inclusive para confecção de concretos estruturais, cabendo ao engenheiro projetista realizar o estudo de viabilidade para adoção do equipamento que melhor se enquadre às necessidades da obra.

Na estrutura das composições de custos para os serviços de confecção de concreto em betoneira são contabilizados os equipamentos e a mão de obra necessários para produzir, lançar, adensar o concreto e realizar o acabamento dos dispositivos.

As atividades de confecção e lançamento são previstas apenas nas composições de custos dos concretos produzidos em betoneiras.

2.4.2. Central Dosadora

As centrais dosadoras são equipamentos que quantificam a proporção dos insumos componentes do concreto por meio de balanças, de acordo com o traço previsto em projeto, e são utilizadas em empreendimentos com alto volume de concreto.

Concluída a dosagem, os materiais são descarregados em caminhões betoneiras, onde a mistura é realizada e transportada até o local de aplicação.

O SICRO disponibiliza diferentes composições de custos para usinagem de concreto, as quais devem ser associadas à forma de lançamento, podendo ser: manual, por meio de gericas, e mecânico, por meio de bomba rebocável ou bomba com lança montada sobre chassis de caminhão.

Nas composições de usinagem são contabilizados apenas os equipamentos e a mão de obra envolvidos na confecção do concreto. Os equipamentos e a mão de obra necessários para lançar, adensar e proceder o acabamento das estruturas constam nas composições de lançamento do concreto usinado.

2.4.3. Central Dosadora e Misturadora

Para que haja viabilidade de sua instalação na obra, o volume de concreto a ser confeccionado pelas centrais dosadoras e misturadoras deve ser elevado em relação ao cronograma de execução da obra. No âmbito das obras de infraestrutura de transportes, essas centrais são geralmente utilizadas em serviços relacionados à construção de pavimento rígido de concreto de cimento Portland.

Este equipamento, além de proceder a dosagem dos insumos, realiza a mistura dos materiais, preparando o concreto para o transporte e a devida aplicação na obra.

2.5. Confeção dos Concretos

2.5.1. Concreto Executado em Betoneira - $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Face a sua aplicação, o concreto com resistência característica a compressão de 20 MPa possui particularidades em seu processo de confecção em betoneiras.

No início das atividades, os carrinhos de mão adaptados são dimensionados em função do traço determinado em projeto, utilizando a balança para aferição da massa dos materiais. Esse procedimento deve ser repetido quando houver alteração significativa da umidade da areia, ou a critério do técnico responsável pela obra, com a frequência que julgar necessária.

No que tange à frente de serviço onde o concreto é produzido, o SICRO adotou as mesmas premissas do Sicro 2, ou seja, tanto os insumos, quanto o ponto de aplicação do concreto, se localizam a 15 metros da betoneira no mesmo plano horizontal.

Os materiais são transportados da área de depósito até a betoneira por meio de carrinhos de mão e o concreto pronto em gericas.

Para determinação da produção horária da betoneira nos serviços de confecção de concreto, torna-se necessária a definição de alguns parâmetros, conforme detalhamento apresentado abaixo:

- Traço do concreto de resistência característica a compressão de 20 MPa, na “Condição A”, definido em 313,5 kg de cimento, 0,61586 m³ de areia e 0,73508 m³ de brita para produzir 1,0 m³ de concreto;
- Capacidade de mistura de 0,4 m³ (dados do fabricante);
- Capacidade do carrinho de mão utilizado para carregar os insumos na caçamba da betoneira de 0,080 m³ (120 kg);
- Tempo para descarga dos insumos na caçamba da betoneira de 10 segundos para cada carrinho de mão;
- Tempo para caçamba descarregar os insumos no tambor da betoneira e retornar à posição inicial de 25 segundos;
- Tempo de mistura de 2 minutos;
- Tempo de descarga do concreto nas gericas de 15 segundos;
- Capacidade de carga da gerica utilizada para transportar o concreto até o ponto de aplicação de 0,180 m³ (350 kg).

De posse dos parâmetros acima apresentados, o primeiro objetivo consiste na determinação do tempo de ciclo para uma betonada de concreto.

Consoante informação do fabricante a respeito da capacidade de mistura do equipamento, torna-se possível determinar a quantidade de material para confecção de uma betonada. De acordo com o traço, para se produzir 0,4 m³ de concreto são necessários 125,40 kg de cimento, 0,24634 m³ de areia e 0,29403 m³ de brita.

A definição dos consumos é fundamental para o cálculo da quantidade de carrinhos de mão necessários para transportar os insumos da área de depósitos até a betoneira.

Em função da capacidade e dos consumos de materiais, torna-se possível determinar a quantidade de carrinhos de mão necessários ao transporte dos insumos para confecção de uma betonada, a saber:

- 2 carrinhos para o transporte do cimento ($125,40 \text{ kg} / 50 \text{ kg} \cong 2,5$ sacos);
- 3 carrinhos para areia ($0,24634 \text{ m}^3 / 0,08 \text{ m}^3$);
- 4 carrinhos para brita ($0,29403 \text{ m}^3 / 0,08 \text{ m}^3$).

Após o carregamento dos insumos, estes são transportados até a betoneira e descarregados em sua caçamba.

O primeiro material a ser colocado na caçamba da betoneira é a brita, cujo tempo de descarga é aproximadamente de 40 s ($4 \times 10 \text{ s}$). Na sequência o cimento é descarregado com tempo de 20 s ($2 \times 10 \text{ s}$). O último insumo a ser descarregado é a areia, com tempo aproximado de 30 s ($3 \times 10 \text{ s}$). Somando todos os tempos, obtém-se 90 segundos para descarga dos insumos na caçamba da betoneira.

Para descarga dos materiais no tambor da betoneira são necessárias 3 operações de elevação da caçamba, uma para cada insumo (brita, cimento e areia), o que totaliza aproximadamente 75 segundos ($3 \times 25 \text{ s}$).

A dosagem da água de amassamento é realizada simultaneamente durante o processo de carregamento e mistura dos insumos, sendo adicionada 50% do volume quando a brita é descarregada e o restante após o carregamento da areia.

Concluído o processo de mistura, o concreto é descarregado em gericas para o transporte até o ponto de aplicação. A gerica adotada como referência tem capacidade nominal de 180 litros e restrição de carga de 350 kg. Em virtude de 180 litros de concreto corresponder a aproximadamente a 432 kg, considerando a massa específica de 2.400 kg/m^3 , ultrapassa-se a capacidade de carga da gerica.

Dessa forma, em virtude da restrição do equipamento, considera-se 350 kg como sua capacidade de carga, o que resulta na necessidade de 3 gericas ($0,4 \text{ m}^3 \times 2.400 \text{ kg/m}^3 / 350 \text{ kg}$) para descarga de uma betonada de concreto, cujo tempo gasto é de aproximadamente 45 s ($3 \times 15 \text{ s}$).

Somando-se os tempos obtidos para os procedimentos de carga e descarga de materiais, obtém-se 210 segundos ($90 \text{ s} + 75 \text{ s} + 45 \text{ s}$), o que corresponde a 3,5 min.

Aos tempos de carga e descarga dos materiais, deve ainda ser adicionado o tempo relativo ao processo de mistura, o que resulta em um tempo total de ciclo de 5,5 min ($3,5 \text{ min} + 2 \text{ min}$).

Diante dos parâmetros definidos, torna-se possível o cálculo da produção horária da betoneira por meio da expressão matemática apresentada abaixo:

$$P = \frac{(b \times F_e \times 60)}{T}$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em m³/h;

b representa a capacidade de mistura da betoneira = 0,400 m³;

F_e representa o fator de eficiência = 0,83;

T representa o tempo total do ciclo = 5,5 min.

$$P = \frac{(0,400 \times 0,83 \times 60)}{5,5} = 3,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para o cálculo da produção do carrinho de mão nos serviços de confecção de concreto torna-se necessária a definição dos seguintes parâmetros:

- Capacidade de carga de 0,080 m³ (120 kg);
- Carregamento do carrinho de mão efetuado por 2 serventes que utilizam uma pá com capacidade de 8 kg, com tempo de carga definido em 8 segundos, ou seja, com uma taxa de carregamento de 1 kg/s;
- Velocidade de transporte:
 - Ida = 1.000 m/h = 16,67 m/min;
 - Retorno = 1.500 m/h = 25 m/min.
- Tempo para descarga dos insumos na caçamba da betoneira de 10 segundos para cada carrinho de mão;
- Massa específica solta para areia e brita de 1.500,0 kg/m³;
- Massa específica do cimento em sacos de 1.400,0 kg/m³.

O processo se inicia com o carregamento do carrinho de mão. Em função da taxa de carregamento, da quantidade de serventes, da capacidade de carga e da massa específica solta para os agregados areia e brita, define-se o tempo necessário para se carregar um carrinho de mão em 60 segundos (2 serventes x 1 kg/s x 0,08 m³ x 1.500 kg/m³), o que equivale a 1 minuto.

Considerando as velocidades referenciais do carrinho de mão e a distância percorrida, o tempo de ida e de retorno são respectivamente 0,9 minutos (15 m / 16,67 m/min) e 0,6 minutos (15 m / 25 m/min).

O tempo de descarga do carrinho de mão foi definido em 10 segundos (0,17 min).

Somando-se os valores de carga, transporte e descarga, determina-se o tempo total de ciclo do carrinho de mão, a saber: 1,0 + 0,9 + 0,6 + 0,17 = 2,67 min.

A produção do carrinho de mão no serviço de confecção de concreto em betoneiras pode ser obtida por meio da aplicação da expressão matemática abaixo:

$$P = \frac{(b \times F_e \times 60)}{(T \times F_{cv})}$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em m³/h;

b representa a capacidade do carrinho de mão = 0,080 m³;

F_e representa o fator de eficiência = 0,83;

F_{cv} representa o fator de conversão = 0,61586 + 0,73508 + 313,50229 / 1.400 = 1,57487 (os valores representam os consumos de areia, brita e cimento para confecção de 1,0 m³ de concreto);

T representa o tempo total do ciclo = 2,67 min.

$$P = \frac{(0,08 \times 0,83 \times 60)}{(2,67 \times 1,57487)} = 0,95 \text{ m}^3/\text{h}$$

O transporte do concreto pronto é realizado em gericas, cujo cálculo da produção necessita dos seguintes parâmetros:

- Capacidade de carga de 350,0 kg (0,14583 m³);
- Tempo de carregamento de 15 segundos;
- Velocidade de transporte:
 - Ida = 1.000 m/h = 16,67 m/min;
 - Retorno = 1.500 m/h = 25 m/min.
- Tempo de lançamento do concreto de 30 segundos;
- Massa específica do concreto: 2.400,0 kg/m³.

O ciclo do serviço inicia-se com a descarga do material na gerica, cujo tempo previsto é de 15 segundos (0,25 min).

Em função das velocidades referenciais da gerica e da distância percorrida, o tempo de ida e de retorno da gerica é estimado em respectivamente 0,9 minutos (15 m / 16,67 m/min) e 0,6 minutos (15 m / 25 m/min).

O tempo estimado de lançamento do concreto no ponto de aplicação é de 30 segundos (0,5 min).

Somando-se os valores obtidos, determina-se o tempo de ciclo para transporte e lançamento do concreto, a saber: 0,25 + 0,9 + 0,6 + 0,5 = 2,25 min.

A produção da gerica nos serviços de confecção de concreto em betoneiras pode ser obtida por meio da aplicação da expressão matemática abaixo:

$$P = \frac{(b \times F_e \times 60)}{(T \times F_{cv})}$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em m³/h;

b representa a capacidade da gerica = 350,0 kg;

F_e representa o fator de eficiência = 0,83;

F_{cv} representa o fator de conversão = 2.400,0 (massa específica do concreto);

T representa o tempo total do ciclo = 2,25 min.

$$P = \frac{(350 \times 0,83 \times 60)}{(2,25 \times 2.400)} = 3,23 \text{ m}^3/\text{h}$$

Relacionando-se as produções dos equipamentos com a da betoneira, determina-se a quantidade necessária para atender à produção horária de concreto.

Dessa forma, para atender à produção horária da betoneira, necessitam-se de 4 carrinhos de mão (3,62 / 0,95).

Particularmente para gerica, a relação entre sua produção e a da betoneira acarretaria em um sub-dimensionamento para atender à demanda da betoneira (3,62 / 3,23 = 1,12), visto que para o início de um novo ciclo de confecção é necessário que todo concreto produzido seja descarregado.

Neste sentido, para dimensionar a quantidade de gericas necessárias, relaciona-se o volume de concreto produzido em uma betonada com a capacidade da gerica, obtendo-se 3 unidades do equipamento (0,4 m³ / 0,14583 m³).

Em função dos procedimentos adotados para confecção do concreto, da quantidade de equipamentos e do seu lançamento no ponto de aplicação, dimensiona-se a mão de obra envolvida na atividade.

No processo de carga dos insumos no carrinho de mão, conforme mencionado anteriormente, foram previstos os trabalhos de 2 serventes. Para condução desses materiais até a betoneira são necessários 4 carrinhos de mão, o que resulta em mais 4 serventes associados a estas operações. Esses mesmos serventes descarregam o material na caçamba da betoneira.

O custo referente à mão de obra que opera a betoneira já se encontra diretamente incluído nos custos horários do equipamento.

Após a produção do concreto, o mesmo é descarregado nas 3 gericas, as quais tem associados 3 serventes para sua condução até o ponto de lançamento.

Para proceder o lançamento do concreto e o arremate dos dispositivos estruturais foi previsto 1 pedreiro e 1 servente para auxiliá-lo nas respectivas atividades.

De acordo com o dimensionamento realizado, para confecção e lançamento manual do concreto de resistência característica a compressão de 20 MPa produzido em betoneira são necessários 1 pedreiro e 10 serventes.

Os equipamentos relacionados ao serviço de confecção de concreto são: 1 betoneira, 1 balança (utilizada conforme descrição no início do item, sendo 1 hora por jornada diária de trabalho para dimensionamento e ajuste dos carrinhos de mão adaptados), 4 carrinhos de mão e 3 gericas.

2.5.2. Concreto Executado em Betoneira - f_{ck} = 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa e 40 MPa

Na metodologia definida no SICRO, os concretos de resistência característica a compressão de 25, 30, 35 e 40 MPa possuem função exclusivamente estrutural. Consequentemente, necessita-se de um controle rígido em sua produção de forma a se obter as características previstas em projeto.

Preferencialmente, os concretos estruturais são confeccionados em centrais dosadoras e/ou misturadoras. Entretanto, não são raras as situações em que as betoneiras sejam utilizadas para sua produção.

Em função do controle tecnológico, a produção horária das betoneiras se torna baixa para a confecção de concretos estruturais, elevando os custos associados a atividade.

Dessa forma, o SICRO recomenda que sejam realizados estudos de viabilidade técnico-econômica para adoção do método de confecção dos concretos estruturais, considerando não apenas os custos unitários do concreto, mas também aqueles relacionados às instalações industriais e às mobilizações dos equipamentos.

Referente à frente de serviço onde o concreto é produzido, as premissas são as mesmas adotadas no item anterior deste volume do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes, onde tanto os insumos, quanto o ponto de aplicação do concreto, se localizam a 15 metros da betoneira, ambos no mesmo plano horizontal.

Os materiais necessários à confecção dos concretos são transportados da área de depósito até a betoneira por meio de carrinhos de mão e o concreto pronto em gericas.

Nos concretos estruturais, os insumos utilizados em sua confecção devem ser medidos em massa, ou seja, todo carrinho de mão deve ser pesado para proporcionar a correta dosagem do traço previsto em projeto. Como as medidas são realizadas em massa, os carrinhos não precisam sofrer adaptações.

O traço utilizado como referência para demonstração dos cálculos de produtividade foi o do concreto com resistência característica a compressão de 25 MPa, na "Condição A", definido em 350,34479 kg de cimento, 0,59446 m³ de areia e 0,73508 m³ de brita para produzir 1,0 m³ de concreto.

Consoante informação do fabricante a respeito da capacidade de mistura do equipamento, torna-se possível determinar a quantidade de material para confecção de uma betonada. De acordo com o traço, para se produzir $0,4 \text{ m}^3$ de concreto são necessários $140,138 \text{ kg}$ de cimento, $0,23778 \text{ m}^3$ de areia e $0,29403 \text{ m}^3$ de brita.

Em função da capacidade e dos consumos de materiais, torna-se possível determinar a quantidade de carrinhos de mão necessários ao transporte dos insumos para confecção de uma betonada, a saber:

- 2 carrinhos para o transporte do cimento ($140,138 \text{ kg} / 50 \text{ kg} \cong 2,8$ sacos);
- 3 carrinhos para areia ($0,23778 \text{ m}^3 / 0,08 \text{ m}^3$);
- 4 carrinhos para brita ($0,29403 \text{ m}^3 / 0,08 \text{ m}^3$).

Observa-se que a quantidade de carrinhos de mão a serem utilizados para a confecção do concreto $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ é exatamente a mesma do $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$, determinada no item anterior deste manual, o que acarreta em um mesmo tempo de ciclo para ambas as resistências características e resulta em uma produção horária similar da betoneira, ou seja, de $3,62 \text{ m}^3/\text{h}$.

Para o cálculo da produção do carrinho de mão nos serviços de confecção de concreto torna-se necessária a definição dos seguintes parâmetros:

- Capacidade de carga de $0,080 \text{ m}^3$ ($120,0 \text{ kg}$);
- Carregamento do carrinho de mão efetuado por 2 serventes utilizando uma pá com capacidade de 8 kg , com tempo de carga definido em 8 segundos, ou seja, com uma taxa de carregamento de 1 kg/s ;
- Tempo para posicionamento, pesagem e ajuste na carga dos carrinhos de mão de 30 segundos;
- Velocidade de transporte:
 - Ida = $1.000 \text{ m/h} = 16,67 \text{ m/min}$;
 - Retorno = $1.500 \text{ m/h} = 25 \text{ m/min}$.
- Tempo para descarga dos insumos na caçamba da betoneira de 10 segundos para cada carrinho de mão;
- Massa específica solta para areia e brita de $1.500,0 \text{ kg/m}^3$;
- Massa específica do cimento em sacos de $1.400,0 \text{ kg/m}^3$.

De acordo com a taxa de carregamento, com a quantidade de serventes, com a capacidade de carga e com a massa específica solta para areia e brita, o tempo para se carregar um carrinho de mão é de 60 segundos ($2 \text{ serventes} \times 1 \text{ kg/s} \times 0,08 \text{ m}^3 \times 1.500 \text{ kg/m}^3$), o que equivale a 1 minuto.

Para o posicionamento e pesagem necessita-se de 30 segundos ($0,5 \text{ min}$).

Considerando as velocidades referenciais do carrinho de mão e a distância percorrida, o tempo de ida e de retorno é estimado em respectivamente 0,9 minutos (15 m / 16,67 m/min) e 0,6 minutos (15 m / 25 m/min).

O tempo de descarga do carrinho de mão foi definido em 10 segundos (0,17 min).

Somando-se os valores de carga, transporte e descarga, determina-se o tempo de ciclo do carrinho de mão, a saber: $1,0 + 0,5 + 0,9 + 0,6 + 0,17 = 3,17$ min.

A produção do carrinho de mão no serviço de confecção de concreto em betoneiras pode ser obtida por meio da aplicação da expressão matemática abaixo:

$$P = \frac{(b \times F_e \times 60)}{(T \times F_{cv})}$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em m³/h;

b representa a capacidade do carrinho de mão = 0,080 m³;

F_e representa o fator de eficiência = 0,83;

F_{cv} representa o fator de conversão = $0,59446 + 0,73508 + 350,34479/1.400 = 1,57979$ (os valores representam os consumos de areia, brita e cimento para confecção de 1,0 m³ de concreto);

T representa o tempo total do ciclo = 3,17 min.

$$P = \frac{(0,08 \times 0,83 \times 60)}{(3,17 \times 1,57979)} = 0,80 \text{ m}^3/\text{h}$$

Consoante à betoneira, as gericas possuem a mesma produção horária do item anterior, correspondendo a 3,23 m³/h.

Relacionando-se a produção do carrinho de mão com a da betoneira, determina-se a quantidade necessária para atender à produção horária de concreto, obtendo-se 5 carrinhos de mão ($3,62 / 0,8$).

Para o transporte do concreto pronto utilizam-se 3 gericas ($0,4 \text{ m}^3 / 0,14583 \text{ m}^3$).

A mão de obra associada ao serviço consiste em 2 serventes para o carregamento dos insumos no carrinho de mão, 1 servente junto a balança, 5 serventes no transporte dos insumos até a betoneira, 3 serventes no transporte do concreto, 1 pedreiro no lançamento e arremate dos dispositivos e 1 servente para auxiliá-lo.

De acordo com o dimensionamento realizado, para confecção e lançamento manual do concreto de resistência característica a compressão de 20, 30, 35 e 40 MPa produzido em betoneira são necessários 1 pedreiro e 12 serventes.

Os equipamentos relacionados ao serviço são 1 betoneira, 1 balança, 5 carrinhos de mão e 3 gericas.

2.5.3. Concreto Executado em Central Dosadora de 30 m³/h

Esta central de concreto é dotada de compartimentos individuais para carga de agregados e cimento. O abastecimento da areia e da brita é realizado por meio de uma carregadeira de pneus, enquanto o cimento é abastecido manualmente, transportado por meio de gericas e percorrendo uma distância de 20 metros entre o depósito e a central dosadora.

A produção da central de concreto pode ser definida em função da expressão matemática apresentada abaixo:

$$P = b \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em m³/h;

b representa a capacidade nominal da central de concreto, segundo dados do fabricante = 30 m³/h;

F_e representa o fator de eficiência = 0,83.

$$P = 30 \times 0,83 = 24,90 \text{ m}^3/\text{h}$$

O transporte do cimento é realizado em gericas, cujo cálculo da produção necessita dos seguintes parâmetros:

- Dosagem de cimento para confecção de 1,0 m³ de concreto fck = 30 MPa bombeável de 381,05672 kg;
- Capacidade de carga da gerica de 350,0 kg;
- Tempo de carga e descarga por saco de cimento de 10 segundos;
- Velocidade de transporte:
 - Ida = 1.000 m/h = 16,67 m/min;
 - Retorno = 1.500 m/h = 25 m/min.

O ciclo inicia-se com o carregamento dos sacos de cimento diretamente na gerica. De acordo com sua capacidade de carga, a gerica poderia carregar até 7 sacos de cimento (350 kg / 50 kg) por viagem. Entretanto, em função do volume dos sacos de cimento exceder os limites do compartimento da gerica, considera-se o transporte de apenas 5 sacos de cimento por viagem.

Como os tempos de carga e descarga dos sacos de cimento são os mesmos, estes procedimentos são realizados em 100 segundos (2 x 5 sacos x 10 s), o que corresponde a 1,67 minutos. A partir das velocidades referenciais da gerica e da distância percorrida, o tempo de ida e de retorno são respectivamente 1,2 min (20 m / 16,67 m/min) e 0,8 min (20 m / 25 m/min).

Somando-se os valores obtidos, determina-se o tempo total de ciclo para o transporte do cimento em gericas, a saber: $1,67 + 1,2 + 0,8 = 3,67$ min.

A produção da gérica nos serviços de confecção de concreto em betoneiras pode ser obtida por meio da aplicação da expressão matemática abaixo.

$$P = \frac{(b \times F_e \times F_{ca} \times 60)}{(T \times F_{cv})}$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em m³/h;

b representa a capacidade da gérica = 350,0 kg;

F_e representa o fator de eficiência = 0,83;

F_{ca} representa o fator de carga = 250 kg / 350 kg = 0,71 (250 kg e 350 kg representam respectivamente a massa transportada e a capacidade de carga da gérica);

F_{cv} representa o fator de conversão = 381,05672 (quantidade de cimento utilizado na confecção de 1,0 m³ do concreto referencial);

T representa o tempo total do ciclo = 3,67 min.

$$P = \frac{(350 \times 0,83 \times 0,71 \times 60)}{(3,67 \times 381,05672)} = 8,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

Relacionando-se a produção da gérica com a da central dosadora, torna-se possível determinar a quantidade de equipamentos para atender à produção de concreto, obtendo-se 3 gericas (24,90 / 8,85) e consequentemente 3 serventes para conduzi-las.

Além da mão de obra responsável pelo transporte do insumo, torna-se necessário prever 1 servente associado ao abastecimento de cimento na central dosadora.

De acordo com o dimensionamento realizado, para usinagem do concreto em central dosadora de 30 m³/h são necessários 4 serventes. A mão de obra de operação da central dosadora encontra-se incluída nos custos horários do equipamento.

Os equipamentos relacionados ao serviço são 1 central dosadora de 30 m³/h, 1 pá carregadeira, 1 grupo gerador e 3 gericas.

Os serviços associados ao lançamento do concreto usinado serão tratados em tópico específico desse volume do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes.

2.5.4. Concreto Executado em Central Dosadora Fixa de 40 m³/h

De forma similar ao equipamento descrito no item anterior, a central dosadora de 40 m³/h é dotada de compartimentos individuais para carga de agregados e cimento. O abastecimento da areia e brita é realizado por meio de uma carregadeira de pneus. Entretanto, o cimento é adquirido a granel, sendo armazenado em silos e com abastecimento sendo realizado por meio de caminhões com carreta silo.

A produção da central de concreto pode ser obtida em função da expressão matemática apresentada abaixo:

$$P = b \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em m³/h;

b representa a capacidade nominal da central de concreto = 40 m³/h;

F_e representa o fator de eficiência = 0,83.

$$P = 40 \times 0,83 = 33,20 \text{ m}^3/\text{h}$$

Os procedimentos para carregamento dos insumos e suas respectivas dosagens nesta central de concreto são totalmente mecanizados. Dessa forma, é previsto apenas 1 servente para exercer atividades auxiliares na usinagem do concreto em central dosadora de 40 m³/h.

Os equipamentos relacionados ao serviço são 1 central dosadora fixa de 40 m³/h com silo para armazenagem de cimento, 1 pá carregadeira e 1 grupo gerador.

2.5.5. Concreto Executado em Central Dosadora e Misturadora de 150 m³/h

Em empreendimentos de infraestrutura de transportes, as centrais dosadoras e misturadoras de concreto são utilizadas em atividades que envolvem serviços para pavimento rígido de concreto.

Face a alta produtividade desta central dosadora e misturadora, as obras devem apresentar a necessidade de confecção de alto volume de concreto, inviabilizando sua utilização em empreendimentos de menor porte.

A produção da central de concreto pode ser obtida em função da expressão matemática apresentada abaixo:

$$P = b \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em m³/h;

b representa a capacidade nominal da central de concreto = 150 m³/h;

F_e representa o fator de eficiência = 0,83.

$$P = 150 \times 0,83 = 124,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para o transporte do concreto até o ponto de lançamento considerou-se a utilização de caminhões basculantes com capacidade de 6 m³.

Em virtude de sua utilização mostrar-se normalmente vinculada a serviços de pavimentação rodoviária, notadamente à execução de pavimentos rígidos, a central dosadora e misturadora de 150 m³/h foi abordada de maneira genérica neste volume do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes.

A descrição detalhada da central dosadora e misturadora de 150 m³/h, bem como das atividades auxiliares associadas à usinagem do concreto, constam do Conteúdo 2 do Volume 10 do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes intitulado "Pavimentação e Usinagem".

2.5.6. Concreto de Cimento Portland Adquirido Comercialmente

Em função do volume e das características do concreto a ser produzido, do prazo de execução dos serviços, da disponibilidade de insumos, de eventual inviabilidade para instalação das centrais, de restrições logísticas locais, entre outras situações e fatores, a decisão de se adquirir concreto comercial em empresas especializadas pode ser adotada como referência no orçamento, desde que técnica e economicamente justificada.

2.6. Lançamento do Concreto Usinado

No item anterior desse volume, foram apresentadas as formas de confecção de concreto contempladas pelo SICRO, sendo que apenas para a produção em betoneira a composição de custo contempla diretamente as atividades relativas ao lançamento, ao adensamento e ao acabamento do concreto.

Para os concretos executados em centrais dosadoras, confeccionados na obra ou adquiridos comercialmente, o processo de aplicação e de lançamento do concreto foi apropriado em composições de custo específicas, de forma a permitir a adequação do serviço à necessidade determinada em projeto.

O lançamento do concreto pode ser realizado de forma manual ou mecânica, sendo normalmente utilizados os seguintes equipamentos:

- Lançamento manual por gericas;
- Lançamento mecânico com bomba de concreto rebocável com capacidade de 30 m³/h - 74 kW;
- Lançamento mecânico com bomba de concreto rebocável com capacidade de 41 m³/h - 74 kW;
- Lançamento mecânico com bomba para concreto com lança sobre chassi com capacidade de 71 m³/h - 191 kW.

São utilizados vibradores de imersão para o adensamento do concreto, cujo transporte é realizado por meio de caminhões betoneira com capacidade de 15,2 t.

Para o lançamento de concretos autoadensáveis e submersos, bem como para a confecção de tubos de concreto e serviços que utilizem extrusoras, foram elaboradas composições de custos específicas para essa finalidade.

Face às características dos referidos concretos, não há necessidade de aplicação de quaisquer tipos de energia para proceder o adensamento. No caso dos conjuntos para fabricação de tubos e extrusoras, os equipamentos possuem mecanismos vibratórios que realizam o adensamento do concreto nas próprias formas.

Dessa forma, as composições de custos para lançamento destes concretos não preveem a utilização de vibradores de imersão, nem tampouco da mão de obra associada, para proceder o seu adensamento.

2.6.1. Lançamento Manual de Concreto com Gericas - Central Dosadora de 30 m³/h

A produção do serviço de lançamento do concreto encontra-se diretamente condicionada à produção das centrais dosadoras. Dessa forma, foram desenvolvidas composições de custos específicas de lançamento para cada central de concreto.

Em respeito a esta premissa, a produção horária do serviço de “Lançamento manual de concreto com gericas - Central dosadora de 30 m³/h” deve ser exatamente a mesma do equipamento responsável pela confecção do contrato.

Conforme determinado em itens anteriores deste volume do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes, a produção horária desta central dosadora é de 24,90 m³/h e a da gericas é de 3,23 m³/h.

Dos valores acima apresentados, observa-se que para atender à produção da central dosadora de 30 m³/h são necessárias 8 gericas (24,90 / 3,23) e conseqüentemente 8 serventes para conduzi-las.

Para o lançamento e arremate do concreto considerou-se 1 pedreiro e 3 serventes para auxiliá-lo nas atividades relacionadas ao serviço.

De acordo com o dimensionamento proposto, são necessários 1 pedreiro e 11 serventes para a realização do lançamento manual do concreto com gericas para a central dosadora de 30 m³/h.

Os equipamentos relacionados ao serviço são 8 gericas.

2.6.2. Lançamento Manual de Concreto com Gericas - Central Dosadora de 40 m³/h

De forma similar ao item anterior, a produção horária do serviço de “Lançamento manual de concreto com gericas - Central dosadora fixa de 40 m³/h” deve ser exatamente a mesma do equipamento responsável pela confecção do contrato, ou seja, 33,20 m³/h.

Para atender à produção horária da central dosadora fixa de 40 m³/h, são necessárias 11 gericas (33,20 / 3,23) e conseqüentemente 11 serventes para conduzi-las.

A composição de custo do serviço de lançamento do concreto considerou ainda 1 pedreiro responsável pelo arremate da estrutura e 3 serventes para auxiliá-lo nas atividades relacionadas ao serviço.

De acordo com o dimensionamento proposto, são necessários 1 pedreiro e 14 serventes para a realização do lançamento manual do concreto com gericas para a central dosadora fixa de 40 m³/h.

Os equipamentos relacionados ao serviço são 11 gericas.

2.6.3. Lançamento Mecânico de Concreto com Bombas Rebocáveis com Capacidades de 30 e 41 m³/h

A diferença de vazão entre as bombas rebocáveis propostas nas composições de custos do SICRO não acarreta em variações significativas na quantidade de mão de obra envolvida no serviço de lançamento do concreto.

Dessa forma, as composições de custos para os serviços de “Lançamento mecânico de concreto com bomba rebocável de 30 m³/h” e “Lançamento mecânico de concreto com bomba rebocável de 41 m³/h” apresentam o mesmo consumo de mão de obra e de equipamentos auxiliares.

Para a operação do mangote e para estabilização da mangueira conectada a bomba considerou-se a necessidade de 4 serventes.

A composição de custo do serviço de lançamento do concreto considerou ainda 1 pedreiro arremate da estrutura e 3 serventes para auxiliá-lo nas atividades relacionadas ao serviço.

De acordo com o dimensionamento proposto, são necessários 1 pedreiro, 7 serventes, e 1 bomba rebocável (30 ou 41 m³/h) para a realização do lançamento mecânico do concreto nestas condições.

2.6.4. Lançamento Mecânico de Concreto com Bomba Lança Sobre Chassi com Capacidade de 71 m³/h

Em virtude das características do equipamento, quando comparado às bombas rebocáveis anteriormente detalhadas, observa-se uma necessidade menor de mão de obra para a realização do serviço de “Lançamento mecânico de concreto com bomba com lança sobre chassi com capacidade de 71 m³/h”.

A composição de custo do serviço considerou 1 servente associado à operação do mangote, 1 pedreiro arremate da estrutura e 3 serventes para auxiliá-lo nas atividades relacionadas ao serviço.

De acordo com o dimensionamento proposto, são necessários 1 pedreiro, 4 serventes, e 1 bomba com lança sobre chassi para realização do lançamento mecânico do concreto nestas condições.

2.7. Adensamento do Concreto

O normativo vigente exige que seja aplicada energia para o adensamento do concreto, com objetivo de eliminar os possíveis vazios formados no processo de lançamento e garantir que o mesmo atinja a resistência característica prevista em projeto.

Face a essa recomendação normativa, foi elaborada uma composição de custo específica para realização do adensamento do concreto, onde é previsto 1 pedreiro para operação do vibrador de imersão e 1 servente para auxiliá-lo.

Importante destacar que determinados serviços onde é aplicado o concreto não se faz necessário seu adensamento. Tais situações ocorrem na confecção de elementos não estruturais, dispositivos produzidos em fôrmas vibratórias e extrusoras, ou pela própria utilização de concretos autoadensáveis. Em virtude disso, as atividades de lançamento e adensamento foram dissociadas, de forma a não remunerar em duplicidade o adensamento do concreto.

2.8. Tipos de Concreto

O SICRO disponibiliza composições de custos para confecção e lançamento de concreto, classificadas de acordo com a resistência, com a finalidade de aplicação, com a forma de produção e com as características dos agregados.

A dosagem dos concretos foi realizada de maneira empírica, a partir de método desenvolvido pela Fundação Getúlio Vargas - FGV, responsável pela revisão do Sistema de Custos Referenciais de Obras - SICRO.

Em virtude da restrição normativa acerca da quantidade mínima de cimento utilizado em dosagens empíricas (300 kg/m³), os concretos com resistências características inferiores a 20 MPa foram excluídos da relação de serviços do SICRO. Considerando o consumo mínimo de cimento definido em norma, só se mostra possível a obtenção de traços que resultem em resistências iguais ou superiores a 20 MPa.

Dessa forma, os concretos com resistência característica a compressão de 12, 15 e 18 MPa foram substituídos pelo $f_{ck} = 20$ MPa, na “Condição A” de preparo.

Importante ressaltar que os traços de concreto constantes do SICRO têm por objetivo apenas formar custos de referência, não eximindo a responsabilidade técnica prevista em norma dos entes envolvidos na elaboração de projetos, onde é expressa claramente a exigência de se proceder a dosagem racional e experimental para cada empreendimento especificamente.

Além das premissas descritas anteriormente, foram adotados os seguintes parâmetros para elaboração das composições de custos de concreto do SICRO:

- Perda de 5% para os materiais utilizados nos concretos executados na obra (betoneira ou central);
- Areia na obra com 5% de umidade.

2.8.1. Concreto Magro

O concreto magro não apresenta função estrutural e é normalmente utilizado para confecção e regularização de lastros.

O SICRO disponibiliza composições de custos para o serviço de concreto magro, considerando a confecção com agregados comerciais e produzidos, bem como o lançamento manual do concreto.

A Tabela 02 apresenta o traço referencial proposto na composição de custo do SICRO para o concreto magro.

Tabela 02 - Traço referencial do concreto magro

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita 2 (m³)
Concreto magro	200,00	0,71000	0,74000

2.8.2. Concreto fck = 20 MPa - Confecção em Betoneira

O SICRO disponibiliza composições de custos para o serviço de concreto com resistência característica a compressão de 20 MPa, considerando a confecção com agregados comerciais e produzidos, bem como o lançamento manual do concreto.

A Tabela 03 apresenta o traço referencial proposto na composição de custo do SICRO para o concreto com resistência característica a compressão de 20 MPa.

Tabela 03 - Traço referencial do concreto fck = 20 MPa

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita (m³)	Diâmetro Máximo do Agregado (mm)
Concreto fck = 20 MPa	313,50229	0,61586	0,73508	25,0

2.8.3. Concreto Ciclópico

O concreto ciclópico é formado pela mistura entre concreto fck = 20 MPa e pedras de mão, as quais são lançadas manualmente sobre a massa, ocupando até 40% do volume total do elemento a ser construído.

O SICRO disponibiliza composições de custos para o serviço de concreto ciclópico, considerando a confecção com agregados comerciais e produzidos, bem como o lançamento manual do concreto.

O concreto de resistência característica a compressão de 20 MPa adotado na composição de custo do concreto ciclópico é confeccionado em betoneira.

A Tabela 04 apresenta o traço referencial proposto na composição de custo do SICRO para o concreto ciclópico.

Tabela 04 - Traço referencial do concreto ciclópico

Descrição	Concreto fck = 20 MPa (m³)	Pedra de Mão (m³)
Concreto ciclópico	0,60000	0,71033

2.8.4. Concretos Estruturais de fck 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa e 40 MPa - Confeção em Betoneira

O SICRO disponibiliza composições de custos para o serviço de concretos estruturais com resistências características a compressão de 25, 30, 35 e 40 MPa, considerando a confecção com agregados comerciais e produzidos, bem como o lançamento manual do concreto.

A Tabela 05 apresenta os traços referenciais propostos nas composições de custos do SICRO para os concretos estruturais confeccionados em betoneira.

Tabela 05 - Traços referenciais dos concretos estruturais confeccionados em betoneira

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita (m³)	Diâmetro Máximo Agregado (mm)	Aditivo Plastificante e Retardador tipo Plastiment ou Similar (kg)
Concreto fck = 25 MPa	350,34479	0,59446	0,73508	25,0	-
Concreto fck = 30 MPa	391,51700	0,57056	0,73508	25,0	1,17455
Concreto fck = 35 MPa	437,52770	0,54384	0,73508	25,0	1,31258
Concreto fck = 40 MPa	488,94555	0,51399	0,73508	25,0	1,46684

Para fabricação dos mourões pré-moldados, em função das dimensões do dispositivo, existem restrições acerca do diâmetro do agregado a ser utilizado para confecção do concreto. Dessa forma há a necessidade de uma dosagem específica do concreto para construção dos mourões, cujo diâmetro máximo do agregado é de 19 mm para o traço proposto, conforme apresentado na Tabela 06.

Tabela 06 - Traço referencial do concreto para pré-moldados (mourões)

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita (m³)
Concreto fck = 25 MPa	366,92977	0,61488	0,68813

2.8.5. Concretos Usinados Convencionais de fck = 20 MPa, 25 MPa e 30 MPa - Confeccionados em Centrais Dosadoras

O SICRO disponibiliza composições de custos para o serviço de concretos usinados convencionais, considerando a confecção com agregados comerciais e produzidos. O lançamento destes concretos é apropriado em composições de custos específicas.

A Tabela 07 apresenta os traços referenciais propostos nas composições de custos do SICRO para os concretos usinados convencionais.

Tabela 07 - Traços referenciais dos concretos usinados convencionais

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita (m³)	Aditivo Plastificante e Retardador tipo Plastiment ou Similar (kg)
Concreto fck = 20 MPa	291,33487	0,62873	0,73508	0,87400
Concreto fck = 25 MPa	325,57227	0,60885	0,73508	0,97672
Concreto fck = 30 MPa	363,83322	0,58663	0,73508	1,09150

2.8.6. Concretos Usinados para Bombeamento fck = 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa e 40 MPa - Confeccionados em Centrais Dosadoras

O SICRO disponibiliza composições de custos para o serviço de concretos usinados para bombeamento, considerando agregados comerciais e produzidos. O lançamento destes concretos é apropriado em composições de custos específicas.

A Tabela 08 apresenta os traços referenciais propostos nas composições de custos do SICRO para os concretos usinados para bombeamento.

Tabela 08 - Traços referenciais dos concretos usinados para bombeamento

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita (m³)	Aditivo Plastificante e Retardador tipo Plastiment ou Similar (kg)
Concreto fck = 25 MPa	340,98454	0,62995	0,68813	1,36394
Concreto fck = 30 MPa	381,05672	0,60668	0,68813	1,52423
Concreto fck = 35 MPa	425,83815	0,58068	0,68813	1,70335
Concreto fck = 40 MPa	475,88226	0,55162	0,68813	1,90353

2.8.7. Concretos Especiais

Consoante a aplicação de novos conceitos e metodologias e de inovações nos materiais e técnicas aplicadas a engenharia, o SICRO incorpora composições de custos referenciais para confecção de concretos especiais, cujas características visam atender a situações particulares em obras.

Conforme anteriormente discutido, apenas nas composições de custos para produção de concreto em betoneiras foi prevista a mão de obra para o lançamento e aplicação. Para os concretos confeccionados em centrais dosadoras são disponibilizadas composições de custos específicas para o lançamento.

Como premissa, para os concretos especiais com resistência característica a compressão de 20 MPa e com látex, foi adotada a sua confecção em betoneira, na “Condição A” de preparo, com lançamento sendo realizado de forma manual. Para os demais concretos especiais, foi prevista a confecção apenas em centrais dosadoras.

Importa novamente destacar que, em consonância às premissas de cálculo adotadas, a dosagem dos concretos das composições de custos do SICRO foi realizada apenas de maneira empírica, tendo por finalidade fornecer diretrizes para elaboração de orçamentos no âmbito de empreendimentos de infraestrutura de transportes.

Em que pese as referências adotadas no SICRO, é imprescindível que seja procedida a dosagem racional e experimental dos concretos estruturais para cada projeto e obra especificamente, conforme recomendação normativa vigente.

2.8.8. Concreto com Adição de Fibras

A incorporação de fibras tem por objetivo melhorar as características físicas das estruturas confeccionadas em concreto. O SICRO adota as fibras produzidas em aço ou nylon como referência em suas composições de custos.

As fibras de nylon têm a função de reduzir os efeitos da fissuração por retração do concreto. Já as fibras de aço têm a função de reforço, conferindo maior durabilidade aos elementos estruturais, aumentando sua resistência à tração e ao impacto, além de reduzir a abrasão.

O SICRO não disponibiliza composições de custos de concreto específicas prevendo a aplicação de fibras, embora estes insumos tenham seus preços pesquisados regularmente. Dessa forma, caso em um determinado projeto seja identificada a necessidade de aplicação de fibra, a projetista poderá adotar, como referência, a composição de custo do concreto que melhor se enquadre a sua demanda, adicionando o tipo de fibra e adequando os respectivos consumos dos materiais.

2.8.9. Concreto Autoadensável com Adição de Silicato de Alumínio

A adição de superplastificantes tem por objetivo permitir a redução da água de amassamento em até 40%, o que confere altas resistências e elevada plasticidade ao concreto, facilidade de bombeamento, homogeneidade e durabilidade à estrutura.

O concreto autoadensável apresenta a característica de fluir com facilidade dentro das fôrmas, passando pelas armaduras e preenchendo os espaços sob o efeito de seu próprio peso, sem a necessidade do uso de equipamento de vibração.

Este tipo de concreto é indicado principalmente para confecção de peças densamente armadas, estruturas pré-moldadas, formas em alto relevo, fachadas em concreto aparente, lajes, vigas, entre outros elementos estruturais.

A Tabela 09 apresenta o traço proposto na composição de custo do SICRO para o concreto autoadensável de resistência característica a compressão de 20 MPa, com confecção em betoneira, na “Condição A” de preparo e com lançamento manual.

Tabela 09 - Traço referencial do concreto autoadensável fck = 20 MPa

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita 0 (m³)	Brita 1 (m³)	Super Plastificante (l)	SiO ₂ + Al ₂ O ₃ (Metacaulim) (kg)
Concreto autoadensável fck = 20 MPa	327,68821	0,74668	0,28838	0,28838	1,80229	32,76882

O SICRO disponibiliza ainda composições de custos para concretos autoadensáveis de resistência característica a compressão de 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa, 40 MPa, 45 MPa e 50 MPa, considerando a confecção em centrais dosadoras, conforme traços referenciais apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Traços referenciais dos demais concretos autoadensáveis

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita (m³)	Diâmetro Máximo Agregado (mm)	Super Plastificante (l)	SiO ₂ + Al ₂ O ₃ (Metacaulim) (kg)	Aditivo Modificador de Viscosidade (kg)
Concreto autoadensável fck = 20 MPa	306,75905	0,76039	0,57676	9,5	1,68717	30,67590	-
Concreto autoadensável fck = 25 MPa	339,02118	0,73925	0,57676	9,5	1,86462	33,90212	-
Concreto autoadensável fck = 30 MPa	374,67634	0,71590	0,57676	9,5	2,06072	37,46763	-
Concreto autoadensável fck = 35 MPa	414,08140	0,69009	0,57676	9,5	2,27745	41,40814	-
Concreto autoadensável fck = 40 MPa	457,63072	0,66156	0,57676	9,5	2,51697	45,76307	-
Concreto autoadensável fck = 45 MPa	505,76016	0,63004	0,57676	9,5	2,78168	50,57602	-
Concreto autoadensável fck = 50 MPa	558,95142	0,59519	0,57676	9,5	3,07423	55,89514	1,22969

2.8.10. Concreto Submerso

Para aplicação em meio submerso, o concreto deve apresentar uma elevada plasticidade como característica. O concreto submerso é aplicado por meio de tubo tremonha (metálico ou PVC) e é normalmente utilizado em estacas, tubulões, barretes, estruturas submersas em água doce ou salgada, paredes diafragma, marinas, entre outros elementos estruturais.

O SICRO apresenta composições de custos para diferentes traços referenciais de concreto submerso, considerando a confecção em centrais dosadoras, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Traços referenciais dos concretos submersos

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita (m³)	Diâmetro Máximo Agregado (mm)	Aditivo Plastificante e Retardador tipo Plastiment ou Similar (kg)
Concreto fck = 20 MPa	420,00000	0,56270	0,64667	19,0	1,26000
Concreto fck = 25 MPa	420,00000	0,60196	0,62745	19,0	1,68000
Concreto fck = 30 MPa	420,00000	0,59891	0,64845	19,0	1,68000
Concreto fck = 35 MPa	420,00000	0,59350	0,66991	19,0	1,68000
Concreto fck = 40 MPa	420,00000	0,58567	0,69210	19,0	1,68000

Em consonância à recomendação normativa vigente, os concretos submersos devem apresentar obrigatoriamente um consumo mínimo de 400 kg de cimento por metro cúbico confeccionado.

2.8.11. Concreto com Microssílica

A microssílica é uma adição mineral que proporciona a redução da exsudação e da segregação do concreto, conferindo maior durabilidade e melhor acabamento das peças. O insumo é aplicado em concretos de alto desempenho onde ocorre a necessidade estrutural de elevadas resistências mecânicas, além de prover maior proteção contra processos químicos em situações de alta agressividade ambiental.

O SICRO disponibiliza composições de custos para concretos, com microssílica, de resistência característica a compressão de 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa, 40 MPa, 45 MPa e 50 MPa, considerando a confecção em centrais dosadoras, conforme traços referenciais apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Traços referenciais dos concretos com microssílica

Descrição		Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita (m³)	Diâmetro Máximo Agregado (mm)	Microssílica (kg)	Super Plastificante (l)
Concreto fck = 25 MPa	Microssílica 8%	273,92283	0,70750	0,68813	19,0	21,91383	1,36961
Concreto fck = 30 MPa	Microssílica 8%	280,45775	0,72152	0,68813	19,0	22,43662	1,40229
Concreto fck = 35 MPa	Microssílica 8%	313,41680	0,70023	0,68813	19,0	25,07335	1,56708
Concreto fck = 40 MPa	Microssílica 8%	350,24934	0,67643	0,68813	19,0	28,01995	1,75125
Concreto fck = 45 MPa	Microssílica 10%	382,90140	0,64907	0,68813	19,0	38,29014	1,91451
Concreto fck = 50 MPa	Microssílica 10%	427,89961	0,61926	0,68813	19,0	42,78996	2,13950

2.8.12. Concreto com Adição de Látex

A aplicação do aditivo látex ou SBR (Styrene Butadiene Rubber) proporciona ao concreto um aumento qualitativo em suas propriedades mecânicas, conferindo-lhe desempenho superior em relação aos concretos convencionais.

Dentre as principais características da adição de látex ao concreto, destacam-se:

- Ampliação das resistências à tração e à flexão;
- Minimização da fissuração;
- Redução da permeabilidade e capilaridade;
- Promove o aumento da coesão e da aderência inicial das argamassas;
- Permite reduzir as atividades de cura;
- Aumento da durabilidade.

A Tabela 13 apresenta os traços referenciais propostos nas composições de custos do SICRO para os concretos com adição de látex, com confecção em betoneira, na "Condição A" de preparo e com lançamento manual.

Tabela 13 - Traços referenciais dos concretos com adição de látex

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita (m³)	Diâmetro Máximo Agregado (mm)	Aditivo Plastificante e Retardador (kg)	Látex (l)
Concreto fck = 25 MPa	315,31031	0,65051	0,73508	25,0	0,94593	44,62856
Concreto fck = 30 MPa	352,36520	0,62899	0,73508	25,0	1,05710	44,62856

2.8.13. Concreto para Pavimento Rígido com Equipamento de Pequeno Porte

O SICRO apresenta uma composição de custo para o concreto com resistência característica à tração na flexão de 4,5 MPa, confeccionado em central dosadora de 30 m³/h. A referida composição de custo é utilizada no serviço de pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte.

A Tabela 14 apresenta o traço referencial proposto na composição de custo do SICRO para o concreto com resistência característica à tração na flexão de 4,5 MPa.

Tabela 14 - Traço do concreto com resistência característica à tração na flexão de 4,5 MPa

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita (m³)	Aditivo Plastificante e Retardador (kg)
Concreto fck = 25 MPa	425,83815	0,58068	0,68813	1,70335

2.9. Relação das Composições de Custos

O SICRO apresenta composições de custos para os seguintes serviços de confecção e lançamento de concreto:

- Concreto magro com materiais produzidos ou comerciais - confecção em betoneira e lançamento manual;
- Concreto fck = 20 MPa com materiais produzidos ou comerciais - confecção em betoneira e lançamento manual;
- Concreto ciclópico com materiais produzidos ou comerciais - confecção em betoneira e lançamento manual;
- Concreto estrutural fck = 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa e 40 MPa com materiais produzidos ou comerciais - confecção em betoneira e lançamento manual;
- Concreto estrutural fck = 25 MPa para pré-moldados (mourões) com materiais produzidos ou comerciais - confecção em betoneira e lançamento manual;
- Usinagem de concreto convencional fck 20 MPa, 25 MPa e 30 MPa - confecção em centrais dosadoras de 30 e 40 m³/h;
- Usinagem de concreto para bombeamento fck 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa e 40 MPa - confecção em centrais dosadoras de 30 e 40 m³/h;
- Lançamento manual de concreto usinado - confecção em centrais dosadoras de 30 e 40 m³/h;
- Lançamento mecânico de concreto usinado com bombas rebocáveis com capacidades de 30 e 41 m³/h;
- Lançamento mecânico de concreto usinado com bomba lança sobre chassi e capacidade de 71 m³/h;
- Lançamento mecânico de concreto usinado sem adensamento, com bombas rebocáveis com capacidades de 30 e 41 m³/h - confecção em centrais dosadoras de 30 e 40 m³/h;
- Adensamento do concreto por vibrador de imersão;
- Concreto autoadensável fck 20 MPa com materiais produzidos ou comerciais - confecção em betoneira e lançamento manual;
- Concreto autoadensável fck 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa, 40 MPa, 45 MPa e 50 MPa com materiais comerciais - confecção em central dosadora de 30 m³/h;
- Concreto submerso fck 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa e 40 MPa com materiais comerciais - confecção em central dosadora de 30 m³/h;
- Concreto com microssílica 8% fck 25 MPa, 30 MPa, 35 MPa e 40 MPa - com materiais comerciais - confecção em central dosadora de 30 m³/h;
- Concreto com microssílica 10% fck 45 MPa e 50 MPa - com materiais comerciais - confecção em central dosadora de 30 m³/h;
- Concreto com látex ou SBR fck 25 MPa e 30 MPa - com materiais produzidos ou comerciais - confecção em betoneira e lançamento manual;
- Concreto fctmk 4,5 MPa com materiais produzidos ou comerciais - confecção em central dosadora de 30 m³/h;

2.10. Critérios de Medição

A medição dos serviços de confecção e lançamento dos concretos deve ser realizada em função do volume lançado, em metro cúbico, e das dimensões dos elementos previstos em projeto. Quando não houver indicação em projeto, o volume de concreto deve ser medido em seu local de lançamento.

As composições de custos dos serviços preveem a remuneração dos materiais, da mão de obra e dos equipamentos associados à atividade.

3. CONCRETO PROJETADO

3. CONCRETO PROJETADO

3.1. Introdução

O concreto projetado consiste em uma mistura de cimento, areia, pedrisco, água e aditivos, a qual é impulsionada por ar comprimido em alta velocidade sobre a superfície de aplicação, proporcionando automaticamente sua compactação. A dimensão máxima característica do agregado na mistura não deve exceder 9,5 mm.

Os concretos projetados são utilizados em revestimentos de túneis, paredes, reforço estrutural e contenção de encostas. Na mistura, podem ser adicionadas ao traço microssílica, fibras de polietileno e/ou metálicas, entre outros componentes.

A execução dos serviços com concreto projetado encontra-se condicionada às diretrizes e recomendações constantes da norma NBR 14.026.

O processo de projeção do concreto é classificado de acordo com o equipamento empregado na realização do serviço. Os equipamentos determinam a condição de trabalho e as propriedades dos materiais.

O SICRO apresenta composições de custos para os dois tipos básicos de projeção, a saber: via seca e via úmida.

No processo de projeção por via seca, o cimento e agregados são conduzidos do mangote até o bico projetor sem a adição de água. Já no processo de projeção por via úmida, o concreto é confeccionado previamente, sendo lançado já misturado.

3.2. Equipamentos

As composições de custos dos serviços de concreto projetado do SICRO foram estruturadas em função dos seguintes equipamentos:

- Bomba para projeção de concreto via seca - recebe o concreto seco adequadamente misturado e o disponibiliza para aplicação;
- Bomba para projeção de concreto via úmida - os materiais, incluindo a água, são previamente misturados e introduzidos no equipamento de projeção;
- Compressor de ar acoplado à bomba de projeção que fornece ar comprimido em vazão e pressão corretas para conduzir o concreto até o local da aplicação.

3.2.1. Bomba para Projeção de Concreto Via Seca

O equipamento deve transportar a mistura seca (cimento, fibras, agregados, adições e aditivos) ao longo do mangote até o bico de projeção, de maneira contínua e uniforme, de modo a possibilitar projeções ininterruptas.

A máquina de projeção deve ser provida de manômetro para o controle das pressões do ar que desloca a mistura seca e da água no bico de projeção.

3.2.2. Bomba para Projeção de Concreto Via Úmida

No processo por via úmida, os insumos são misturados previamente, antes de serem introduzidos no equipamento de projeção.

De forma similar ao equipamento anteriormente descrito, o equipamento transporta a mistura ao longo do mangote até o bico de projeção continuamente e uniforme, possibilitando projeções ininterruptas.

O bico de projeção deve permitir injeção adicional de ar comprimido.

3.2.3. Compressor

O ar comprimido utilizado na projeção deve ser completamente isento de impurezas, tais como emulsão de óleo lubrificante proveniente dos compressores, sendo necessária a instalação de diversos purgadores de linha ao longo da tubulação ou de um pulmão de volume mínimo de 1,0 m³ antes do equipamento de projeção. A linha deverá ser purgada em intervalos de uma hora.

A pressão de ar deve ser de aproximadamente 0,7 MPa. Esta pressão será obtida por meio de válvula de redução de pressão na linha de ar comprimido. Durante o processo de projeção do concreto, a pressão não pode ser inferior a 0,3 MPa.

A Tabela 15 apresenta as vazões de ar comprimido, para distâncias de até 50 metros, para atender às condições mínimas de projeção do concreto.

Tabela 15 - Vazões de ar comprimido para projeção do concreto

Vazão do Compressor (PCM)	Diâmetro do Mangote	Pressão de Ar Necessária (MPa)
350	1 ½"	0,7
600	2"	
700	2 ½"	

3.3. Perdas de Materiais na Projeção

As perdas de material por reflexão e eficiência na execução do serviço de projeção de concreto apresentam-se variáveis, principalmente em função das condições de acesso, de confinamento e de inclinação das superfícies de aplicação.

A Tabela 16 apresenta a eficiência e as perdas referenciais relacionadas ao processo de projeção do concreto e adotadas nas composições de custos do SICRO.

Tabela 16 - Perdas adotadas nas composições de custos de concreto projetado

Superfície	Seção (m ²)	Equipamento de Referência	Fator de Perda de Produção	Perdas Via Seca	Perdas Via Úmida
Planas e inclinadas até 60°	-	Via seca com capacidade de 6 m ³	0,84	20,0%	10,0%
Inclinadas de 60° a 90°	-	Via seca com capacidade de 6 m ³	0,72	30,0%	15,0%
Pisos, paredes e tetos	-	Via seca com capacidade de 6 m ³	0,60	40,0%	20,0%
Túnel Classe I	20 a 40	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,48	30,0%	15,0%
Túnel Classe I	40 a 60	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,57	30,0%	15,0%
Túnel Classe I	60 a 90	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,67	30,0%	15,0%
Túnel Classe I	> 90	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,84	30,0%	15,0%
Túnel Classe II	20 a 40	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,42	35,0%	17,5%
Túnel Classe II	40 a 60	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,51	35,0%	17,5%
Túnel Classe II	60 a 90	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,61	35,0%	17,5%
Túnel Classe II	> 90	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,77	35,0%	17,5%
Túnel Classe III	20 a 40	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,36	40,0%	20,0%
Túnel Classe III	40 a 60	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,45	40,0%	20,0%
Túnel Classe III	60 a 90	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,57	40,0%	20,0%
Túnel Classe III	> 90	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,73	40,0%	20,0%
Túnel Classe IV	20 a 40	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,30	45,0%	22,5%
Túnel Classe IV	40 a 60	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,39	45,0%	22,5%
Túnel Classe IV	60 a 90	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,49	45,0%	22,5%
Túnel Classe IV	> 90	Robot via úmida com capacidade de 30 m ³	0,66	45,0%	22,5%
Túnel Classe V	20 a 40	Via úmida com capacidade de 10 m ³	0,24	50,0%	25,0%
Túnel Classe V	40 a 60	Via úmida com capacidade de 10 m ³	0,27	50,0%	25,0%
Túnel Classe V	60 a 90	Via úmida com capacidade de 10 m ³	0,30	50,0%	25,0%
Túnel Classe V	> 90	Via úmida com capacidade de 10 m ³	0,36	50,0%	25,0%
Túnel Classe VI	20 a 40	Via úmida com capacidade de 10 m ³	0,18	55,0%	27,5%
Túnel Classe VI	40 a 60	Via úmida com capacidade de 10 m ³	0,20	55,0%	27,5%
Túnel Classe VI	60 a 90	Via úmida com capacidade de 10 m ³	0,24	55,0%	27,5%
Túnel Classe VI	> 90	Via úmida com capacidade de 10 m ³	0,30	55,0%	27,5%

3.4. Tipos de Concretos Projetados

O SICRO disponibiliza composições de custos para concretos projetados com resistências características a compressão de 25 MPa, 30 MPa e 40 MPa.

Na dosagem dos concretos projetados foram utilizados os seguintes aditivos:

- Superplastificante, com a finalidade de se reduzir a quantidade de água e permitir resistência mais elevadas;
- Aditivo antirricochete, com a finalidade de se reduzir as perdas por reflexão.

No preparo dos concretos para a projeção por via seca, foi considerada a utilização de betoneira. Para os procedimentos de projeção por via úmida, adotou-se a confecção do concreto em central dosadora com capacidade de 30 m³/h.

Considerou-se a projeção por via seca para uso geral e a via úmida apenas para túneis. No caso de túneis, classes I a IV, foi considerada a utilização de robot para projeção do concreto, e para as classes V e VI, bomba com capacidade de 10 m³/h.

Além dos serviços anteriormente descritos SICRO disponibiliza composições de custos considerando a inclusão das seguintes fibras nos concretos:

- Fibra de polipropileno;
- Fibra estrutural de polipropileno corrugado;
- Fibra de aço.

A Tabela 17 apresenta os traços referenciais dos concretos para projeção via seca propostos nas composições de custos do SICRO.

Tabela 17 - Traços referenciais dos concretos para projeção via seca

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita (m³)	Superplastificante (l)	Aditivo Antirricochete (kg)
Concreto fck = 20 MPa	300,00000	0,75909	0,54930	1,50000	15,00000
Concreto fck = 25 MPa	309,54000	0,75553	0,54930	1,54770	15,47700
Concreto fck = 30 MPa	345,91700	0,73440	0,54930	1,72958	17,29584
Concreto fck = 40 MPa	432,00000	0,68442	0,54930	2,15999	21,59990

A Tabela 18 apresenta os traços referenciais dos concretos para projeção via úmida propostos nas composições de custos do SICRO.

Tabela 18 - Traços referenciais dos concretos para projeção via úmida

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Brita (m³)	Superplastificante (l)	Aditivo Antirricochete (kg)
Concreto fck = 30 MPa	321,45731	0,74861	0,54930	1,60729	16,07287
Concreto fck = 40 MPa	401,45160	0,70216	0,54930	2,00726	20,07258

3.5. Relação das Composições de Custos

O SICRO apresenta composições de custos referenciais para os seguintes serviços de confecção e lançamento de concreto projetado:

- Concreto fck = 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa e 40 MPa para projeção via seca;
- Concreto projetado via seca fck = 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa e 40 MPa aplicado em pisos ou superfícies inclinadas até 60°;
- Concreto projetado via seca fck = 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa e 40 MPa aplicado em superfícies inclinadas de 60° a 90°;
- Concreto projetado via seca fck = 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa e 40 MPa aplicado em piso, parede e teto;
- Concreto projetado via seca fck = 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa e 40 MPa aplicado no teto;
- Concreto projetado via úmida fck = 30 MPa e 40 MPa aplicado em túneis classes I, II, III, IV, V e VI com seção de 20 a 40 m²;
- Concreto projetado via úmida fck = 30 MPa e 40 MPa aplicado em túneis classes I, II, III, IV, V e VI com seção de 40 a 60 m²;
- Concreto projetado via úmida fck = 30 MPa e 40 MPa aplicado em túneis classes I, II, III, IV, V e VI com seção de 60 a 90 m²;
- Concreto projetado via úmida fck = 30 MPa e 40 MPa aplicado em túneis classes I, II, III, IV, V e VI com seção superior a 90 m²;
- Usinagem de concreto para projeção via úmida fck 30 MPa e 40 MPa;
- Regularização de superfície de concreto projetado.

3.6. Critérios de Medição

A medição dos serviços de confecção e lançamento dos concretos projetados deve ser realizada em função do volume efetivamente lançado, em metro cúbico.

As composições de custos dos serviços preveem a remuneração dos materiais, da mão de obra e dos equipamentos associados à atividade.

4. ARGAMASSA

4. ARGAMASSA

4.1. Introdução

Em função das propriedades mecânicas de aderência e endurecimento, as argamassas são normalmente utilizadas para assentamento de elementos de drenagem, obras de arte correntes, edificações, entre outros dispositivos, além da aplicação para regularização de superfícies e reparos em estruturas de concreto.

4.2. Materiais para a Confeção de Argamassa

As argamassas são formadas pela mistura de agregados miúdos, de aglomerantes e de água. De acordo com a função pela qual a mistura é confeccionada, podem ser adicionados outros materiais tais como: cal, microssílica e superplastificantes. A adição destes materiais proporciona à argamassa características específicas para a finalidade para qual a mesma foi projetada.

4.3. Equipamentos

As composições de custos dos serviços de argamassa do SICRO foram estruturadas em função dos seguintes equipamentos:

- Betoneira com capacidade de 600 l - motor a gasolina - 10 kW;
- Bomba projetora de argamassa de 2 m³/h - 5,5 kW;
- Misturador de argamassa com capacidade de 250 l - 3 kW.

Outros equipamentos auxiliares são utilizados nos serviços onde a argamassa é confeccionada ou aplicada, dentre os quais destacam-se: carrinhos de mão e gericas para o transporte dos insumos e da mistura. As ferramentas manuais também são utilizadas, de acordo com a necessidade, porém seus custos encontram-se diretamente inseridos dentro dos encargos complementares da mão de obra.

4.4. Dosagem das Argamassas

A determinação dos traços referenciais adotados nas composições de custos de argamassas do SICRO foi realizada em função de expressões matemáticas desenvolvidas pelo Centro de Excelência em Engenharia de Transportes - CENTRAN e pela Fundação Getúlio Vargas - FGV, conforme detalhamento apresentado a seguir.

4.4.1. Argamassa de Cimento, Cal e Areia - Método desenvolvido pelo Centro de Excelência em Engenharia de Transportes (CENTRAN)

$$C = \frac{\mu_{arg}}{1 + \frac{t_{cal} \times \mu_{cal}}{\mu_{cimento}} + \frac{t_{areia} \times \mu_{areia}}{\mu_{cimento}} + 0,12 \times (t_{cal} + t_{areia})}$$

$$Cal = \frac{t_{cal} \times \mu_{cal} \times C}{\mu_{cimento}}$$

$$\text{Água} = 0,6 \times (C + Cal)$$

$$A = \frac{\mu_{arg} - C - Cal - \text{Água}}{\mu_{areia}}$$

onde:

C representa a quantidade de cimento para 1,0 m³;

A representa a quantidade de areia para 1,0 m³;

μ_{arg} representa a massa específica da argamassa = 1.800,0 kg/m³;

$\mu_{cimento}$ representa a massa específica do cimento = 1.400,0 kg/m³;

μ_{cal} representa a massa específica da cal = 500,0 kg/m³;

μ_{areia} representa a massa específica areia = 1.500,0 kg/m³;

t_{cal} representa o traço da cal;

t_{areia} representa o traço da areia.

4.4.2. Argamassa de Cimento e Areia - Método desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getulio Vargas - IBRE/FGV

$$C = \frac{\mu_{arg}}{1 + \frac{t_{areia} \times \mu_{areia}}{\mu_{cim}} + 0,2 \times t_{areia}}$$

$$\text{Água} = 0,7 \times C \times 0,75$$

$$A = \frac{\mu_{arg} - C - \text{Água}}{\mu_{areia}}$$

onde:

C representa a quantidade de cimento para 1,0 m³;

A representa a quantidade de areia para 1,0 m³;

μ_{arg} representa a massa específica da argamassa = 2.100,0 kg/m³;

μ_{cim} representa a massa específica do cimento = 1.200,0 kg/m³;

μ_{areia} representa a massa específica areia = 1.500,0 kg/m³;

t_{areia} representa o traço da areia.

4.5. Confeção das Argamassas

4.5.1. Argamassa Executada em Betoneira

Em consonância ao cálculo das produções dos equipamentos associados à produção de argamassa e à frente de serviço onde são produzidas, adotou-se como referência as mesmas premissas utilizadas para confecção do concreto com resistência característica a compressão de 20 MPa em betoneira.

Tanto os insumos, quanto o ponto de aplicação da mistura, se localizam a 15 metros da betoneira, ambos no mesmo plano horizontal.

Os insumos são transportados da área de depósito até a betoneira por meio de carrinhos de mão e a argamassa pronta em gericas.

Por similaridade executiva em relação ao concreto, a produção horária da betoneira para confecção de argamassa foi definida em 3,62 m³/h. Entretanto, deve-se calcular a produção horária do carrinho de mão em virtude da composição de custo da argamassa se mostrar diferente da de concreto. Para o transporte da mistura, são necessárias 3 gericas para o volume de uma betonada.

O traço a ser utilizado como referência é o da argamassa 1:3, cuja dosagem para produzir 1,0 m³ foi definida em 392,52336 kg de cimento e 1,00093 m³ de areia.

Para o cálculo da produção do carrinho de mão nos serviços de confecção de argamassa torna-se necessária a definição dos seguintes parâmetros:

- Capacidade de carga de 0,080 m³ (120 kg);
- Tempo de ciclo de 2,67 minutos (de acordo com o serviço de confecção de concreto com resistência característica a compressão de 20 MPa);
- Massa específica solta para areia de 1.500,0 kg/m³;
- Massa específica do cimento em sacos de 1.400,0 kg/m³.

A produção horária do carrinho de mão no serviço de confecção de argamassa em betoneiras pode ser obtida por meio da aplicação da expressão matemática abaixo.

$$P = \frac{(b \times F_e \times 60)}{(T \times F_{cv})}$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em m³/h;

b representa a capacidade do carrinho de mão = 0,080 m³;

F_e representa o fator de eficiência = 0,83;

F_{cv} representa o fator de conversão = 1,00093 + 392,52336 / 1.400 = 1,28130 (os valores representam os consumos de areia e cimento para confecção de 1,0 m³ de argamassa);

T representa o tempo total do ciclo = 2,67 min.

$$P = \frac{(0,08 \times 0,83 \times 60)}{(2,67 \times 1,28130)} = 1,16 \text{ m}^3/\text{h}$$

Relacionando-se a produção do carrinho de mão com a da betoneira, determina-se a quantidade para atender à produção horária de argamassa. Dessa forma, para atender à produção da betoneira, necessitam-se de 3 carrinhos de mão ($3,62 / 1,16$).

A mão de obra associada ao serviço consiste em 2 serventes para o carregamento dos insumos no carrinho de mão, 3 serventes no transporte dos insumos até a betoneira, 3 serventes no transporte do concreto, 1 pedreiro para aplicação da argamassa e 2 serventes para auxiliá-lo.

De acordo com o dimensionamento realizado, para confecção de argamassas produzidas em betoneira são necessários 1 pedreiro e 10 serventes. Os equipamentos relacionados ao serviço são 1 betoneira, 3 carrinhos de mão e 3 gericas.

4.5.2. Argamassa Executada em Misturador

O SICRO considera a utilização de misturador para confecção de argamassas com finalidade de reparos estruturais e groutamento. A argamassa pré-dosada é fornecida em sacos de 25 kg.

De forma similar ao item anterior, adotou-se como referência para elaboração das composições de custos as premissas utilizadas para confecção do concreto com resistência característica a compressão de 20 MPa em betoneira.

Para determinação da produção horária do misturador, torna-se necessária a definição dos seguintes parâmetros:

- Argamassa para reparos e groutamento, com consumo de 1.975,0 kg de material (argamassa pré-dosada) por m^3 ;
- Massa específica da argamassa pronta de 2.100,0 kg/m^3 ;
- Capacidade de mistura (dados do fabricante) de 300,0 kg (0,250 m^3);
- Capacidade do carrinho de mão utilizado para carregar os insumos na caçamba da betoneira de 0,080 m^3 (120,0 kg);
- Tempo para descarga dos insumos no misturador de 10 segundos para cada saco;
- Tempo para dosagem da água de amassamento de 15 segundos;
- Tempo de mistura de 2 minutos;
- Tempo de descarga da mistura nas gericas de 15 segundos;
- Capacidade de carga da gerica utilizada para transportar a argamassa até o ponto de aplicação de 0,180 m^3 (350,0 kg).

Consoante informação do fabricante a respeito da capacidade de mistura do equipamento, torna-se possível determinar a quantidade de material para confecção de um ciclo. De acordo com o traço referencial, para se produzir 300 kg de argamassa pronta são necessários 282,14286 kg de argamassa pré-dosada ($300 \times 1.975 / 2.100$), o que corresponde a 11 sacos.

Para a descarga do material no misturador, são necessários 110 segundos (11 sacos x 10 s), o que equivale a 1,83 minutos.

O tempo para dosagem da água de amassamento é de 15 segundos (0,25 min).

Em função do volume produzido, 1 gerica (282,14286 kg / 350 kg) é capaz de transportar toda a mistura de argamassa confeccionada em um ciclo, necessitando de 15 segundos (0,25 min) para sua carga.

Somando-se os tempos de descarga, de dosagem de água, de mistura e de transporte obtém-se 4,33 min (1,83 + 0,25 + 2,0 + 0,25), o que representa o tempo total de ciclo para confecção de argamassa no equipamento misturador.

A produção horária do misturador no serviço de confecção de argamassa pode ser obtida por meio da aplicação da expressão matemática abaixo.

$$P = \frac{(b \times F_e \times 60)}{(T \times F_{cv})}$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em m³/h;

b representa a capacidade de mistura do equipamento = 300,0 kg;

F_e representa o fator de eficiência = 0,83;

F_{cv} representa o fator de conversão = 2.100,0 kg/m³ (representa a massa específica da argamassa pronta);

T representa o tempo total do ciclo = 4,33 min.

$$P = \frac{(300 \times 0,83 \times 60)}{(4,33 \times 2.100)} = 1,64 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para o cálculo da produção do carrinho de mão nos serviços de confecção de argamassa com misturador torna-se necessária a definição dos seguintes parâmetros:

- Capacidade de carga de 0,080 m³ (120,0 kg);
- Tempo para carga no carrinho de mão de 10 segundos para cada saco;
- Velocidade de transporte:
 - Ida = 1.000 m/h = 16,67 m/min;
 - Retorno = 1.500 m/h = 25 m/min.
- Tempo para descarga dos insumos no misturador de 10 s para cada saco.

O carregamento do carrinho de mão é realizado por 2 serventes. De acordo com a capacidade de carga e o peso de cada saco de argamassa, o tempo para se carregar um carrinho de mão é de 50 segundos (120 kg / 25 kg), o que equivale a 0,83 min.

Considerando as velocidades referenciais do carrinho de mão e a distância percorrida, o tempo de ida e de retorno são respectivamente 0,9 minutos (15 m / 16,67 m/min) e 0,6 minutos (15 m / 25 m/min).

O tempo de descarga do carrinho de mão foi definido em 50 segundos (0,83 min).

Somando-se os valores de carga, transporte e descarga, torna-se possível determinar o tempo total de ciclo do carrinho de mão nos serviços de confecção de argamassa com misturador, a saber: $0,83 + 0,9 + 0,6 + 0,83 = 3,16$ min.

A produção horária do carrinho de mão no serviço de confecção de argamassa com misturador pode ser obtida por meio da aplicação da expressão matemática abaixo.

$$P = \frac{(b \times F_e \times 60)}{(T \times F_{cv})}$$

onde:

P representa a produção horária do equipamento, em m³/h;

b representa a capacidade do carrinho de mão = 120,0 kg;

F_e representa o fator de eficiência = 0,83;

F_{cv} representa o fator de conversão = 1.975,0 (representa o consumo de argamassa pré-dosada para confecção de 1 m³ de mistura);

T representa o tempo total do ciclo = 3,16 min.

$$P = \frac{(120 \times 0,83 \times 60)}{(3,16 \times 1.975)} = 0,96 \text{ m}^3/\text{h}$$

Relacionando-se a produção da gérica com a do misturador, torna-se possível determinar a quantidade de equipamentos para atender à produção de argamassa, obtendo-se 2 carrinhos de mão (1,64 / 0,96).

Para atender à produção de argamassa é necessária 1 gérica (350 kg / 300 kg).

De acordo com o dimensionamento realizado, a mão de obra associada ao serviço consiste em 2 serventes para o carregamento dos insumos no carrinho de mão, 2 serventes no transporte dos insumos até a betoneira, 1 servente no transporte da mistura pronta, 1 pedreiro para aplicação da argamassa e 2 serventes para auxiliá-lo.

Dessa forma, para confecção e aplicação de argamassas produzidas em misturador são necessários 1 pedreiro e 6 serventes. Os equipamentos relacionados ao serviço são 1 misturador de argamassa, 2 carrinhos de mão e 1 gérica.

4.6. Tipos de Argamassas

4.6.1. Argamassa de Cimento e Areia

A Tabela 19 apresenta os traços referenciais propostos nas composições de custos dos serviços de argamassas de cimento e areia do SICRO.

Tabela 19 - Traços referenciais de argamassa de cimento e areia

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)
Argamassa cimento e areia 1:1	857,14280	0,52857
Argamassa cimento e areia 1:2	538,46150	0,85256
Argamassa cimento e areia 1:3	392,52330	1,00093
Argamassa cimento e areia 1:4	308,82350	1,08603

4.6.2. Argamassa de Cimento e Areia com Aditivo Aglutinante

A Tabela 20 apresenta o traço referencial proposto na composição de custo do serviço de argamassa de cimento e areia com aditivo aglutinante do SICRO.

Tabela 20 - Traço referencial de argamassa de cimento e areia com aditivo aglutinante

Descrição	Cimento (kg)	Areia (m³)	Aditivo (l)
Argamassa cimento e areia 1:8	166,66660	1,23056	0,33333

4.6.3. Argamassa de Cimento, Cal e Areia

A Tabela 21 apresenta os traços referenciais propostos nas composições de custos dos serviços de argamassas de cimento, cal e areia do SICRO.

Tabela 21 - Traços referenciais de argamassa de cimento, cal e areia

Descrição	Cimento (kg)	Cal (kg)	Areia (m³)
Argamassa cimento, cal e areia 1:0,5:8	167,13092	29,84481	0,98989
Argamassa cimento, cal e areia 1:1:6	208,67837	74,52800	0,89791
Argamassa cimento, cal e areia 1:2:6	197,74010	141,24290	0,83842
Argamassa cimento, cal e areia 1:2:7	174,85420	124,89590	0,88027
Argamassa cimento, cal e areia 1:2:8	156,71642	111,94030	0,91343
Argamassa cimento, cal e areia 1:2:9	141,98780	101,41980	0,94037
Argamassa cimento, cal e areia 1:2:10	129,78980	92,70705	0,96267

4.6.4. Argamassas para Reparos Estruturais

O SICRO disponibiliza composições de custos para os seguintes serviços de argamassas de alto desempenho para uso em reparos estruturais:

- Argamassa estrutural para groutamento;
- Argamassa polimérica com microsilica.

O insumo é fornecido em sacos, com a mistura já devidamente pré-dosada.

4.7. Relação das Composições

O SICRO apresenta composições de custos referenciais para os seguintes serviços de confecção de argamassa:

- Argamassa de cimento e areia 1:1, 1:2, 1:3 ou 1:4 - com materiais produzidos ou comerciais;
- Argamassa de cimento, cal hidratada e areia 1:2:6, 1:2:7, 1:2:8, 1:2:9 ou 1:2:10 - com materiais produzidos ou comerciais;
- Argamassa polimérica de alto desempenho projetada para reparos superficiais e reforços estruturais;
- Argamassa para reparos estruturais e groutamento com adição de 30% de pedrisco;
- Argamassa para reparos e groutamento;
- Argamassa polimérica com microsilica;
- Argamassa de cimento e areia com aditivo aglutinante traço 1:8;
- Argamassa de cimento cal hidratada e areia media 1:1:6;
- Argamassa de cimento, cal hidratada e areia 1:0,5:8 - com materiais produzidos ou comerciais.

4.8. Critérios de Medição

A medição dos serviços de confecção de argamassas deve ser realizada em função do volume efetivamente aplicado, em metro cúbico, conforme previsão realizada em projeto. Quando não houver indicação em projeto, o volume de argamassa deve ser medido em seu local de aplicação.

As composições de custos dos serviços preveem a remuneração dos materiais, da mão de obra e dos equipamentos associados à atividade.

5. AGREGADOS

5. AGREGADOS

5.1. Introdução

Os agregados são materiais granulares, obtidos naturalmente ou artificialmente produzidos, de dimensões e propriedades adequadas para sua utilização em obras de construção civil. Podem ser classificados de acordo com a sua origem, com o tamanho de suas partículas, finalidade e/ou aplicação.

Os agregados com emprego mais regular nas obras de infraestrutura de transportes são a areia e os materiais pétreos britados (pó de pedra, pedrisco, brita, pedra de mão ou rachão). Estes materiais são utilizados na execução de colchões drenantes, de camadas do pavimento, inclusive no revestimento, seja flexível ou rígido, na confecção de concretos e argamassas, entre outras aplicações.

As composições de custos do SICRO foram elaboradas em função da condição de produção ou extração direta dos insumos na obra e para aquisição comercial direta.

O SICRO apresenta diferentes composições de custos para os serviços de produção de materiais britados e para a extração direta de areia.

5.2. Descrição dos Serviços

5.2.1. Rocha para Britagem com Perfuratriz sobre Esteiras

A referida composição de custo destina-se a remunerar o serviço de exploração mecanizada de pedreiras para fins de produção de rocha para britagem.

A Tabela 22 apresenta os consumos de mão de obra e de materiais para a produção de rochas para britagem com a utilização da perfuratriz sobre esteiras.

Tabela 22 - Relação de insumos para produção de rocha com perfuratriz sobre esteiras

Descrição dos Insumos	Unidade	Quantidade
Auxiliar de blaster	h	2,00000
Blaster	h	1,00000
Emulsão explosiva encartuchada	kg	0,56000
Nonel de inciação para fogacho de 6 m	un	0,30000
Nonel de ligação	un	0,00786
Nonel de coluna com 12 m	un	0,02000
Nonel iniciador com 150 m	un	0,00071
Haste para perfuratriz de esteira T38 - 1 1/2" x 3 m	un	0,00033
Luva para perfuratriz de esteira T38 - D = 1 1/2"	un	0,00033
Punho para perfuratriz de esteira T38 - D = 1 1/2"	un	0,00027
Coroa para perfuratriz de esteira T38 D = 2 1/2"	un	0,00042
Série de brocas S-12 - D = 22 mm	un	0,01923

O blaster e o seu auxiliar considerados nas composições de custos para produção mecânica de rocha para britagem fazem jus ao adicional de periculosidade de 30% devido à necessidade de manipulação regular de explosivos, conforme preconizado na Norma Regulamentadora nº 16.

Os equipamentos considerados nas composições de custos de produção de rocha para britagem são a perfuratriz sobre esteiras, o marteleto a ar comprimido, o compressor de ar, a carregadeira de pneus para rocha e o trator de esteiras.

A produção horária do serviço de produção mecânica de rocha para britagem é definida em função da perfuratriz, considerando-se os seguintes parâmetros:

- Espaçamento entre os furos de 2,5 metros;
- Afastamento entre os furos de 2,0 metros;
- Profundidade do furo de 10,0 metros;
- Velocidade de furação de 0,2 m/min;
- Tempo de furação de 53 minutos;
- Tempo fixo de 15 minutos;
- Tempo total de ciclo de 68 minutos;
- Produção da perfuratriz de 36,62 m³/h.

5.2.1.1. Produção da Escavação

- Parâmetros
 - Diâmetro do furo = 64 mm;
 - Altura da bancada = 10,00 m;
 - Malha de perfuração adotada = 2,00 x 2,50 m (Afastamento x Espaçamento);
 - Quantidade de furos = 28 unidades.
- Cálculo das produções
 - Afastamento máximo
 $A = 40 \times \phi = 2,56 \text{ m}$
Afastamento adotado $A = 2,00 \text{ m}$
 - Espaçamento máximo
 $E = 1,30 \times A = 1,30 \times 2,56 = 3,33 \text{ m}$
Espaçamento adotado $A = 2,50 \text{ m}$
 - Sub furação
 $Sf = 0,30 \times A \text{ (adotado)} = 0,30 \times 2,00 = 0,60 \text{ m}$
 - Tampão
 $T = 0,70 \text{ a } 1,00 \times A = 0,70 \text{ a } 1,00 \times 2,00 = 1,40 \text{ a } 2,00 \text{ m}$
 $T \text{ (adotado)} = 1,70 \text{ m}$
 - Altura de carga de fundo
 $Hf = 1,30 \times A = 1,30 \times 2,00 = 2,60 \text{ m}$

- Altura de carga de coluna
 $H_c = (H + S_f) - T - H_f = 10,00 + 0,60 - 1,70 - 2,60 = 6,30 \text{ m}$
- Volume produzido no corte por furo
 $V = A \times E \times H = 2,00 \times 2,50 \times 10,00 = 50,00 \text{ m}^3$
- Volume de rocha a detonar
 $V_t = V \times \text{quantidade de furos} = 50,00 \times 28 = 1.400 \text{ m}^3$
- Comprimento total a perfurar
 $(H + S_f) \times \text{quantidade de furos} = (10,00 + 0,60) \times 28 = 296,80 \text{ m}$

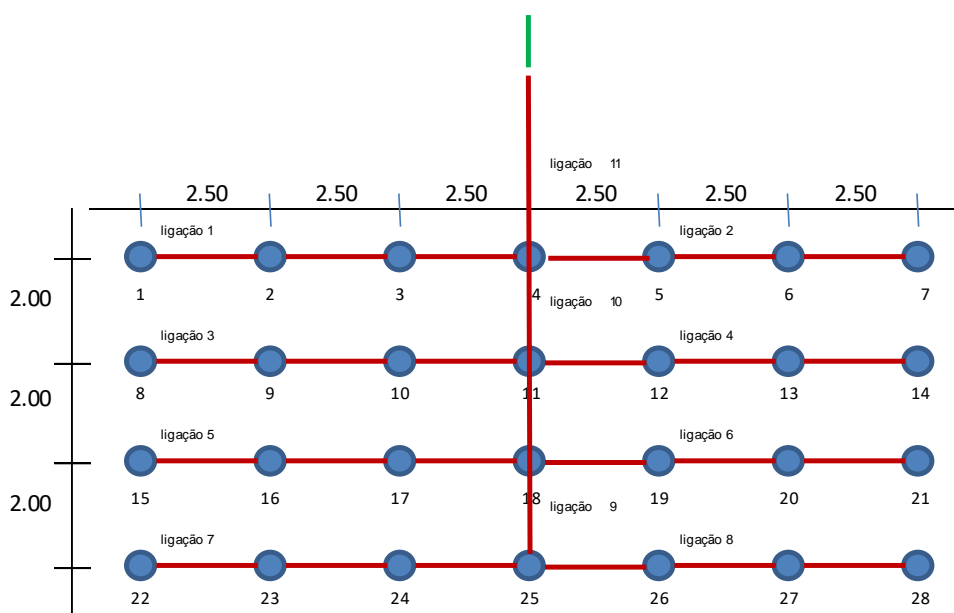
5.2.1.2. Dimensionamento do Material Explosivo

- Razão de carga linear do fundo
 $L_f = \phi^2 / 1000 = 64^2 / 1000 = 4,10 \text{ kg/m}$
- Razão de carga linear de coluna
 $L_c = 40\% \times L_f = 40\% \times 4,10 = 1,6384 \text{ kg/m}$
- Carga por furo
 $Q_f = (L_f \times H_f) + (L_c \times H_c) = 4,10 \times 2,60 + 1,6384 \times 1,30 = 12,78 \text{ kg}$
- Carga total por m^3
 $Q = Q_f / V = 12,78 / 25 = 0,51 \text{ kg/m}^3$
- Considerando 10% para o explosivo do fogacho = $0,05 \text{ kg/m}^3$
Total explosivo = $0,51 + 0,05 = 0,56 \text{ kg/m}^3$

5.2.1.3. Plano de Fogo

A Figura 01 apresenta o plano de fogo adotado como referência para o cálculo da produção e dos consumos dos serviços de escavação de rocha para britagem.

Figura 01 - Plano de fogo



- Nonel de iniciação
1 iniciador para 1.400 m³ → 1 m³ / 1.400 = 0,00071 un;
- Nonel de coluna (interno no furo, referência de 12 m)
28 iniciadores para 1.400 m³ → 28 m³ / 1.400 = 0,02000 un;
- Nonel de ligação
11 iniciadores para 1.400 m³ → 11 m³ / 1.400 = 0,00786 un;
- Nonel iniciador para fogacho
2 un para 0,3% do volume de cada furo → 2 x 0,003 x 2 x 2,5 x 10 = 0,30 un.

5.2.1.4. Dimensionamento dos Equipamentos Seccionados

O cálculo dos consumos de coroa, haste, luva e punho é realizado pela aplicação da seguinte expressão matemática:

$$Q = \frac{TF}{(VU_x \times V)}$$

onde:

Q representa o consumo;

TF representa o total de perfuração por furo = 10,6 m;

V representa o volume produzido por furo = 50,0 m³;

VU_x pode ser:

VUC - representa vida útil da coroa = 500 m;

VUH - representa vida útil da haste = 650 m;

VUL - representa vida útil da luva = 650 m;

VUP - representa vida útil do punho = 800 m.

- Consumo de coroa para perfuratriz:
$$= \frac{10,6}{(500 \times 50)} = 0,00042$$
- Consumo de haste para perfuratriz:
$$= \frac{10,6}{(650 \times 50)} = 0,00033$$
- Consumo de luva para perfuratriz:
$$= \frac{10,6}{(650 \times 50)} = 0,00033$$
- Consumo de punho para perfuratriz:
$$= \frac{10,6}{(800 \times 50)} = 0,00027$$

5.2.1.5. Dimensionamento das Brocas - Série 12

- Consumo de série de brocas no fogacho = 130 m;
Perfuração (m) = 5% do volume escavado;
 $5\% \times (2,5 \times 2 \times 5) / 130 = 0,01923$.

5.2.2. Rocha para Britagem com Perfuratriz Manual

A referida composição de custo destina-se a remunerar o serviço de exploração manual de pedreiras para fins de produção de rocha para britagem.

A Tabela 23 apresenta os consumos de equipamentos, de mão de obra e de materiais para a produção de rochas para britagem com a utilização da perfuratriz manual.

Tabela 23 - Relação de insumos para produção de rocha com perfuratriz manual

Descrição dos Insumos	Unidade	Quantidade
Compressor de ar portátil de 340 PCM - 81 kW	h	1,00000
Martelete perfurador/rompedor a ar comprimido de 25 kg	h	3,00000
Carregadeira de pneus com capacidade de 1,52 m³ - 106 kW	h	1,00000
Caminhão basculante para rocha com capacidade de 8 m³ - 210 kW	h	1,00000
Auxiliar de blaster	h	1,00000
Blaster	h	1,00000
Emulsão explosiva encartuchada	kg	0,42000
Espoleta comum NR 8	un	0,01300
Cordel detonante NP10	m	0,80000
Retardador de cordel	un	0,04000
Estopim	m	0,02500
Série de brocas S-12 - D = 22 mm	un	0,00300

A produção horária do serviço de produção manual de rocha para britagem é definida em função do martelete a ar comprimido, considerando-se os seguintes parâmetros:

- Afastamento dos furos de 1,20 metros;
- Espaçamento dos furos de 1,60 metros;
- Profundidade dos furos de 5,0 metros;
- Volume útil influenciado por um furo de $1,2 \times 1,6 \times 5,0 = 9,6 \text{ m}^3$;
- Tempo de ciclo de 66 minutos;
- Produção do martelete perfurador/rompedor de $21,73 \text{ m}^3/\text{h}$.

O blaster e o seu auxiliar considerados nas composições de custos para produção manual de rocha para britagem fazem jus ao adicional de periculosidade de 30% devido à necessidade de manipulação regular de explosivos, conforme preconizado na Norma Regulamentadora nº 16.

5.2.3. Brita Produzida em Central de Britagem

A referida composição de custo destina-se a remunerar o serviço de produção de brita em central de britagem.

A Tabela 24 apresenta os consumos de equipamentos, de mão de obra, de materiais e de atividades auxiliares necessários à produção de brita em central de britagem.

Tabela 24 - Relação de insumos para produção de brita em central de britagem

Descrição dos Insumos	Unidade	Quantidade
Grupo gerador de 456 KVA	h	1,00000
Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW	h	1,00000
Conjunto de britagem de 80 m³/h	h	1,00000
Servente	h	8,00000
Mandíbula móvel C96 Std	un	0,00003
Mandíbula fixa C96 Std	un	0,00006
Manta HP200	un	0,00003
Revestimento bojo Std HP200	un	0,00004
Cunha lateral superior C96	un	0,00001
Cunha lateral inferior C96	un	0,00002
Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	0,57000

A produção mecânica da central de britagem neste serviço é definida em 66,4 m³/h, considerando-se a aplicação do fator de eficiência de 0,83 em relação a sua capacidade teórica de produção de 80 m³/h.

5.2.4. Rachão ou Pedra de Mão Produzida

A referida composição de custo destina-se a remunerar o serviço de produção de rachão ou pedra de mão em central de britagem.

A Tabela 25 apresenta os consumos de equipamentos, de mão de obra, de materiais e de atividades auxiliares necessários à produção de rachão em central de britagem.

Tabela 25 - Relação de insumos para produção de rachão em central de britagem

Descrição dos Insumos	Unidade	Quantidade
Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW	h	1,00000
Conjunto de britagem para rachão - 80 m³/h	h	1,00000
Grupo gerador 310/340 KVA	h	1,00000
Servente	h	8,00000
Mandíbula móvel C96 Std	un	0,00003
Mandíbula fixa C96 Std	un	0,00006
Rocha para britagem com perfuratriz sobre esteira	m³	0,57000

A produção mecânica da central de britagem neste serviço é definida em 66,4 m³/h, considerando-se a aplicação do fator de eficiência de 0,83 em relação a sua capacidade teórica de produção de 80 m³/h.

5.2.5. Extração de Areia

A extração direta de areia para utilização como material de construção nas obras de infraestrutura de transportes só se mostra economicamente viável caso seja realizada nas proximidades da obra.

O SICRO apresenta os seguintes métodos para extração de areia:

5.2.5.1. Extração a Seco

A extração é caracterizada como a seco quando o depósito situa-se acima do nível do lençol freático ou quando a extração ocorre em cava ou a céu aberto.

O SICRO disponibiliza composições de custos para a extração a seco de areia em função dos seguintes equipamentos:

- Areia extraída com trator e carregadeira;
- Areia extraída com escavadeira hidráulica de longo alcance.

a) Areia extraída com trator e carregadeira

A produção do serviço de extração de areia a seco com trator e carregadeira pode ser definida em função da expressão matemática apresentada abaixo:

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc}$$

onde:

C representa a capacidade da lâmina do trator = 2,09 m³;

Fca representa o fator de carga = 0,90 (materiais de 1ª categoria);

Fcv representa o fator de conversão = 1,00;

Fe representa o fator de eficiência = 0,83;

Tc representa o tempo total de ciclo = 0,90 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 2,09 \times 0,90 \times 1,00 \times 0,83}{0,90} = 104,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

A composição de custo do serviço de extração de areia a seco com trator e carregadeira prevê ainda os trabalhos de uma equipe formada por 4 serventes.

b) Areia extraída com escavadeira hidráulica de longo alcance

A produção do serviço de extração de areia a seco com escavadeira hidráulica de longo alcance pode ser definida em função da expressão apresentada abaixo:

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc}$$

onde:

C representa a capacidade da caçamba = 0,60 m³;

Fca representa o fator de carga = 0,90 (materiais de 1ª categoria);

Fcv representa o fator de conversão = 1,00;

Fe representa o fator de eficiência = 0,83;

Tc representa o tempo total de ciclo = 0,42 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 0,60 \times 0,90 \times 1,00 \times 0,83}{0,42} = 64,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

A composição de custo do serviço de extração de areia a seco com escavadeira hidráulica de longo alcance prevê uma equipe formada por 4 serventes.

5.2.5.2. Extração em Leitos de Cursos d'Água

Quando a extração de areia atinge o nível do lençol freático, torna-se necessária a introdução de dragas de sucção para execução do serviço. As dragas são formadas de plataformas flutuantes, sobre as quais são montados o motor, movido a óleo diesel ou a energia elétrica. Em seguida, a bomba de sucção é acoplada as tubulações de bombeamento com diâmetro de 6 a 8 polegadas. A draga de sucção bombeia a areia e outros materiais presentes no fundo do rio, utilizando a água como veículo.

O SICRO disponibiliza uma composição de custo para o serviço de extração de areia com a utilização de draga de sucção.

A composição de custo da extração de areia com draga de sucção prevê ainda a necessidade de tubo de polietileno de descarga de 150 metros e de uma carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³, o que resulta em uma produção de 20,0 m³/h. A composição de custo do serviço prevê ainda a necessidade dos trabalhos de uma equipe formada por 4 serventes.

5.2.5.3. Transporte

Nos serviços de extração, é considerada a carga sendo realizada por carregadeiras em caminhões que farão o transporte da areia para a fonte de consumo.

Os custos relacionados à descarga e ao momento de transporte são diretamente incorporados ao serviço que utilizar a areia extraída.

6. ARMAÇÕES

6. ARMAÇÕES

O SICRO apresenta composições de custos para os diferentes serviços relacionados à armação em aço, a saber:

- Barras de aço CA-25, CA-50 e CA-60;
- Luvas de emenda;
- Treliza nervurada;
- Tela eletrosoldada.

6.1. Descrição dos Serviços

6.1.1. Armação em Aço CA-25, CA-50 e CA-60

As composições de custos de armação de aço CA-25, CA-50 e CA-60 são utilizadas como auxiliares nos serviços de concreto armado em estruturas, fundações, drenagem, obras de arte correntes e especiais, estacas, confecção de tubos de concreto, fabricação de mourões, barreira de concreto, entre outros.

6.1.1.1. Mão de Obra

A Tabela 26 apresenta as taxas referenciais utilizadas para definição do consumo de armadores e ajudantes nas composições de custos dos serviços de armação em aço. Estes fatores foram obtidos em função de estudo comparativo que considerou o peso total de armadura de diversas peças de concreto estrutural que utilizam armações em aços CA-25, CA-50 e CA-60.

Tabela 26 - Taxas adotadas na determinação do consumo da mão de obra na armação do aço

Aço	Armador (h/kg)	Ajudante (h/kg)
CA-25	0,08	0,08
CA-50	0,09	0,09
CA-60	0,08	0,08

O aço CA-25 é um aço mais maleável e fácil de trabalhar. Atualmente, o aço CA-25 tem sido utilizado apenas em bitolas mais grossas, o que reduz o consumo de mão de obra por quilograma. A aplicação do aço CA-25 tem se mostrado restrita a barras de transferência, arranques e alças de sustentação. As barras de transferência podem ser fornecidas de fábrica, o que ainda reduz os trabalhos de montagem.

O aço CA-50 é normalmente aplicado em armações mais densas, tais como vigas, lajes e pilares, onde a necessidade de dobragem mostra-se mais frequente. A dificuldade de montagem da ferragem com aço CA-50 nas fôrmas também é maior.

O aço CA-60 é mais empregado em lajes, onde há pouca necessidade de dobras. São utilizados ferros lisos e retos, com grandes comprimentos.

A Tabela 27 apresenta os diâmetros em que são normalmente fornecidas as barras de aço CA-25, CA-50 e CA-60.

Tabela 27 - Diâmetros das barras de aço

Aços	Diâmetros (mm)								
CA-25 e CA-50	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0	40,0
CA-60	4,2	5,0	6,0	7,0	8,0	9,5	-	-	-

Em virtude de sua maior utilização, considerou-se para formação dos custos de referência do aço os seguintes diâmetros:

- Aços CA-25 e CA-50 - diâmetro de 12,5 mm;
- Aço CA-60 - diâmetro de 5,0 mm.

O aço é normalmente fornecido em barras de 12 metros. O aço CA-50, até o diâmetro de 12,5 mm, pode ser fornecido em bobinas de 1.800 kg, enquanto que o aço CA-60 em bobinas de 1.500 kg, para qualquer bitola.

As composições de custos de armação do SICRO consideram a utilização dos aços em barras de 12 metros.

O aço CA-25 é soldável. O aço CA-50, em barras com diâmetro a partir de 10 mm, apresenta também a propriedade de ser soldável.

As barras de aço são normalmente amarradas com arame recozido na bitola 18 BWG (1,25 mm) e podem ser fornecidos em rolos.

6.1.1.2. Relação das composições de custos

O SICRO apresenta composições de custos para os seguintes serviços de armação de barras de aço:

- Armação em aço CA-25;
- Armação em aço CA-50;
- Armação em aço CA-60.

6.1.1.3. Critérios de medição

A medição dos serviços relacionados às armaduras para concreto armado, incluindo todos os serviços necessários a sua execução, deve ser realizada em função da massa de aço efetivamente fornecida, dobrada e colocada nas fôrmas, em consonância às tabelas de armação de projeto.

6.1.2. Luvas de Emenda

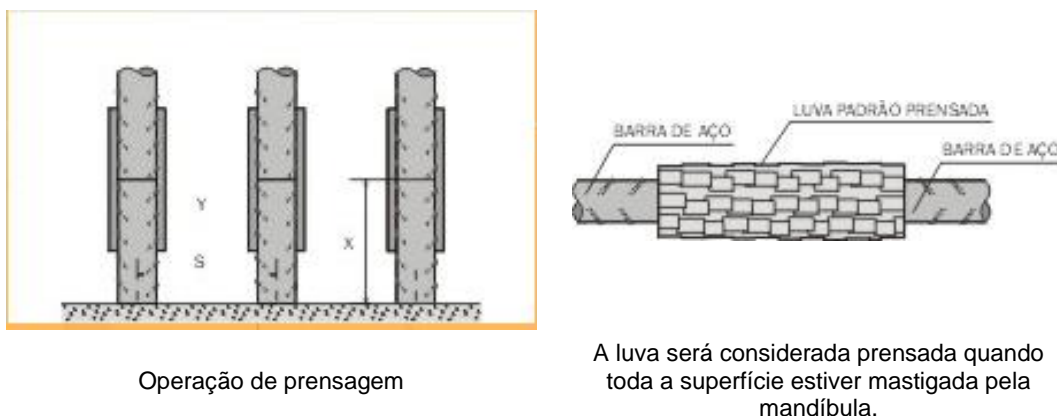
As luvas de emenda podem ser formadas pela prensagem de um tubo sobre a extremidade de duas barras colocadas topo a topo ou por um sistema de prensagem e rosqueamento de forma a permitir a união de barras. As luvas podem ser utilizadas tanto para peças pré-fabricadas de concreto, quanto para concretagem no local.

As luvas de emenda são particularmente utilizadas quando a densidade de armação for muito elevada. Nas estruturas, as emendas das barras são preferencialmente realizadas por traspasse.

6.1.2.1. Luva de emenda prensada para aço CA-50 com diâmetros de 12,5 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm e 32 mm

O serviço de execução da luva de emenda é realizado por um conjunto de bomba e prensa para luva de tamanho variável com o diâmetro do aço, conforme operação de prensagem apresentada na Figura 02.

Figura 02 - Luva de emenda prensada



Além do operador de equipamento leve responsável pelo conjunto de bomba e prensa, a composição de custo do serviço prevê o auxílio de um servente.

A Tabela 28 apresenta os tempos de ciclos envolvidos na prensagem da luva de emenda para diferentes diâmetros de aço.

Tabela 28 - Tempo de ciclo para prensagem de luva de emenda de diferentes diâmetros

Diâmetro (mm)	12,5	16,0	20,0	25,0	32,0
Tempo de ciclo (min)	3,0	3,3	3,7	4,5	5,0

6.1.2.2. *Luva de emenda com rosca cônica para aço CA-50 com diâmetros de 12,5 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm e 32 mm*

As luvas de emenda podem ser formadas por meio da utilização de rosqueadeira para rosca cônica e de máquina policorte com disco. Além do operador de equipamento leve, a composição de custo do serviço prevê o auxílio de 2 serventes.

6.1.2.3. *Relação das composições de custos*

O SICRO apresenta composições de custos para os seguintes serviços relacionados à formação de luvas de emenda:

- Luva de emenda prensada para aço CA-50 - D = 12,5 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm ou 32 mm;
- Luva de emenda com rosca cônica para aço CA-50 - D = 12,5 mm, 16 mm, 20 mm, 25 mm ou 32 mm.

6.1.2.4. *CrITÉRIOS de medição*

A medição dos serviços de luva de emenda deve ser realizada em função da quantidade de emendas efetivamente executadas.

6.1.3. *Treliça Nervurada com Três Barras Longitudinais Interligadas por Duas Diagonais Sinusoidais*

A treliça nervurada em aço CA-60 é normalmente utilizada como composição auxiliar do serviço de junta transversal em pavimento de concreto de cimento Portland, funcionando como apoio para posicionamento das barras de transferência.

A Figura 03 apresenta detalhes de barras de transferência utilizadas nas composições de custos de pavimento de concreto de cimento Portland.

Figura 03 - Barras de transferência



6.1.3.1. Critérios de medição

As treliças, incluindo todos os serviços necessários a sua execução, devem ser medidas em função da massa de aço efetivamente dobrada e colocada nas fôrmas, em consonância às especificações de projeto.

Importante destacar que as barras de transferência apresentadas na Figura 03 não constam da composição de custo de treliça nervurada.

6.1.4. Tela de Aço Eletrosoldada

As telas de aço eletrosoldadas são utilizadas como composição auxiliar em estruturas de concreto armado ou como item de planilha complementar de serviços principais, tais como pavimentos de concreto e concreto projetado em túneis. A Figura 04 apresenta telas de aço eletrosoldadas.

Figura 04 - Telas de aço eletrosoldadas



As barras de aço CA-60 nervurado constituintes das telas eletrosoldadas são fornecidas em rolos ou em painel, nos diâmetros de 3,4 mm, 3,8 mm, 4,2 mm, 4,5 mm, 5,0 mm, 5,6 mm, 6,0 mm, 7,1 mm, 9 mm e 10 mm.

As malhas das telas de aço eletrosoldadas são normalmente confeccionadas com os seguintes espaçamentos:

- 10 cm x 10 cm;
- 10 cm x 15 cm;
- 10 cm x 20 cm;
- 10 cm x 30 cm;
- 15 cm x 15 cm;
- 15 cm x 30 cm.

6.1.4.1. *Crêterios de medição*

As telas eletrossoldadas, incluindo todos os serviços necessários a sua execução, devem ser medidas em função da massa de aço efetivamente dobrada e colocada, em consonância às especificações de projeto.

7. FÔRMAS

7. FÔRMAS

As fôrmas são elementos indispensáveis à execução de estruturas diversas, tais como, lajes, vigas, pilares, confecção de bueiros tubulares e celulares de concreto, dispositivos de drenagem, entre outras aplicações.

As composições de custos do SICRO preveem a utilização de fôrmas de tábuas de madeira, de compensado resinado, de compensado plastificado e metálicas.

7.1. Descrição dos Serviços

7.1.1. Fôrmas de Tábuas e Compensados de Madeira

7.1.1.1. Materiais

a) Desmoldante

Em virtude do desgaste e em função da maior absorção, a cada utilização da fôrma o seu rendimento se reduz em 5%.

Em função do número de reaproveitamentos e da taxa de aplicação do desmoldante, torna-se possível calcular seu consumo nas fôrmas conforme expressão matemática apresentada abaixo:

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

onde:

C representa o consumo de desmoldante na fôrma;

T_a representa a taxa de aplicação (l / m²);

n representa o número de utilizações.

A Tabela 29 apresenta as taxas de aplicação de desmoldante em função dos diferentes materiais utilizados nas fôrmas e de sua respectiva finalidade.

Tabela 29 - Taxas de aplicação de desmoldante nas fôrmas

Descrição do Material	Aplicação de Desmoldante	
	Drenagem e OAC	Uso Geral
Tábua de pinho	60	60
Compensado resinado de 10 mm	-	60
Compensado resinado de 12 mm	-	60
Compensado resinado de 14 mm	-	60
Compensado resinado de 18 mm	60	-
Compensado plastificado de 10 mm	-	100
Compensado plastificado de 12mm	-	100
Compensado plastificado de 14 mm	-	100

b) Pregos de ferro

As composições de custos do SICRO não consideram a reutilização de pregos.

c) Madeira

O SICRO apresenta composições de custos para fôrmas de madeira utilizando tábua de pinho, chapa compensada resinada de 10 mm, 12 mm, 14 mm e 18 mm e chapa plastificada de 10 mm, 12 mm e 14 mm.

A Tabela 30 apresenta a quantidade de utilizações previstas para as fôrmas dos diferentes materiais.

Tabela 30 - Quantidade de utilizações das fôrmas de madeira

Fôrma	Número de Utilizações
Tábuas de pinho	1, 2, 3
Compensado resinado	1, 2, 3
Compensado plastificado	1, 2, 3
Curva resinada ou plastificada	2

Para o primeiro reaproveitamento das fôrmas foi considerada uma perda de 10% de material e a cada nova utilização adicionada uma perda de 5%, conforme expressão matemática apresentada abaixo:

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

onde:

CP representa o cálculo de perda das fôrmas de madeira;
n representa o número de utilizações.

Durante a elaboração do orçamento, em virtude das quantidades de fôrmas de madeira previstas em projeto, deve-se selecionar o número de utilizações a ser adotado em conformidade ao critério proposto na Tabela 31.

Tabela 31 - Critério proposto para utilização de fôrmas de madeira

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

As composições de custos de fôrmas de madeira para os dispositivos de drenagem e bueiros celulares e tubulares do SICRO consideram 3 utilizações como referência.

7.1.1.2. Equipamentos

A confecção de fôrmas de madeira é realizada com a utilização de serra circular com diâmetro de 30 cm e com bancada.

A produção da serra circular foi obtida em função do tempo necessário para executar os cortes das peças que compõem as fôrmas.

7.1.1.3. Mão de Obra

A Tabela 32 apresenta o consumo da mão de obra para confecção de fôrmas de madeira com tábuas de pinho para uso geral em função da quantidade de utilizações.

Tabela 32 - Consumo de mão de obra para fôrmas com tábua de pinho para uso geral

Mão de Obra	Utilização		
	1 Vez	2 Vezes	3 Vezes
Carpinteiro	0,80 h	0,85 h	0,90 h
Ajudante	0,80 h	0,85 h	0,90 h

A Tabela 33 apresenta o consumo da mão de obra necessária para confecção de fôrmas de madeira com compensado resinado de 18 mm para bueiros tubulares e celulares, prevendo-se sua utilização em 3 vezes.

Tabela 33 - Consumo de mão de obra para fôrmas de compensado resinado para bueiros

Mão de Obra	Utilização de 3 Vezes
Carpinteiro	0,60 h
Ajudante	0,60 h

A Tabela 34 apresenta o consumo da mão de obra necessária para confecção de fôrmas em curva com compensado resinado ou plastificado de 10 mm, prevendo-se sua utilização em 2 vezes.

Tabela 34 - Consumo de mão de obra para fôrmas em curva com compensado

Mão de Obra	Utilização de 2 Vezes
Carpinteiro	1,10 h
Ajudante	1,10 h

A Tabela 35 apresenta o consumo da mão de obra para fôrmas com compensado resinado ou plastificado para uso geral em função da quantidade de utilizações.

Tabela 35 - Consumo de mão de obra para fôrmas com compensado para uso geral

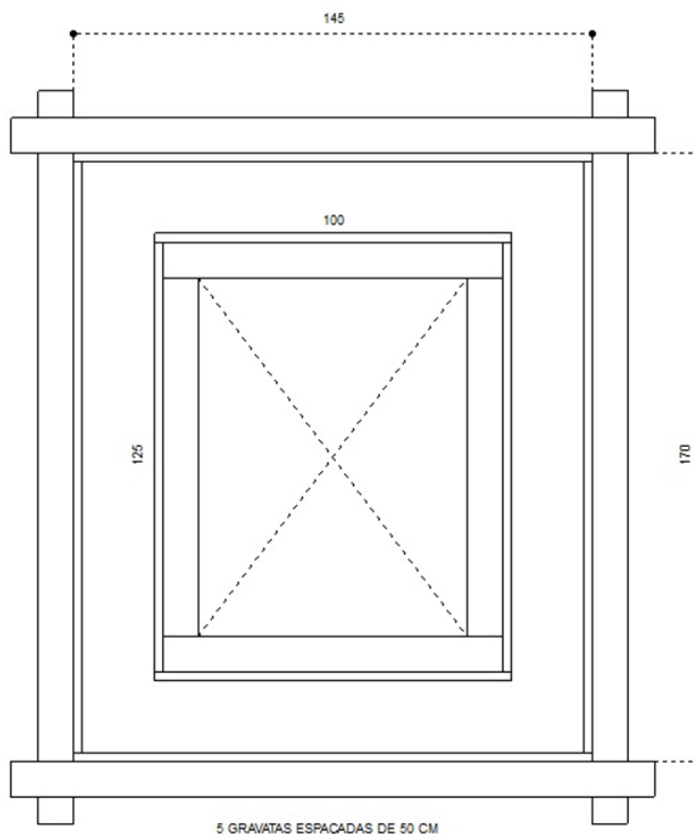
Mão de Obra	Utilização		
	1 Vez	2 Vezes	3 Vezes
Carpinteiro	0,60 h	0,65 h	0,70 h
Ajudante	0,60 h	0,65 h	0,70 h

7.1.1.4. Cálculo dos Consumos de Referência

a) Fôrmas para dispositivos de drenagem

O cálculo do consumo referencial dos materiais necessários à confecção de fôrmas com tábuas de pinho para os dispositivos de drenagem foi realizado em função do detalhamento das peças da caixa coletora de sarjeta CCS 01, conforme apresentado na Figura 05.

Figura 05 - Detalhe das fôrmas de tábua de pinho para caixa coletora de sarjeta CCS 01



A Tabela 36 apresenta a memória de cálculo e os consumos totais de materiais para confecção das fôrmas necessárias à execução da caixa coletora de sarjeta CCS 01, admitidas perdas de 10% na madeira e apenas uma utilização.

Tabela 36 - Consumo total de materiais para confecção de fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem (apenas 1 utilização)

Área de Fôrma = 20 m²	
Descrição dos Materiais	Quantidade
Desmoldante para fôrmas	$1 / 60 = 0,01667 \text{ l}$
Prego de ferro	$(4 \times 80 + 35 \times 7) / 242 / 20 = 0,11674 \text{ kg}$
Tábua de 2,5 x 10 cm	$5 \times 2 \times 1,1 \times (2,1 + 1,85 + 0,95 + 1,2) / 20 = 3,355 \text{ m}$
Tábua de pinho de terceira categoria com espessura de 2,5 cm	$1 \times 1,1 = 1,10 \text{ m}^2$

Entretanto, conforme anteriormente destacado, as composições de custos de fôrmas de madeira do SICRO preveem sua utilização em 3 vezes para os dispositivos de drenagem, conforme consumos e memórias de cálculo apresentados na Tabela 37.

Tabela 37 - Consumo total de materiais para confecção de fôrmas de tábuas de pinho para dispositivos de drenagem (3 utilizações)

Área de Fôrma = 20 m ²	
Descrição dos Materiais	Quantidade
Desmoldante para fôrmas	$1 / (60 \times (1 - 0,05 \times 2)) = 0,01852 \text{ l}$
Prego de ferro	$(4 \times 80 + 35 \times 7) / 242 / 20 = 0,11674 \text{ kg}$
Tábua de 2,5 x 10 cm	$5 \times 2 \times 1,1 \times 1,05 \times 1,05 \times (2,1 + 1,85 + 0,95 + 1,2) / 20 / 3 = 1,23296 \text{ m}$
Tábua de pinho de terceira categoria com espessura de 2,5 cm	$1 \times 1,1 \times 1,05 \times 1,05 / 3 = 0,40425 \text{ m}^2$

b) Fôrmas para uso geral utilizando tábua de pinho

As fôrmas de tábua de pinho de terceira categoria com espessura de 2,5 cm são utilizadas em arremates e soleiras do maciço de solo reforçado com fita, em baldrames, em muro guia para parede diafragma, em berços para peças pré-moldadas, entre outras aplicações.

O cálculo do consumo dos materiais necessários à confecção de fôrmas de tábua de pinho de terceira categoria para uso geral foi realizado levando-se em consideração o detalhamento das peças e a média dos seguintes elementos estruturais:

- Bloco de coroamento com 2 estacas 115 x 45 x 60 cm;
- Bloco de coroamento com 4 estacas 115 x 115 x 70 cm;
- Sapata 150 x 150 x 40 cm;
- Cinta 15 x 50 cm.

A Tabela 38 apresenta as memórias de cálculo e os consumos totais de materiais para confecção das fôrmas de tábua de pinho dos elementos estruturais utilizados como referência para definição do consumo médio das fôrmas para uso geral, admitidas perdas de 10% na madeira e apenas uma utilização.

Tabela 38 - Consumo total de materiais dos elementos utilizados como referência para o cálculo das fôrmas de tábua de pinho para uso geral (apenas 1 utilização)

Descrição dos Serviços	Bloco de 2 Estacas 115 x 45 x 60 cm	Bloco de 4 Estacas 115 x 115 x 70 cm	Sapata de 150 x 150 x 40 cm	Cinta de 15 x 50 cm	Soma dos Elementos	Consumo Médio por m²	Acréscimo de 10% de Perdas
Fôrma (m²)	1,92	3,22	0,90	1,00	7,04	1,00	1,1 m²
Desmoldante (l)	-	-	-	-	0,01667	0,01667	0,01667 l
Prego 17 x 27 (kg)	0,29752	0,41322	0,13223	0,09917	0,94214	0,13382	-
Caibro 7,5 x 7,5 cm (m)	3,6	5,6	-	-	9,20	1,3068	1,4375 m
Sarrafo 2,5 x 5 cm (m)	-	-	7,80	5,2	13,00	1,84659	2,03125 m
Sarrafo 2,5 x 7,5 cm (m)	5,1	7,92	-	-	13,02	1,84943	2,03438 m
Tábua de pinho de terceira categoria (m²)	-	-	-	-	-	1,00	1,1 m²

c) Fôrmas para uso geral utilizando madeira compensada resinada ou plastificada

O SICRO apresenta composições de custos para fôrmas de compensado resinado de 10 mm, 12 mm e 14 mm de espessura e de compensado plastificado com espessura de 10 mm, 12 mm e 14 mm, ambas as soluções para 1, 2 e 3 utilizações.

O cálculo do consumo dos materiais necessários à confecção de fôrmas de madeira compensada resinada ou plastificada para uso geral foi realizado levando-se em consideração o detalhamento das peças e a média dos seguintes elementos:

- A laje de referência foi considerada com dimensões de 300 x 300 cm;
- O pilar de referência foi considerado com dimensões de 50 x 50 cm e 6 m de altura, com gravatas a cada 40 cm;
- A viga de referência foi considerada com seção medindo 20 x 100 cm e comprimento de 10 m.

d) Guia de madeira

O serviço é necessário para a marcação da localização das sarjetas e valetas. Na execução destes serviços serão implantados gabaritos constituídos de guias de madeira que servem de referência para concretagem, cuja seção transversal corresponde às dimensões, forma de cada dispositivo e com a evolução geométrica estabelecida no projeto, espaçando-se estes gabaritos em, no máximo, 3 metros. As guias são retiradas logo após constatar-se o início do processo de cura do concreto.

O SICRO disponibiliza composições de custos para guia de madeira de 2,5 x 8,0 cm e de 2,5 x 10,0 cm.

A guia de madeira de 2,5 x 8,0 cm é utilizada nos seguintes serviços:

- Valeta de proteção de corte - VPC;
- Valeta de proteção de aterro - VPA;
- Sarjeta triangular de concreto - STC;
- Sarjeta de canteiro central de concreto - SCC.

A guia de madeira de 2,5 x 10 cm é utilizada no seguinte serviço:

e) Sarjeta trapezoidal de concreto - SZC.

A equipe para confecção da guia de madeira em tábua de pinho de terceira categoria com espessura de 2,5 cm é formada por 1 carpinteiro e 1 ajudante, resultando em uma produção horária de 100 metros.

7.1.1.5. Critérios de medição

A medição dos serviços de fôrmas de madeira deve ser realizada em função da área das superfícies de concreto em contato, acrescida da área correspondente aos recortes de fôrma, executados nos pontos de interseção das peças estruturais.

O custo unitário do serviço remunera o fornecimento, a execução e a instalação da fôrma de madeira especificada, inclusive gravatas, bem como a consequente desforma após a concretagem.

A medição dos serviços de guia de madeira deve ser realizada em função do comprimento efetivamente utilizado. O custo unitário remunera o fornecimento, a execução e a instalação da guia de madeira com perda de 5%, inclusive sua retirada.

7.1.2. Fôrmas de Chapas de Aço

7.1.2.1. Materiais

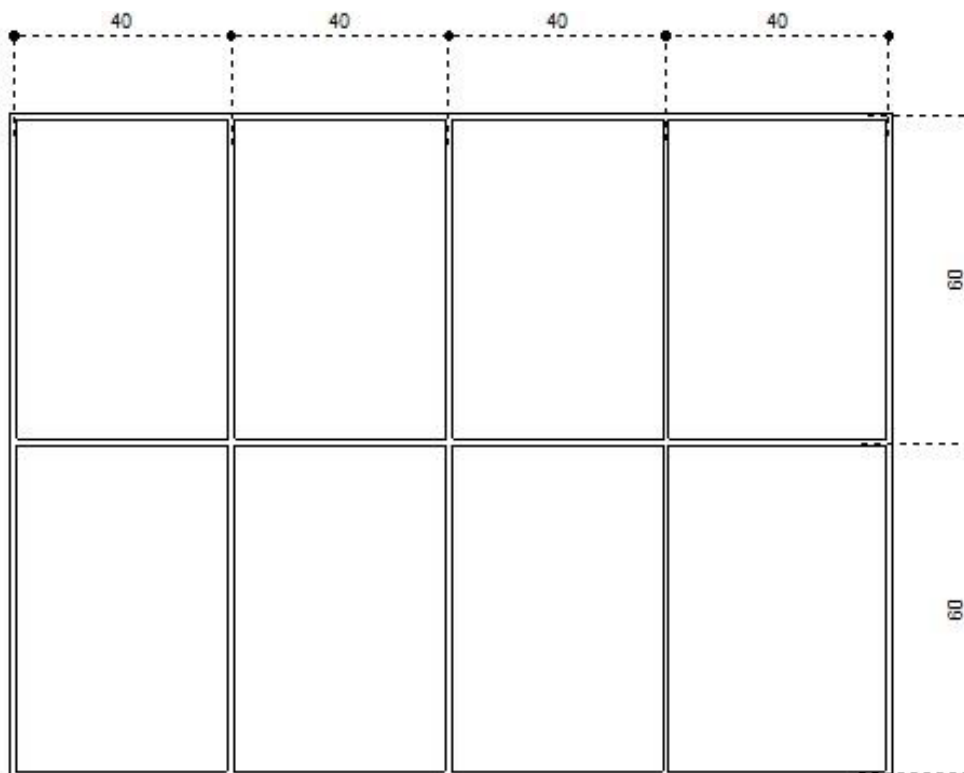
As composições de custos para confecção de fôrmas metálicas foram elaboradas considerando a utilização dos seguintes materiais:

- Desmoldante para fôrmas: o consumo considerado foi de 1 litro/100 m²;
- Chapas de aço ASTM A36;
- Eletrodo E60XX.

O SICRO apresenta composições de custos para fôrmas metálicas de uso geral confeccionadas com chapas de aço ASTM A36, com espessura de 1/8" e 3/16", e prevendo-se utilização de 100 vezes.

O cálculo do consumo de materiais necessários à confecção de fôrmas metálicas foi realizado em função do detalhamento das peças de um módulo de 160 cm x 120 cm, estruturado com nervuras de 4 cm e com a mesma espessura da chapa, conforme apresentado na Figura 06.

Figura 06 - Detalhe do módulo utilizado como referência para cálculo dos consumos de materiais para confecção das fôrmas metálicas



O consumo dos materiais nas fôrmas metálicas pode ser obtido em função da expressão matemática apresentada abaixo e deve considerar a perda de 10%.

$$C = \frac{(1,6 \times 1,2 + (3 \times 1,6 + 5 \times 1,2) \times l) \times p \times 1,1}{(1,6 \times 1,2 \times n)}$$

onde:

C representa o consumo do material;
l representa a largura da nervura (m);
p representa o peso da chapa (kg/m²);
n representa a quantidade de utilizações.

O SICRO apresenta composições de custos para os seguintes serviços de confecção de fôrmas metálicas:

- Fôrma metálica em chapa 1/8" reforçada com nervuras de 40 mm x 1/8" dispostas em grelhas de 40 cm x 60 cm, com previsão de 100 utilizações;
- Fôrma metálica em chapa 3/16" reforçada com nervuras de 40 mm x 3/16" dispostas em grelhas de 40 cm x 60 cm, com previsão de 100 utilizações;
- Fôrma metálica curva em chapa 3/16" reforçada com nervuras de 40 mm x 3/16" dispostas em grelhas de 40 cm x 60 cm, com previsão de 100 utilizações;
- Fôrma metálica para viga de concreto pré-moldada, com previsão de 20 utilizações.

7.1.2.2. Critérios de medição

A medição dos serviços de fôrmas de metálicas deve ser realizada em função da área das superfícies de concreto, acrescida da área correspondente aos recortes, executados nos pontos de interseção das peças estruturais.

O custo unitário do serviço remunera o fornecimento, a execução e a instalação da fôrma metálica especificada e a consequente desforma após a concretagem.

8. ESCORAMENTOS

8. ESCORAMENTOS

O SICRO apresenta composições de custos para execução de serviços relacionados ao escoramento para contenção lateral das paredes de solo e ao escoramento metálico para fôrmas.

8.1. Descrição dos Serviços

8.1.1. Escoramento para Contenção Lateral de Solo de Valas

8.1.1.1. Escoramento com vigas, longarinas e tábuas de madeira

O serviço consiste na contenção lateral das paredes de solo de cavas, poços e valas, por intermédio da utilização de peças de madeira verticais, espaçadas a cada metro, travadas por longarinas horizontais e por tábuas, para profundidades de escavação de até 4 metros.

O SICRO apresenta composições para os serviços de escoramento de valas com tábuas de madeira considerando nenhum reaproveitamento ou 3 utilizações, a saber:

- Escoramento de valas com tábuas de 2,5 x 30 cm e longarinas de 6 x 16 cm em profundidade de até 4 metros, com estroncas a cada metro não incluídas e sem reaproveitamento da madeira;
- Escoramento de valas com tábuas de 2,5 x 30 cm e longarinas de 6 x 16 cm em profundidade de até 4 metros, com estroncas a cada metro não incluídas e com previsão de 3 utilizações da madeira.

Nas composições de custos anteriormente referenciadas constam apenas os elementos apoiados na superfície escorada. As estroncas tem a finalidade de contenção transversal e não estão incluídas. As longarinas, incluídas nas composições, tem a finalidade de travamento das tábuas longitudinalmente.

8.1.1.2. Escoramento com perfis metálicos e chapas de aço

O serviço consiste na contenção lateral das paredes de solo de cavas, poços e valas, por intermédio da utilização de perfis metálicos I 152 x 10,8 kg/m, verticais, espaçados a cada metro, e travados entre si com chapas de aço de 12,5 a 16 mm, para profundidades de escavação de até 10 metros e com reutilização de 20 vezes.

O escoramento de cavas, poços e valas deve ser executado nos locais escavados, onde a estabilidade das paredes laterais for insuficiente à permanência estável da seção escavada.

O SICRO apresenta apenas uma composição de custo para o serviço de escoramento de valas com perfis e chapas metálicas considerando 20 utilizações, a saber:

- Escoramento com perfis metálicos I 152 mm x 10,8 kg/m a cada metro e chapas de aço em profundidade de até 10 metros, com estroncas a cada 2 metros não incluídas e com previsão de 3 utilizações do aço.

Nas composições de custos anteriormente referenciadas constam apenas os elementos apoiados na superfície escorada. As estroncas tem a finalidade de contenção transversal e não estão incluídas. As longarinas, incluídas nas composições, tem a finalidade de travamento das chapas longitudinalmente.

8.1.1.3. Estroncas para valas em madeira e em perfil metálico

A estronca consiste na haste posicionada com a finalidade de sustentar ou reforçar o escoramento transversalmente. O SICRO apresenta composições de custos para serviços de estroncas de madeira com diâmetro de 15 cm e 20 cm e em perfil metálico I 152 mm x 10,8 kg/m, a saber:

- Estroncas para valas com D = 15 cm - madeira sem reaproveitamento;
- Estroncas para valas com D = 15 cm - madeira com 3 utilizações;
- Estroncas para valas com D = 20 cm - madeira sem reaproveitamento;
- Estroncas para valas com D = 20 cm - madeira com 3 utilizações;
- Estroncas em perfil metálico I 152mm x 10,8 kg/m - utilização de 20 vezes.

8.1.1.4. Critérios de medição

A medição dos escoramentos deve ser realizada em função da área efetivamente escorada, independente da profundidade, da largura da vala, do diâmetro ou das dimensões laterais do poço. Já as estroncas devem ser medidas em função dos comprimentos efetivamente utilizados.

8.1.2. Escoramento em Madeira

O SICRO apresenta composições de custos para escoramentos com a utilização de pontaletes de madeira, com diâmetro de 10 e 15 cm e com utilizações previstas de 1, 2, 3 e 5 vezes. Além disso, apresenta uma composição de custo específica para o escoramento de bueiros celulares considerando 3 utilizações.

Durante a elaboração do orçamento, em virtude das quantidades de escoramentos de madeira previstos em projeto, deve-se selecionar o número de utilizações a ser adotado em conformidade ao critério proposto na Tabela 39.

Tabela 39 - Critério proposto para utilização dos escoramentos de madeira

Volume Total de Escoramentos da Obra (m³)	Número de Utilizações
Até 2.500	1
de 2.500 a 5.000	2
de 5.000 a 10.000	3
Acima de 10.000	5

Em função de imposição de prazos ou do processo executivo, a quantidade de utilizações dos escoramentos pode ser determinada pelo projetista, na fase de elaboração do orçamento, mediante comprovação e justificativa técnica.

Quando não houver indicação expressa em projeto, sugere-se considerar as composições de custos com 3 utilizações para os escoramentos de madeira.

8.1.2.1. Materiais

a) Pontaletes e tábuas de madeira

Para o primeiro reaproveitamento dos escoramentos de madeira foi considerada uma perda de 10% de material e a cada nova utilização adicionada uma perda de 5%, conforme expressão matemática apresentada abaixo.

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

onde:

CP representa o cálculo de perda dos escoramentos de madeira;
n representa a quantidade de utilizações.

8.1.2.2. Equipamentos

A confecção de escoramentos de madeira é realizada com a utilização de serra circular com diâmetro de 30 cm e com bancada.

A produção da serra circular foi obtida em função do tempo necessário para executar os cortes das peças que compõem os escoramentos.

8.1.2.3. Mão de Obra

A Tabela 40 apresenta o consumo da mão de obra necessário para confecção de escoramentos de madeira com pontaletes D = 10 cm para lajes esbeltas em função da quantidade de utilizações propostas.

Tabela 40 - Consumo de mão de obra para escoramentos com pontalete D = 10 cm

Mão de Obra	Utilização			
	1 Vez	2 Vezes	3 Vezes	5 Vezes
Carpinteiro	0,20 h	0,225 h	0,25 h	0,30 h
Ajudante	0,20 h	0,225 h	0,25 h	0,30 h

A Tabela 41 apresenta o consumo da mão de obra necessário para confecção de escoramentos de madeira com pontaletes D = 15 cm para lajes carregadas em função da quantidade de utilizações propostas.

Tabela 41 - Consumo de mão de obra para escoramentos com pontalete D = 15 cm

Mão de Obra	Utilização			
	1 Vez	2 Vezes	3 Vezes	5 Vezes
Carpinteiro	0,30 h	0,35 h	0,40 h	0,50 h
Ajudante	0,30 h	0,35 h	0,40 h	0,50 h

A Tabela 42 apresenta o consumo da mão de obra necessário para confecção de escoramentos para corpos de bueiros celulares, considerando utilização de 3 vezes.

Tabela 42 - Consumo de mão de obra para escoramentos de corpos de bueiros celulares

Mão de Obra	Utilização de 3 Vezes
Carpinteiro	0,50 h
Ajudante	0,50 h

8.1.2.4. Cálculo dos Consumos de Referência

a) Escoramento com Pontalete D = 10 cm

O cálculo do consumo de materiais necessários à confecção de escoramentos com pontaletes D = 10 cm foi realizado em função do detalhamento das peças de uma laje mais esbelta como referência, conforme apresentado nas Figuras 07 e 08.

Figura 07 - Vista em planta do escoramento da laje esbelta utilizada como referência

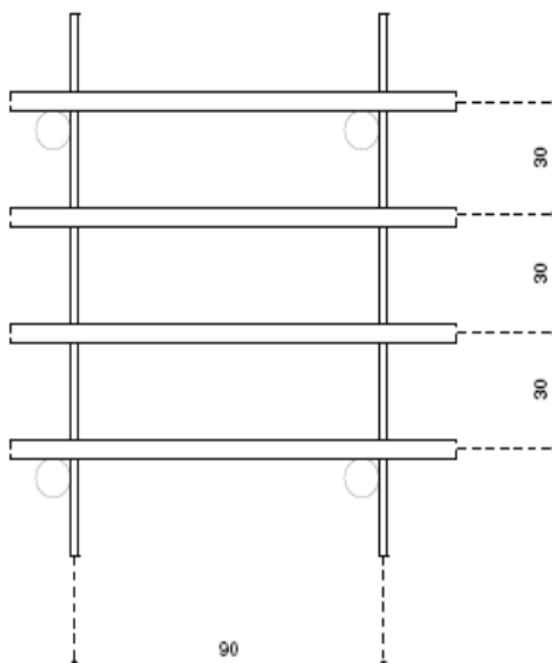
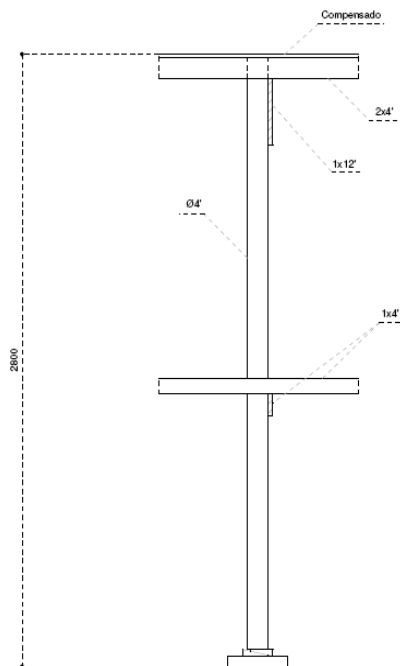


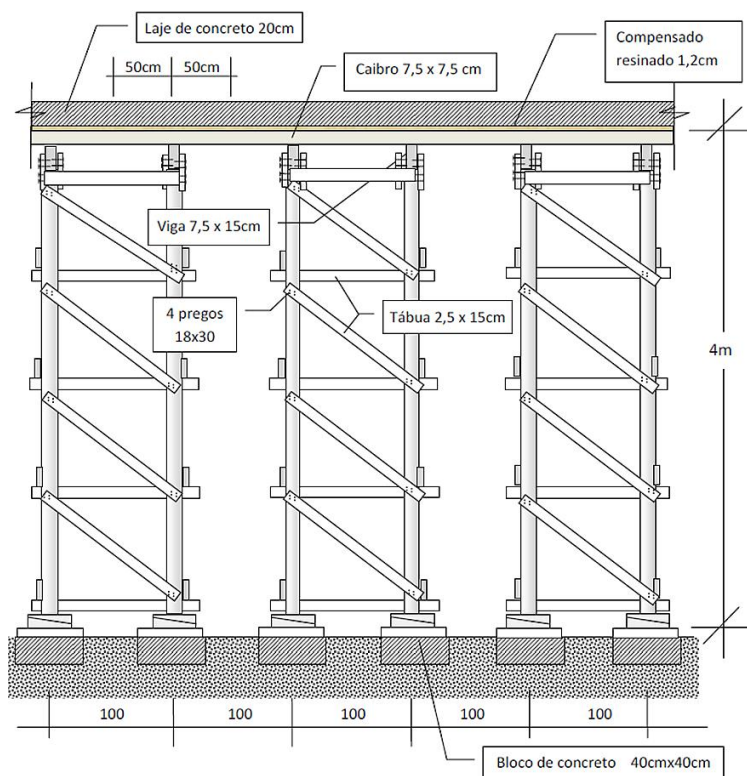
Figura 08 - Vista em corte do escoramento da laje esbelta utilizada como referência



b) Escoramento com Pontalete D = 15 cm

De forma similar ao item anterior, o cálculo do consumo de materiais necessários à confecção de escoramentos com pontaletes D = 15 cm foi realizado em função do detalhamento das peças de uma laje mais carregada como referência, conforme apresentado na Figura 09.

Figura 09 - Vista em corte do escoramento da laje carregada utilizada como referência



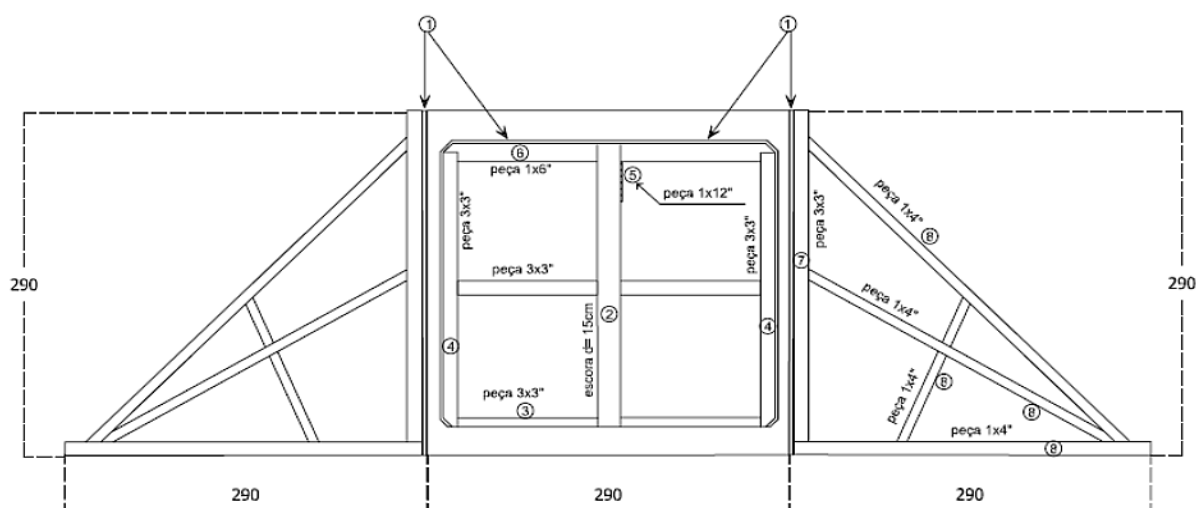
Importante destacar que os blocos de concreto indicados na Figura 09 não estão incluídos nas composições de custos dos serviços de escoramento. Sua indicação nesta representação serve apenas para demonstrar a importância de que o projetista atente-se para a capacidade de suporte do terreno a assentar o escoramento.

Se as condições do projeto permitirem, o escoramento deve ser dimensionado para cada estrutura, e quando necessário, incluída nas composições de custos a eventual necessidade e previsão de reforço do substrato de assentamento.

c) Escoramento de Corpo de Bueiro Celular

O cálculo do consumo dos materiais necessários à confecção de escoramentos de madeira para corpos de bueiros, prevendo-se 3 utilizações, foi realizado em função do detalhamento e da descrição das peças de um corpo de bueiro celular de concreto de seção 250 cm x 250 cm, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Detalhe dos escoramentos de madeira para corpo de bueiro de 250 cm x 250 cm



Peça 2: Escoras D = 15 cm, espaçadas de 1,50 m;

Peça 3: Estroncas horizontais 7,5 cm x 7,5 cm, espaçadas de 0,50 m;

Peças 8: Escoramento diagonal: 3 escoras diagonais e 1 horizontal, de 2,5 cm x 10 cm, espaçadas de 0,50 m, em ambos os lados.

8.1.2.5. Critérios de medição

A medição dos serviços de escoramento de madeira deve ser realizada em função do volume efetivamente escorado, definido pela área escorada em projeção multiplicada pela altura total do escoramento.

O custo unitário do serviço remunera o fornecimento, a execução e a instalação do escoramento, inclusive sua consequente retirada.

8.1.3. Escoramento Metálico

8.1.3.1. Escoras metálicas

O SICRO apresenta composições de custos para escoramentos metálicos para obras de arte correntes e especiais. O escoramento metálico é realizado por meio de escoras metálicas de tubos galvanizados ou com quadros tubulares contraventados.

As escoras metálicas são compostas por tubos galvanizados reguláveis, com comprimentos que variam entre 1,8 e 4,5 metros, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11 - Escoras metálicas aplicadas em lajes



O SICRO apresenta composições de custos para os seguintes serviços para escoras metálicas de tubos galvanizados:

- Escoramento metálico tubular galvanizado para fôrmas com capacidade de 2.100 a 750 kg por unidade, regulável de 3 m a 4,5 m, com utilização de 20 vezes;
- Escoramento metálico tubular galvanizado para fôrmas com capacidade de 3.200 a 1.600 kg por unidade, regulável de 1,8 m a 3,1 m, com utilização de 20 vezes.

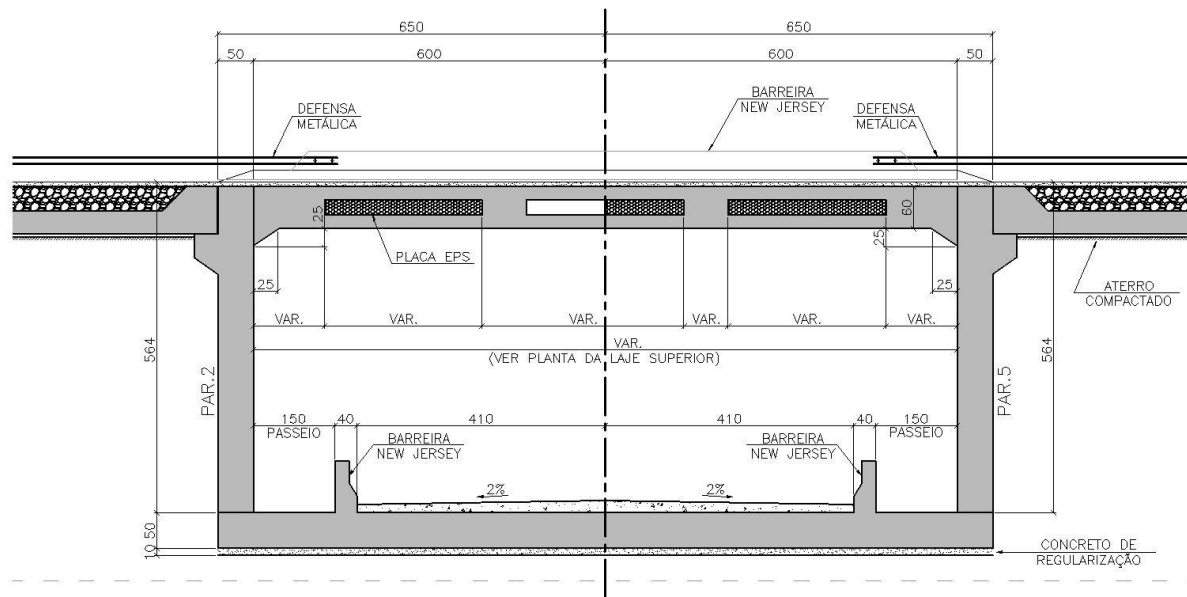
8.1.3.2. Escoramento com quadros metálicos tubulares contraventados

A definição de referência para os custos relacionados ao escoramento com quadros metálicos tubulares contraventado foi realizada em função do detalhamento de obras de arte especiais, tais como passagens inferiores em concreto armado. A escolha destas obras foi motivada pela sua utilização usual em obras rodoviárias. Como premissa para dimensionamento do escoramento considerou-se que a altura livre (fundo da laje superior até a laje inferior) varia entre 5,5 e 7,5 m.

Esse escoramento, como qualquer outro, deve ser projetado considerando-se o peso próprio da laje de concreto armado, incluindo sobrecargas acidentais que ocorrem durante a construção, como as de equipamentos de obra, as do peso de concreto ainda não totalmente espalhado, as de pessoal, entre outras.

Com base nas dimensões e nas cargas de construção, torna-se possível o dimensionamento do espaçamento necessário entre as torres, considerando-se as resistências das torres do escoramento fornecidas pelos fabricantes em seus manuais de utilização, conforme demonstrado na Figura 12.

Figura 12 - Vista em corte da passagem inferior utilizada como referência para dimensionamento dos escoramentos com quadros tubulares



Os consumos definidos para escoramento com quadros metálicos em função da passagem inferior apresentada na Figura 12 não se aplicam para obras com vãos maiores que 15 m, nem tampouco com altura livre da passagem maior que 8 m.

O dimensionamento do escoramento com quadros metálicos foi realizado em função do estabelecimento das seguintes premissas:

- Capacidade de carga de um poste Mills definida em 6 toneladas, conforme informado no catálogo - Edição de Dezembro de 2011;
- Laje de concreto armado ou de concreto protendido com blocos inseridos de EPS - Poliestireno Expandido;
- Espessura média do concreto da laje = 40 cm;
- Peso da laje = $0,40 \text{ m} \times 35 \text{ kN/m}^3 = 14 \text{ kN/m}^2$;
- Frequente sobrecarga na fase construtiva devida a um acúmulo de concreto descarregado sobre a torre sendo dimensionada;
- Peso de concreto acumulado (1 caminhão com 8 m^3) e espalhado em uma área pequena, criando cerca de 1 metro de espessura de concreto;
- Peso do concreto não espalhado = $1 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 25 \text{ kN/m}^2$;
- Peso Total = $14 + 25 = 39 \text{ kN/m}^2$;
- Cada unidade de torre suporta 240 kN em uma área de $6,25 \text{ m}^2 = 240 / 6,25 = 38,4 \text{ kN/m}^2$;
- Cada unidade de torre, com altura de 1,2 m, ocupa um volume de $7,5 \text{ m}^3$.

As Figuras 13 e 14 apresentam as torres tubulares contraventadas e o croqui do escoramento metálico, respectivamente.

Figura 13 - Torres tubulares contraventadas

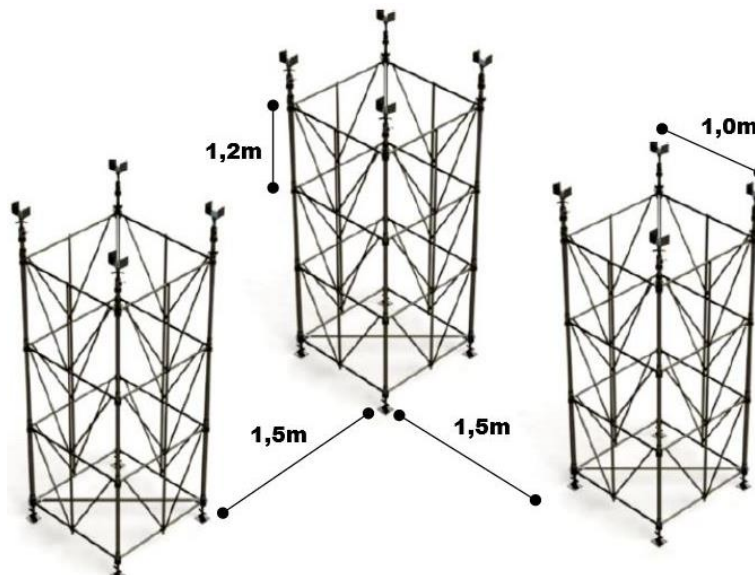
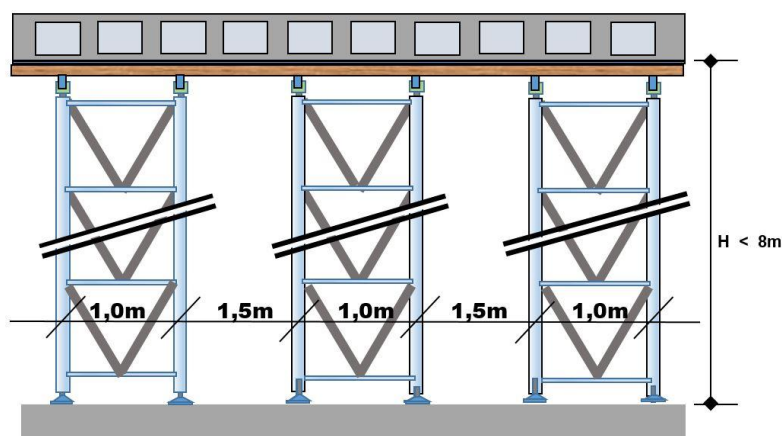


Figura 14 - Croqui do escoramento metálico



O SICRO disponibiliza duas composições de custos para os serviços de escoramento de lajes com quadros metálicos tubulares contraventados, sendo uma para cargas com até 2 t/m² e outra para o intervalo compreendido entre 2,1 a 3,8 t/m².

8.1.3.3. Critérios de medição

A medição das escoras metálicas deve ser realizada em função das unidades efetivamente utilizadas.

A medição dos serviços de escoramento com quadros metálicos tubulares contraventados, incluindo todos os serviços e insumos necessários a sua execução, deve ser realizada em função do volume escorado, de acordo com as capacidades de carga disponibilizadas nas composições de custos e das especificações de projeto.

