



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

# **Caderno técnico Pavimentação**

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

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

Versão 1.1  
Mês de referência: janeiro de 2025

## **Caderno técnico Pavimentação**



### Controle de versão do Caderno técnico

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



## APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

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

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

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

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



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura dos pavimentos rígido e flexível .....	1
Figura 2 - Atividades integrantes do grupo de serviços de pavimentação .....	7
Figura 3 - Junta com reservatório do selante com utilização de cordão.....	106



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Massas específicas referenciais de solos e agregados .....	3
Tabela 2 - Massas específicas referenciais das misturas usinadas e executadas em pista.....	3
Tabela 3 - Massas específicas referenciais de argamassas e concreto .....	4
Tabela 4 - Massas específicas referenciais de materiais .....	4
Tabela 5 - Quantidade de passadas referenciais do trator com grade de discos4	
Tabela 6 - Quantidade de passadas referenciais da motoniveladora.....	5
Tabela 7 - Quantidade de passadas referenciais dos rolos compactadores em função da energia de compactação .....	5
Tabela 8 - Quantidade de passadas referenciais dos rolos compactadores em função do serviço .....	5
Tabela 9 - Velocidades referenciais .....	6
Tabela 10 - Serviços empregados nas operações de transporte - reforço do subleito.....	16
Tabela 11 - Consumo de cal - reforço do subleito com solo melhorado com cal .....	20
Tabela 12 - Consumo de escavação e carga de material de jazida - reforço do subleito com solo melhorado com cal .....	21
Tabela 13 - Serviços empregados nas operações de transporte - reforço do subleito com solo melhorado com cal .....	21
Tabela 14 - Serviços empregados nas operações de transporte - revestimento primário .....	25
Tabela 15 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura .....	28
Tabela 16 - Consumos dos insumos em serviço de solo-brita - base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura na pista ..	32
Tabela 17 - Consumos dos insumos em serviço de solo escória de aciaria - base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura na pista.....	33
Tabela 18 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura na pista .....	33
Tabela 19 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura em usina.....	37
Tabela 20 - Consumos dos insumos em serviço de solo melhorado com cimento - base e sub-base de solo com mistura na pista .....	40
Tabela 21 - Consumos dos insumos em serviço de solo cimento - base e sub-base de solo com mistura na pista .....	41



Tabela 22 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo com adição de cimento com mistura na pista .....	41
Tabela 23 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo com adição de cimento com mistura em usina .....	44
Tabela 24 - Consumo de cal - base e sub-base de solo-cal .....	48
Tabela 25 - Consumo de escavação e carga de material de jazida - base e sub-base de solo-cal .....	49
Tabela 26 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo-cal .....	49
Tabela 27 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de brita graduada (com e sem cimento) .....	52
Tabela 28 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de brita graduada executada com vibroacabadora.....	54
Tabela 29 - Consumos dos insumos em serviço de base e sub-base de macadame seco .....	57
Tabela 30 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de macadame seco .....	57
Tabela 31 - Conversão para transporte - base e sub-base de macadame seco .....	57
Tabela 32 - Consumos dos insumos em serviço de base e sub-base de macadame hidráulico .....	60
Tabela 33 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de macadame hidráulico.....	60
Tabela 34 - Conversão para transporte - base e sub-base de macadame hidráulico .....	61
Tabela 35 - Serviços empregados nas operações de transporte - sub-base de concreto compactado com rolo .....	63
Tabela 36 - Consumo de emulsão asfáltica - sub-base de concreto adensado por vibração.....	65
Tabela 37 - Serviços empregados nas operações de transporte - sub-base de concreto adensado por vibração .....	66
Tabela 38 - Consumo de emulsão asfáltica - pintura de ligação .....	71
Tabela 39 - Consumos dos insumos - tratamento superficial simples.....	74
Tabela 40 - Consumos dos insumos - tratamento superficial simples com banho diluído.....	74
Tabela 41 - Consumos dos insumos - tratamento superficial duplo .....	75
Tabela 42 - Consumos dos insumos - tratamento superficial duplo com banho diluído.....	75
Tabela 43 - Consumos dos insumos - tratamento superficial triplo .....	76



Tabela 44 - Consumos dos insumos - tratamento superficial triplo com banho diluído.....	76
Tabela 45 - Serviços empregados nas operações de transporte - tratamento superficial .....	76
Tabela 46 - Conversão para transporte - tratamento superficial .....	77
Tabela 47 - Consumos dos insumos - macadame betuminoso - faixa A.....	80
Tabela 48 - Consumos dos insumos - macadame betuminoso - faixa B.....	80
Tabela 49 - Consumos dos insumos - macadame betuminoso - faixa C .....	81
Tabela 50 - Consumos dos insumos - macadame betuminoso - faixa D .....	81
Tabela 51 - Consumos dos insumos - macadame betuminoso com asfalto polímero - faixa A .....	81
Tabela 52 - Serviços empregados nas operações de transporte - macadame betuminoso por penetração.....	82
Tabela 53 - Conversão para transporte - macadame betuminoso por penetração .....	82
Tabela 54 - Serviços empregados nas operações de transporte - pré-misturado a frio .....	84
Tabela 55 - Serviços empregados nas operações de transporte - pré-misturado a quente com asfalto polímero .....	87
Tabela 56 - Serviços empregados nas operações de transporte - areia asfalto a quente (com e sem polímero).....	89
Tabela 57 - Serviços empregados nas operações de transporte - concreto asfáltico .....	91
Tabela 58 - Serviços empregados nas operações de transporte - concreto asfáltico com borracha .....	94
Tabela 59 - Consumo de fôrma metálica - pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte.....	96
Tabela 60 - Serviços empregados nas operações de transporte - pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte .....	97
Tabela 61 - Serviços empregados nas operações de transporte - pavimento de concreto com equipamento fôrma-trilho .....	99
Tabela 62- Serviços empregados nas operações de transporte - pavimento de concreto com fôrmas deslizantes .....	102
Tabela 63 - Conversão para transporte - pavimento de concreto com fôrmas deslizantes .....	103
Tabela 64 - Serviços empregados nas operações de transporte - pavimento de concreto compactado com rolo .....	105
Tabela 65 - Consumo de disco de corte - serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio.....	108





Tabela 66 - Consumo de selante elástico à base de poliuretano e asfalto - serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio.....	109
Tabela 67 - Serviços empregados nas operações de transporte - serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio .....	109
Tabela 68 - Serviços empregados nas operações de transporte - lona plástica para pavimento.....	111
Tabela 69 - Consumos dos insumos - lama asfáltica - faixa I .....	113
Tabela 70 - Consumos dos insumos - lama asfáltica - faixa II .....	114
Tabela 71 - Consumos dos insumos - lama asfáltica - faixa III .....	114
Tabela 72 - Serviços empregados nas operações de transporte - lama asfáltica .....	115
Tabela 73 - Conversão para transporte - lama asfáltica.....	115
Tabela 74 - Consumos de usinagem de agregados - microrrevestimento a frio .....	118
Tabela 75 - Consumo de filer - microrrevestimento a frio.....	118
Tabela 76 - Consumos de emulsão - microrrevestimento a frio .....	119
Tabela 77 - Serviços empregados nas operações de transporte - microrrevestimento a frio.....	119
Tabela 78 - Serviços empregados nas operações de transporte - micro pré-misturado a quente.....	122
Tabela 79 - Serviços empregados nas operações de transporte - concreto asfáltico reciclado em usina com adição de asfalto.....	124
Tabela 80 - Consumo de material fresado - reestabilização de base com adição de material fresado.....	130
Tabela 81 - Serviços empregados nas operações de transporte - reestabilização de base com adição de material fresado.....	130
Tabela 82 - Consumo de dente de corte - reestabilização de base com adição de brita .....	134
Tabela 83 - Consumo de porta dente de corte - reestabilização de base com adição de brita.....	135
Tabela 84 - Consumo de brita - reestabilização de base com adição de brita	135
Tabela 85 - Serviços empregados nas operações de transporte - reestabilização de base com adição de brita .....	136
Tabela 86 - Consumo de dente de corte - reestabilização de base com adição de cimento.....	140
Tabela 87 - Consumo de porta dente de corte - reestabilização de base com adição de cimento .....	140



Tabela 88 - Consumo de cimento - reestabilização de base com adição de cimento.....	141
Tabela 89 - Serviços empregados nas operações de transporte - reestabilização de base com adição de cimento.....	141
Tabela 90 - Consumo de dente de corte - reciclagem simples com incorporação do revestimento asfáltico à base .....	144
Tabela 91 - Consumo de porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio - reciclagem simples com incorporação do revestimento asfáltico à base .....	145
Tabela 92 - Consumo de bit para recicladora - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de brita.....	149
Tabela 93 - Consumo de porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de brita.....	149
Tabela 94 - Serviços empregados nas operações de transporte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de brita	150
Tabela 95 - Consumo de bit para recicladora - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento e brita .....	154
Tabela 96 - Consumo de porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento e brita .....	155
Tabela 97 - Consumo de cimento - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento e brita .....	155
Tabela 98 - Serviços empregados nas operações de transporte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento e brita .....	156
Tabela 99 - Consumo de bit para recicladora - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento .....	160
Tabela 100 - Consumo de porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento .....	161
Tabela 101 - Consumo de cimento - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento .....	161
Tabela 102 - Serviços empregados nas operações de transporte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento.....	162
Tabela 103 - Consumo de dente de corte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento .....	166
Tabela 104 - Consumo de porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento .....	166



Tabela 105 - Consumo de cimento asfáltico - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento .....	167
Tabela 106 - Consumo de cimento - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento .....	167
Tabela 107 - Serviços empregados nas operações de transporte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento .....	168
Tabela 108 - Consumo de dente de corte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra .....	172
Tabela 109 - Consumo de porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra .....	173
Tabela 110 - Consumo de cimento asfáltico - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra .....	173
Tabela 111 - Consumo de cimento - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra .....	174
Tabela 112 - Serviços empregados nas operações de transporte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra .....	174
Tabela 113 - Serviços empregados nas operações de transporte - reciclagem de revestimento asfáltico em usina com adição de espuma asfáltica, pó de pedra e cimento .....	177
Tabela 114 - Serviços empregados nas operações de transporte - manta sintética para recapeamento asfáltico .....	179
Tabela 115 - Serviços empregados nas operações de transporte - geogrelha bidirecional .....	180
Tabela 116 - Consumo de emulsão asfáltica - cura com pintura asfáltica para camadas granulares com adição de cimento .....	182
Tabela 117 - Conversão para unidade de momento de transporte de geogrelha .....	188
Tabela 118 - Relação das composições de custos por subgrupo - pavimentação .....	189



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Parâmetros referenciais.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>SERVIÇOS .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Subleito .....</b>	<b>8</b>
2.1.1	Regularização do subleito .....	8
2.1.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>8</i>
2.1.1.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>8</i>
2.1.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>9</i>
2.1.1.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>10</i>
2.1.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>10</i>
2.1.1.6	<i>Operações de transporte .....</i>	<i>11</i>
2.1.1.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>11</i>
2.1.2	Regularização do subleito com fresagem corte e controle automático de greide.....	11
2.1.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>11</i>
2.1.2.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>11</i>
2.1.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>11</i>
2.1.2.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>13</i>
2.1.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>13</i>
2.1.2.6	<i>Operações de transporte .....</i>	<i>13</i>
2.1.2.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>13</i>
<b>2.2</b>	<b>Reforço do subleito .....</b>	<b>13</b>
2.2.1	Reforço do subleito.....	13
2.2.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>14</i>
2.2.1.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>14</i>
2.2.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>14</i>
2.2.1.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>16</i>
2.2.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>16</i>
2.2.1.6	<i>Operações de transporte .....</i>	<i>16</i>
2.2.1.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>17</i>
2.2.2	Reforço do subleito com solo melhorado com cal .....	17
2.2.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>17</i>
2.2.2.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>17</i>
2.2.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>18</i>



2.2.2.4	<i>Mão de obra</i>	20
2.2.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	20
2.2.2.6	<i>Operações de transporte</i>	21
2.2.2.7	<i>Critérios de medição</i>	22
<b>2.3</b>	<b>Revestimento granular</b>	<b>22</b>
2.3.1	Revestimento primário	22
2.3.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	22
2.3.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	22
2.3.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	22
2.3.1.4	<i>Mão de obra</i>	24
2.3.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	24
2.3.1.6	<i>Operações de transporte</i>	25
2.3.1.7	<i>Critérios de medição</i>	25
<b>2.4</b>	<b>Base e sub-base</b>	<b>25</b>
2.4.1	Base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura	25
2.4.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	25
2.4.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	26
2.4.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	26
2.4.1.4	<i>Mão de obra</i>	28
2.4.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	28
2.4.1.6	<i>Operações de transporte</i>	28
2.4.1.7	<i>Critérios de medição</i>	29
2.4.2	Base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura na pista	29
2.4.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	29
2.4.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	29
2.4.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	30
2.4.2.4	<i>Mão de obra</i>	31
2.4.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	32
2.4.2.6	<i>Operações de transporte</i>	33
2.4.2.7	<i>Critérios de medição</i>	34
2.4.3	Base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura em usina	34
2.4.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	34
2.4.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	35



2.4.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	35
2.4.3.4	<i>Mão de obra</i> .....	36
2.4.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	36
2.4.3.6	<i>Operações de transporte</i> .....	37
2.4.3.7	<i>Critérios de medição</i> .....	37
2.4.4	Base e sub-base de solo com adição de cimento com mistura na pista .....	37
2.4.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	37
2.4.4.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	38
2.4.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	38
2.4.4.4	<i>Mão de obra</i> .....	40
2.4.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	40
2.4.4.6	<i>Operações de transporte</i> .....	41
2.4.4.7	<i>Critérios de medição</i> .....	42
2.4.5	Base e sub-base de solo com adição de cimento com mistura em usina .....	42
2.4.5.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	42
2.4.5.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	42
2.4.5.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	42
2.4.5.4	<i>Mão de obra</i> .....	44
2.4.5.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	44
2.4.5.6	<i>Operações de transporte</i> .....	44
2.4.5.7	<i>Critérios de medição</i> .....	45
2.4.6	Base e sub-base de solo-cal .....	45
2.4.6.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	45
2.4.6.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	45
2.4.6.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	45
2.4.6.4	<i>Mão de obra</i> .....	47
2.4.6.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	48
2.4.6.6	<i>Operações de transporte</i> .....	49
2.4.6.7	<i>Critérios de medição</i> .....	49
2.4.7	Base e sub-base de brita graduada (com e sem cimento) .....	49
2.4.7.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	50
2.4.7.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	50
2.4.7.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	50
2.4.7.4	<i>Mão de obra</i> .....	51



2.4.7.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	51
2.4.7.6	<i>Operações de transporte</i> .....	52
2.4.7.7	<i>Critérios de medição</i> .....	52
2.4.8	Base e sub-base de brita graduada executada com vibroacabadora	52
2.4.8.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	52
2.4.8.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	52
2.4.8.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	53
2.4.8.4	<i>Mão de obra</i> .....	54
2.4.8.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	54
2.4.8.6	<i>Operações de transporte</i> .....	54
2.4.8.7	<i>Critérios de medição</i> .....	55
2.4.9	Base e sub-base de macadame seco .....	55
2.4.9.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	55
2.4.9.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	55
2.4.9.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	55
2.4.9.4	<i>Mão de obra</i> .....	56
2.4.9.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	56
2.4.9.6	<i>Operações de transporte</i> .....	57
2.4.9.7	<i>Critérios de medição</i> .....	58
2.4.10	Base e sub-base de macadame hidráulico.....	58
2.4.10.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	58
2.4.10.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	58
2.4.10.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	58
2.4.10.4	<i>Mão de obra</i> .....	60
2.4.10.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	60
2.4.10.6	<i>Operações de transporte</i> .....	60
2.4.10.7	<i>Critérios de medição</i> .....	61
2.4.11	Sub-base de concreto compactado com rolo .....	61
2.4.11.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	61
2.4.11.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	61
2.4.11.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	62
2.4.11.4	<i>Mão de obra</i> .....	63
2.4.11.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	63
2.4.11.6	<i>Operações de transporte</i> .....	63
2.4.11.7	<i>Critérios de medição</i> .....	63



2.4.12	Sub-base de concreto adensado por vibração .....	63
2.4.12.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	64
2.4.12.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	64
2.4.12.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	64
2.4.12.4	<i>Mão de obra</i> .....	65
2.4.12.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	65
2.4.12.6	<i>Operações de transporte</i> .....	66
2.4.12.7	<i>Critérios de medição</i> .....	66
<b>2.5</b>	<b>Preparação da superfície</b> .....	<b>66</b>
2.5.1	Varredura .....	66
2.5.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	66
2.5.1.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	66
2.5.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	67
2.5.1.4	<i>Mão de obra</i> .....	67
2.5.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	67
2.5.1.6	<i>Operações de transporte</i> .....	67
2.5.1.7	<i>Critérios de medição</i> .....	67
2.5.2	Imprimação .....	67
2.5.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	68
2.5.2.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	68
2.5.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	68
2.5.2.4	<i>Mão de obra</i> .....	68
2.5.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	69
2.5.2.6	<i>Operações de transporte</i> .....	69
2.5.2.7	<i>Critérios de medição</i> .....	69
2.5.3	Pintura de ligação .....	69
2.5.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	69
2.5.3.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	69
2.5.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	70
2.5.3.4	<i>Mão de obra</i> .....	70
2.5.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	70
2.5.3.6	<i>Operações de transporte</i> .....	71
2.5.3.7	<i>Critérios de medição</i> .....	71
<b>2.6</b>	<b>Revestimento betuminoso</b> .....	<b>71</b>
2.6.1	Tratamento superficial .....	71





2.6.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	71
2.6.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	72
2.6.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	72
2.6.1.4	<i>Mão de obra</i>	73
2.6.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	73
2.6.1.6	<i>Operações de transporte</i>	76
2.6.1.7	<i>Critérios de medição</i>	77
2.6.2	<i>Macadame betuminoso por penetração</i>	77
2.6.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	77
2.6.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	78
2.6.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	78
2.6.2.4	<i>Mão de obra</i>	79
2.6.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	80
2.6.2.6	<i>Operações de transporte</i>	81
2.6.2.7	<i>Critérios de medição</i>	82
2.6.3	<i>Pré-misturado a frio</i>	82
2.6.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	83
2.6.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	83
2.6.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	83
2.6.3.4	<i>Mão de obra</i>	84
2.6.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	84
2.6.3.6	<i>Operações de transporte</i>	84
2.6.3.7	<i>Critérios de medição</i>	85
2.6.4	<i>Pré-misturado a quente com asfalto polímero</i>	85
2.6.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	85
2.6.4.2	<i>Metodologia executiva</i>	85
2.6.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	85
2.6.4.4	<i>Mão de obra</i>	86
2.6.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	86
2.6.4.6	<i>Operações de transporte</i>	86
2.6.4.7	<i>Critérios de medição</i>	87
2.6.5	<i>Areia asfalto a quente (com e sem polímero)</i>	87
2.6.5.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	87
2.6.5.2	<i>Metodologia executiva</i>	87
2.6.5.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	88



2.6.5.4	<i>Mão de obra</i>	88
2.6.5.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	89
2.6.5.6	<i>Operações de transporte</i>	89
2.6.5.7	<i>Critérios de medição</i>	89
2.6.6	<i>Concreto asfáltico</i>	89
2.6.6.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	89
2.6.6.2	<i>Metodologia executiva</i>	90
2.6.6.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	90
2.6.6.4	<i>Mão de obra</i>	91
2.6.6.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	91
2.6.6.6	<i>Operações de transporte</i>	91
2.6.6.7	<i>Critérios de medição</i>	92
2.6.7	<i>Concreto asfáltico com borracha</i>	92
2.6.7.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	92
2.6.7.2	<i>Metodologia executiva</i>	92
2.6.7.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	92
2.6.7.4	<i>Mão de obra</i>	93
2.6.7.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	94
2.6.7.6	<i>Operações de transporte</i>	94
2.6.7.7	<i>Critérios de medição</i>	94
<b>2.7</b>	<b>Pavimento de concreto</b>	<b>94</b>
2.7.1	<i>Pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte</i>	94
2.7.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	94
2.7.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	95
2.7.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	95
2.7.1.4	<i>Mão de obra</i>	95
2.7.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	96
2.7.1.6	<i>Operações de transporte</i>	97
2.7.1.7	<i>Critérios de medição</i>	97
2.7.2	<i>Pavimento de concreto com equipamento fôrma-trilho</i>	97
2.7.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	97
2.7.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	98
2.7.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	98
2.7.2.4	<i>Mão de obra</i>	98
2.7.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	99



2.7.2.6	<i>Operações de transporte</i> .....	99
2.7.2.7	<i>Critérios de medição</i> .....	99
2.7.3	Pavimento de concreto com fôrmas deslizantes .....	100
2.7.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	100
2.7.3.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	100
2.7.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	100
2.7.3.4	<i>Mão de obra</i> .....	101
2.7.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	102
2.7.3.6	<i>Operações de transporte</i> .....	102
2.7.3.7	<i>Critérios de medição</i> .....	103
2.7.4	Pavimento de concreto compactado com rolo .....	103
2.7.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	103
2.7.4.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	103
2.7.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	104
2.7.4.4	<i>Mão de obra</i> .....	104
2.7.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	105
2.7.4.6	<i>Operações de transporte</i> .....	105
2.7.4.7	<i>Critérios de medição</i> .....	105
2.7.5	Serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio .....	105
2.7.5.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	106
2.7.5.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	106
2.7.5.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	106
2.7.5.4	<i>Mão de obra</i> .....	107
2.7.5.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	108
2.7.5.6	<i>Operações de transporte</i> .....	109
2.7.5.7	<i>Critérios de medição</i> .....	109
2.7.6	Lona plástica para pavimento .....	109
2.7.6.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	109
2.7.6.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	110
2.7.6.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	110
2.7.6.4	<i>Mão de obra</i> .....	110
2.7.6.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	110
2.7.6.6	<i>Operações de transporte</i> .....	110
2.7.6.7	<i>Critérios de medição</i> .....	111



<b>2.8</b>	<b>Recuperação .....</b>	<b>111</b>
2.8.1	Lama asfáltica .....	111
2.8.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>111</i>
2.8.1.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>111</i>
2.8.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>111</i>
2.8.1.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>113</i>
2.8.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>113</i>
2.8.1.6	<i>Operações de transporte .....</i>	<i>114</i>
2.8.1.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>115</i>
2.8.2	Microrrevestimento a frio .....	115
2.8.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>116</i>
2.8.2.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>116</i>
2.8.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>116</i>
2.8.2.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>117</i>
2.8.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>118</i>
2.8.2.6	<i>Operações de transporte .....</i>	<i>119</i>
2.8.2.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>120</i>
2.8.3	Micro pré-misturado a quente.....	120
2.8.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>120</i>
2.8.3.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>120</i>
2.8.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>120</i>
2.8.3.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>121</i>
2.8.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>122</i>
2.8.3.6	<i>Operações de transporte .....</i>	<i>122</i>
2.8.3.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>122</i>
2.8.4	Concreto asfáltico reciclado em usina com adição de asfalto .....	122
2.8.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>122</i>
2.8.4.2	<i>Metodologia executiva .....</i>	<i>123</i>
2.8.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica .....</i>	<i>123</i>
2.8.4.4	<i>Mão de obra .....</i>	<i>124</i>
2.8.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>124</i>
2.8.4.6	<i>Operações de transporte .....</i>	<i>124</i>
2.8.4.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>125</i>
2.8.5	Reestabilização de base sem adição .....	125
2.8.5.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos .....</i>	<i>125</i>



2.8.5.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	125
2.8.5.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	125
2.8.5.4	<i>Mão de obra</i> .....	127
2.8.5.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	127
2.8.5.6	<i>Operações de transporte</i> .....	127
2.8.5.7	<i>Critérios de medição</i> .....	127
2.8.6	Reestabilização de base com adição de material fresado .....	127
2.8.6.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	127
2.8.6.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	127
2.8.6.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	128
2.8.6.4	<i>Mão de obra</i> .....	129
2.8.6.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	130
2.8.6.6	<i>Operações de transporte</i> .....	130
2.8.6.7	<i>Critérios de medição</i> .....	131
2.8.7	Reestabilização de base com adição de brita .....	131
2.8.7.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	131
2.8.7.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	131
2.8.7.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	131
2.8.7.4	<i>Mão de obra</i> .....	134
2.8.7.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	134
2.8.7.6	<i>Operações de transporte</i> .....	136
2.8.7.7	<i>Critérios de medição</i> .....	136
2.8.8	Reestabilização de base com adição de cimento .....	136
2.8.8.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	136
2.8.8.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	136
2.8.8.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	137
2.8.8.4	<i>Mão de obra</i> .....	139
2.8.8.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i> .....	139
2.8.8.6	<i>Operações de transporte</i> .....	141
2.8.8.7	<i>Critérios de medição</i> .....	141
2.8.9	Reciclagem simples com incorporação do revestimento asfáltico à base .....	141
2.8.9.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i> .....	141
2.8.9.2	<i>Metodologia executiva</i> .....	142
2.8.9.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i> .....	142



2.8.9.4	<i>Mão de obra</i>	144
2.8.9.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	144
2.8.9.6	<i>Operações de transporte</i>	145
2.8.9.7	<i>Critérios de medição</i>	145
2.8.10	Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de brita	145
2.8.10.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	145
2.8.10.2	<i>Metodologia executiva</i>	146
2.8.10.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	146
2.8.10.4	<i>Mão de obra</i>	148
2.8.10.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	148
2.8.10.6	<i>Operações de transporte</i>	150
2.8.10.7	<i>Critérios de medição</i>	150
2.8.11	Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento e brita	150
2.8.11.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	150
2.8.11.2	<i>Metodologia executiva</i>	151
2.8.11.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	151
2.8.11.4	<i>Mão de obra</i>	154
2.8.11.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	154
2.8.11.6	<i>Operações de transporte</i>	156
2.8.11.7	<i>Critérios de medição</i>	156
2.8.12	Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento	157
2.8.12.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	157
2.8.12.2	<i>Metodologia executiva</i>	157
2.8.12.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	157
2.8.12.4	<i>Mão de obra</i>	160
2.8.12.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	160
2.8.12.6	<i>Operações de transporte</i>	161
2.8.12.7	<i>Critérios de medição</i>	162
2.8.13	Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento	162
2.8.13.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	162
2.8.13.2	<i>Metodologia executiva</i>	162
2.8.13.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	163



2.8.13.4	Mão de obra .....	165
2.8.13.5	Materiais e atividades auxiliares.....	165
2.8.13.6	Operações de transporte .....	167
2.8.13.7	Critérios de medição.....	168
2.8.14	Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra.....	168
2.8.14.1	Dispositivos legais e técnico-normativos .....	168
2.8.14.2	Metodologia executiva .....	168
2.8.14.3	Produção horária e equipe mecânica .....	169
2.8.14.4	Mão de obra .....	171
2.8.14.5	Materiais e atividades auxiliares.....	172
2.8.14.6	Operações de transporte .....	174
2.8.14.7	Critérios de medição.....	175
2.8.15	Reciclagem de revestimento asfáltico em usina com adição de espuma asfáltica, pó de pedra e cimento.....	175
2.8.15.1	Dispositivos legais e técnico-normativos .....	175
2.8.15.2	Metodologia executiva .....	175
2.8.15.3	Produção horária e equipe mecânica .....	175
2.8.15.4	Mão de obra .....	176
2.8.15.5	Materiais e atividades auxiliares.....	176
2.8.15.6	Operações de transporte .....	176
2.8.15.7	Critérios de medição.....	177
2.8.16	Manta sintética para recapeamento asfáltico .....	177
2.8.16.1	Dispositivos legais e técnico-normativos .....	177
2.8.16.2	Metodologia executiva .....	178
2.8.16.3	Produção horária e equipe mecânica .....	178
2.8.16.4	Mão de obra .....	178
2.8.16.5	Materiais e atividades auxiliares.....	179
2.8.16.6	Operações de transporte .....	179
2.8.16.7	Critérios de medição.....	179
2.8.17	Geogrelha bidirecional .....	179
2.8.17.1	Dispositivos legais e técnico-normativos .....	179
2.8.17.2	Metodologia executiva .....	179
2.8.17.3	Produção horária e equipe mecânica .....	180
2.8.17.4	Mão de obra .....	180
2.8.17.5	Materiais e atividades auxiliares.....	180





2.8.17.6	Operações de transporte .....	180
2.8.17.7	Crítérios de medição.....	181
<b>2.9</b>	<b>Cura .....</b>	<b>181</b>
2.9.1	Cura com pintura asfáltica para camadas granulares com adição de cimento .....	181
2.9.1.1	Dispositivos legais e técnico-normativos .....	181
2.9.1.2	Metodologia executiva .....	181
2.9.1.3	Produção horária e equipe mecânica .....	181
2.9.1.4	Mão de obra .....	182
2.9.1.5	Materiais e atividades auxiliares.....	182
2.9.1.6	Operações de transporte .....	182
2.9.1.7	Crítérios de medição.....	182
2.9.2	Cura para pavimento de concreto rolado.....	183
2.9.2.1	Dispositivos legais e técnico-normativos .....	183
2.9.2.2	Metodologia executiva .....	183
2.9.2.3	Produção horária e equipe mecânica .....	183
2.9.2.4	Mão de obra .....	184
2.9.2.5	Materiais e atividades auxiliares.....	184
2.9.2.6	Operações de transporte .....	184
2.9.2.7	Crítérios de medição.....	184
<b>2.10</b>	<b>Material de jazida .....</b>	<b>184</b>
2.10.1	Escavação e carga de material de jazida com trator e carregadeira .....	184
2.10.1.1	Dispositivos legais e técnico-normativos .....	184
2.10.1.2	Metodologia executiva .....	184
2.10.1.3	Produção horária e equipe mecânica .....	184
2.10.1.4	Mão de obra .....	185
2.10.1.5	Materiais e atividades auxiliares.....	185
2.10.1.6	Operações de transporte .....	185
2.10.1.7	Crítérios de medição.....	186
2.10.2	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica .....	186
2.10.2.1	Dispositivos legais e técnico-normativos .....	186
2.10.2.2	Metodologia executiva .....	186
2.10.2.3	Produção horária e equipe mecânica .....	186
2.10.2.4	Mão de obra .....	186
2.10.2.5	Materiais e atividades auxiliares.....	187





2.10.2.6	Operações de transporte .....	187
2.10.2.7	Critérios de medição.....	187
<b>3</b>	<b>FATOR DE CARGA E CONVERSÃO PARA TRANSPORTE .....</b>	<b>187</b>
<b>3.1</b>	<b>Parâmetros de insumos .....</b>	<b>187</b>
3.1.1	Massa unitária .....	187
3.1.2	Dimensões.....	187
<b>3.2</b>	<b>Parâmetros de transporte .....</b>	<b>187</b>
3.2.1	Quantidades transportadas .....	187
3.2.2	Massa transportada .....	187
<b>3.3</b>	<b>Conversão para transporte.....</b>	<b>188</b>
3.3.1	Fator de carga .....	188
3.3.2	Cálculo da conversão para transporte .....	188
<b>APÊNDICE A - RELAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS POR SUBGRUPO - PAVIMENTAÇÃO .....</b>		<b>189</b>



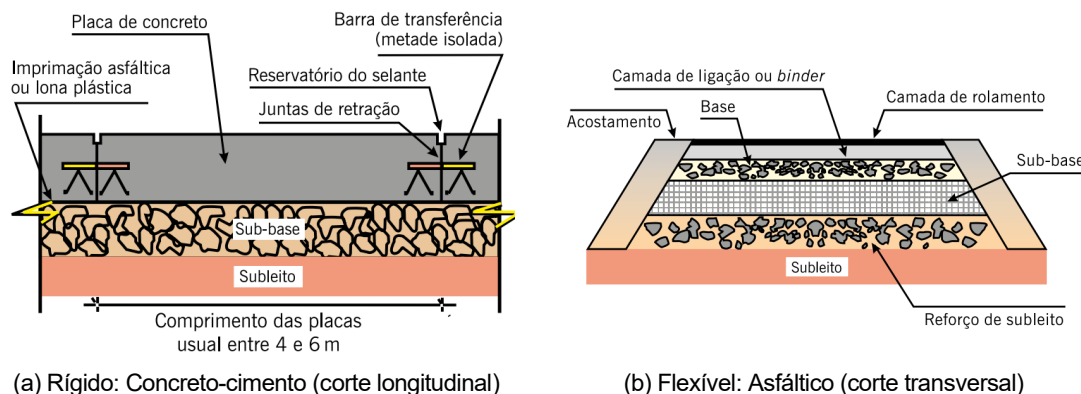
## 1 INTRODUÇÃO

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

Contextualizando acerca do tema, pavimentação consiste no conjunto de atividades destinadas à construção do pavimento. Sua estrutura é composta por múltiplas camadas, executadas em espessuras finitas, implantadas sobre a superfície final de terraplenagem, possuindo por função resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e intempéries, proporcionando aos usuários adequada condição de rolamento, conforto, economia e segurança.

De forma genérica, o pavimento rodoviário é classificado em flexível e rígido, cujos elementos básicos estruturais são apresentados no croqui constante da figura 1.

**Figura 1 - Estrutura dos pavimentos rígido e flexível**



(a) Rígido: Concreto-cimento (corte longitudinal)

(b) Flexível: Asfáltico (corte transversal)

Fonte: BERNUCCI, L. B; MOTTA, L. M. G; CERATI, J. A. P; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bernucci et al., 2022.

### 1.1 Parâmetros referenciais

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

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

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



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

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

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

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

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

a) fator de eficiência:

- caminhão tanque distribuidor de asfalto:  $F_e = 0,60$ ;
- demais equipamentos:  $F_e = 0,83$ .

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

b) fator de conversão:

- materiais de 1ª categoria:  $F_{cv} = 1,0 / 1,25 = 0,80$ .

De forma genérica, os demais fatores de conversão empregados no âmbito das atividades de pavimentação, correspondem ao consumo dos insumos que compõem as misturas em associação com o equipamento vinculado à carga desses, cujos valores remetem às respectivas dosagens referenciais.



c) fator de carga:

- materiais de 1ª categoria:
  - escavadeiras hidráulicas:  $F_{ca} = 1,00$ ;
  - demais equipamentos:  $F_{ca} = 0,90$ .

No que tange às massas específicas de materiais e misturas adotadas como referência no âmbito das atividades de pavimentação, as tabelas 1, 2, 3 e 4 apresentam os respectivos valores.

**Tabela 1 - Massas específicas referenciais de solos e agregados**

<b>Materiais</b>	<b>Massa específica natural (t/m³)</b>	<b>Massa específica solta (t/m³)</b>	<b>Massa específica compactada (t/m³)</b>
Materiais de 1ª categoria	1,87500	1,50000	2,06300
Materiais de 2ª categoria	2,08500	1,50000	2,08500
Materiais de 3ª categoria	2,63000	1,50000	2,10000
Solos	1,87500	1,50000	2,06300
Brita	2,63000	1,50000	2,10000
Areia	-	1,50000	1,72500

**Tabela 2 - Massas específicas referenciais das misturas usinadas e executadas em pista**

<b>Misturas</b>	<b>Massa específica compactada (t/m³)</b>
Brita graduada	2,20000
Brita graduada tratada com cimento	2,20000
Solo-areia	2,06300
Solo-brita	2,06300
Solo-brita com cimento	2,06300
Solo-cal	2,06300
Solo-cimento	2,06300
Solo melhorado com cal	2,06300
Solo melhorado com cimento	2,06300
Solo melhorado com escória de aciaria	2,06300
Macadame seco	2,10000
Macadame hidráulico	2,10000
Areia asfalto	1,98000
Concreto asfáltico usinado a quente	2,40000
Concreto asfáltico pré-misturado a frio	2,30000
Concreto asfáltico reciclado a frio	2,30000
Lama asfáltica	2,30000
Microrrevestimento a frio	2,30000
Tratamentos superficiais	2,30000
Base reestabilizada	2,06300
Base reciclada em usina	2,30000
Base reciclada com incorporação do revestimento asfáltico	2,20000



**Tabela 3 - Massas específicas referenciais de argamassas e concreto**

<b>Materiais</b>	<b>Massa específica (t/m³)</b>
Argamassa de cimento e areia	2,10000
Argamassa de cimento, cal hidratada e areia	1,80000
Concreto armado	2,50000
Concreto de cimento Portland	2,40000
Nata de cimento	1,90000

**Tabela 4 - Massas específicas referenciais de materiais**

<b>Materiais</b>	<b>Massa específica (t/m³)</b>
Cal hidratada	1,40000
Cimento asfáltico de petróleo	1,00000
Cimento Portland	1,40000
Emulsão asfáltica	1,00000
Escória de aciaria	1,50000
Filer cal	0,50000
Filer cimento	1,40000

Concernente aos cálculos de dosagem das misturas que integram os serviços de usinagem, os valores referenciais foram determinados com base nos parâmetros médios estabelecidos por meio dos dispositivos normativos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR/DNIT.

As misturas de agregados são regidas por curvas granulométricas normatizadas, as quais estabelecem intervalos percentuais de material que passa por cada abertura de peneira. O consumo dos insumos é determinado preliminarmente em massa, sendo convertido de forma posterior à unidade referencial adotada no SICRO.

Visando uniformizar a utilização dos equipamentos nas atividades de espalhamento, homogeneização e compactação de materiais, a quantidade de passadas foi padronizada em função da camada estrutural do pavimento trabalhada e das características dos insumos empregados, consoante aos valores expressos nas tabelas 5, 6 e 7.

**Tabela 5 - Quantidade de passadas referenciais do trator com grade de discos**

<b>Serviço</b>	<b>Quantidade de passadas</b>	<b>Função do trator com grade de discos</b>
Base ou sub-base de com mistura na pista	8	Homogeneização de dois ou mais materiais
Reestabilização de base com adição de 30% de material fresado		
Base ou sub-base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com material de jazida	6	Destorroamento do material
Regularização do subleito		
Reestabilização de base sem adição de material		
Execução de revestimento primário com material de jazida		



**Tabela 6 - Quantidade de passadas referenciais da motoniveladora**

Descrição do serviço	Quantidade de passadas	Função da motoniveladora
Base ou sub-base com mistura na pista	12	Espalhamento, mistura e acabamento da superfície
Base ou sub-base sem mistura com material de jazida	8	Espalhamento e acabamento da superfície
Revestimento primário com material de jazida		
Compactação de camada final de aterro de rocha		
Regularização do subleito	6	Regularização
Compactação de aterros		
Reestabilização sem adição de material	7	Escarificação e regularização
Reestabilização com adição de material fresado	13	Escarificação, espalhamento, mistura e acabamento da superfície

**Tabela 7 - Quantidade de passadas referenciais dos rolos compactadores em função da energia de compactação**

Energia de compactação	Tipo de rolo compactador	Quantidade de passadas
100% Proctor normal	De pneus autopropelido	8
	Pé de carneiro vibratório autopropelido	8
100% Proctor intermediário	De pneus autopropelido	10
	Pé de carneiro vibratório autopropelido	10
100% Proctor modificado	De pneus autopropelido	12
	Pé de carneiro vibratório autopropelido	12 <sup>1</sup>
	Liso vibratório autopropelido por pneus	12
	Liso tandem vibratório autopropelido	12

<sup>1</sup>Especificamente nos serviços de reciclagem in situ, o rolo pé de carneiro vibratório é empregado em uma passada única, acompanhando os avanços da motoniveladora.

**Tabela 8 - Quantidade de passadas referenciais dos rolos compactadores em função do serviço**

Descrição do serviço	Tipo de rolo compactador	Quantidade de passadas
Tratamento superficial simples	De pneus autopropelido	2
Tratamento superficial duplo	De pneus autopropelido	6
Tratamento superficial triplo	De pneus autopropelido	12
Macadame betuminoso por penetração	De pneus autopropelido	6
	Liso tandem vibratório autopropelido	8
Micro pré-misturado a quente com asfalto polímero	De pneus autopropelido	6
	Liso tandem vibratório autopropelido	6
Pré-misturado a frio	De pneus autopropelido	6
	Liso tandem vibratório autopropelido	6
Pré-misturado a quente com asfalto polímero	Liso tandem vibratório autopropelido	6



**Tabela 8 - Quantidade de passadas referenciais dos rolos compactadores em função do serviço (2/2)**

Descrição do serviço	Tipo de rolo compactador	Quantidade de passadas
Areia asfalto a quente	De pneus autopropelido	6
	Liso tandem vibratório autopropelido	6
Concreto asfáltico	De pneus autopropelido	6
	Liso tandem vibratório autopropelido	6
Concreto asfáltico com asfalto borracha	Liso tandem vibratório autopropelido	12
Concreto asfáltico reciclado em usina	De pneus autopropelido	6
	Liso tandem vibratório autopropelido	6
Manta sintética para recapeamento asfáltico	De pneus autopropelido	2

<sup>1</sup>Especificamente nos serviços de reciclagem in situ, o rolo pé de carneiro vibratório é empregado em uma passada única, acompanhando os avanços da motoniveladora.

A tabela 9 apresenta os equipamentos e a respectiva velocidade referencial adotada.

**Tabela 9 - Velocidades referenciais**

Equipamento	Velocidade (m/min)	Função do equipamento
Trator com vassoura	80,00	Limpeza da superfície
Trator com grade de discos	80,00	Homogeneização e/ou destorroamento do material
Motoniveladora	115,00	Regularização
	110,00	Espalhamento, mistura e acabamento da superfície
	50,00	Escarificação
Rolo compactador de pneus	67,00	Compactação
Rolo compactador liso vibratório	90,00	Compactação
Rolo compactador liso tandem vibratório	80,00	Compactação
Rolo compactador pé de carneiro vibratório	70,00	Compactação de material granular
	24,00	Compactação de material reciclado com espuma asfáltica



## 2 SERVIÇOS

As atividades integrantes do grupo de serviços de pavimentação são classificadas em conformidade com a estrutura organizacional apresentada na figura 2.

**Figura 2 - Atividades integrantes do grupo de serviços de pavimentação**

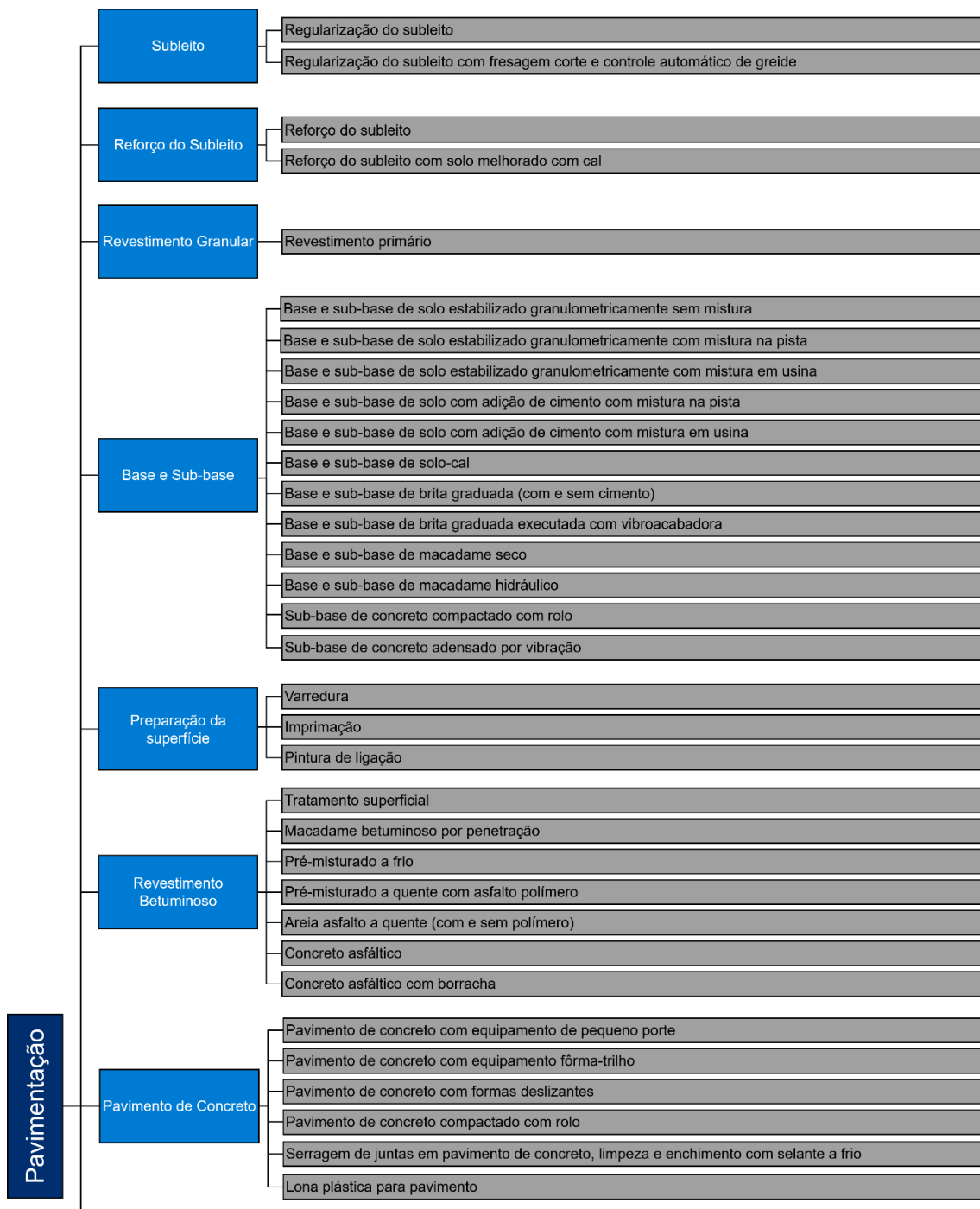
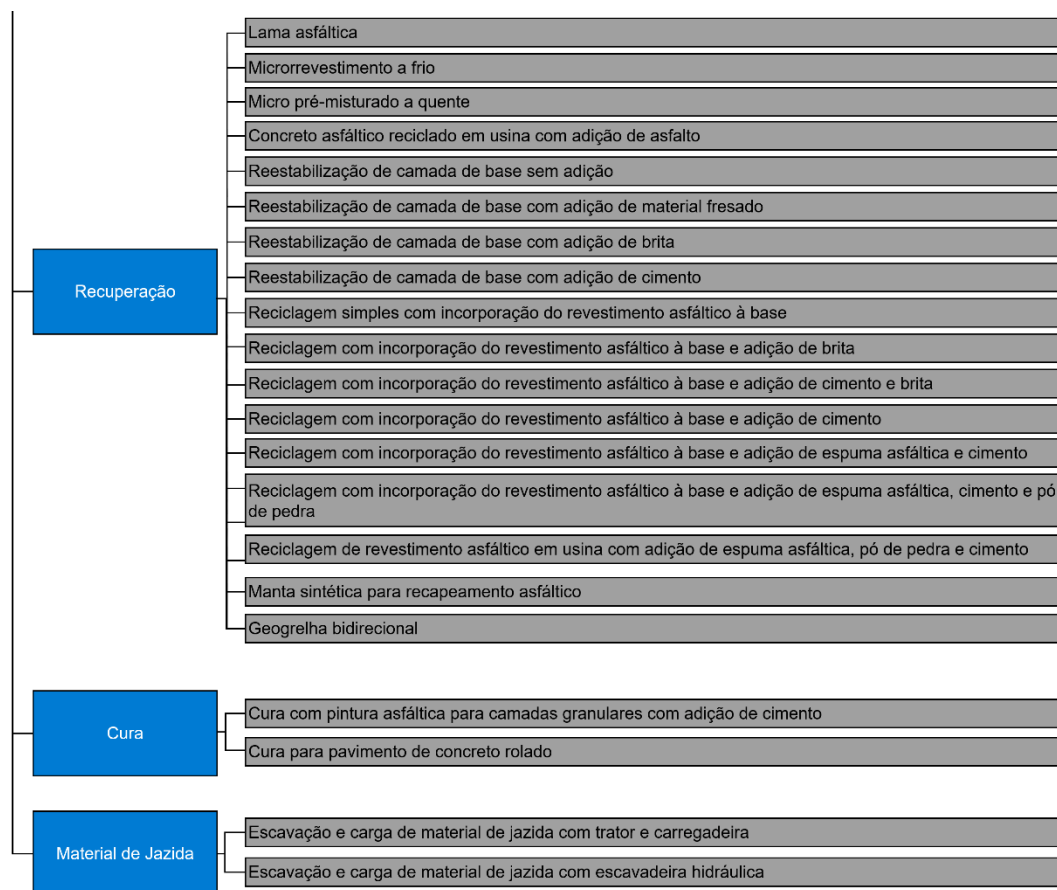






Figura 2 - Atividades integrantes do grupo de serviços de pavimentação (2/2)



Fonte: FGV IBRE

## 2.1 Subleito

### 2.1.1 Regularização do subleito

O serviço consiste na execução de operações destinadas a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, por meio de cortes ou aterros limitados à espessura máxima de 20 cm.

#### 2.1.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 137/2010: *Pavimentação - Regularização do subleito*.

#### 2.1.1.2 Metodologia executiva

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

- escarificação e conformação da superfície por meio da motoniveladora com implemento específico;
- homogeneização do material por meio do trator com grade de discos;



- correção do teor de umidade do solo por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.

### 2.1.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido: líder de equipe;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- caminhão tanque;
- trator agrícola sobre pneus;
- grade discos rebocável;
- motoniveladora.

#### a) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros quadrados por hora;  
 v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### b) caminhão tanque

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros quadrados por hora;  
 C<sub>ap</sub> representa a capacidade, em litros;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 Q representa o consumo, em litros por metro quadrado;  
 T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.



c) trator agrícola com grade de discos rebocável

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros quadrados por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
L representa a largura útil, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do trator agrícola.

A grade de discos é acoplada ao trator agrícola, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

d) motoniveladora

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

$$P = \frac{60 \times D \times L \times F_e}{Q_p \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros quadrados por hora;  
D representa a distância, em metros;  
L representa a largura útil da lâmina, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;  
T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

#### 2.1.1.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução da regularização de subleito.

#### 2.1.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.



#### 2.1.1.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.1.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de regularização do subleito deve ser realizada em metros quadrados, em função da área de plataforma efetivamente executada.

#### 2.1.2 Regularização do subleito com fresagem corte e controle automático de greide

O serviço consiste na execução de operação destinada a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, por meio de corte limitado à espessura máxima de 20 cm.

A atividade é desenvolvida em uma única passada do equipamento, possuindo capacidade de descartar o excesso de material proveniente do corte, de modo a garantir a geometria da seção-tipo com elevada produtividade.

##### 2.1.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 137/2010: *Pavimentação - Regularização do subleito*.

##### 2.1.2.2 Metodologia executiva

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

- escarificação e conformação da superfície por meio da fresadora e distribuidora com controle de greide;
- homogeneização do material por meio do trator com grade de discos;
- correção do teor de umidade do solo por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.

##### 2.1.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- distribuidora/fresadora com controle de greide: líder de equipe;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- caminhão tanque;



- trator agrícola sobre pneus;
- grade discos rebocável.

a) distribuidora/fresadora com controle de greide

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

$$P = 60 \times v \times L \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros quadrados por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
L representa a largura útil, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

b) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros quadrados por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
L representa a largura útil, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

c) caminhão tanque

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros quadrados por hora;  
C<sub>ap</sub> representa a capacidade, em litros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q representa o consumo, em litros por metro quadrado;  
T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.



d) trator agrícola com grade de discos rebocável

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

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

onde:

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

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

L representa a largura útil, em metros;

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

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do trator agrícola.

A grade de discos é acoplada ao trator agrícola, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

#### 2.1.2.4 *Mão de obra*

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

- 1 servente para auxiliar a execução da regularização de subleito.

#### 2.1.2.5 *Materiais e atividades auxiliares*

Não se aplica a este serviço.

#### 2.1.2.6 *Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.

#### 2.1.2.7 *Critérios de medição*

A medição do serviço de regularização do subleito deve ser realizada em metros quadrados, em função da área de plataforma efetivamente executada.

### 2.2 **Reforço do subleito**

#### 2.2.1 **Reforço do subleito**

O serviço consiste na execução de camada de solo estabilizado granulometricamente sobre o subleito regularizado e compactado, com objetivo de reduzir a espessura da sub-base, ao passo que o subleito não apresenta adequada capacidade de suporte.



### 2.2.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 138/2010: *Pavimentação - Reforço do subleito*.

### 2.2.1.2 Metodologia executiva

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

- descarga do material de jazida por meio de caminhão basculante;
- espalhamento do material e conformação da superfície por meio de motoniveladora;
- homogeneização do material por meio do trator com grade de discos;
- correção do teor de umidade do solo por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária por meio do rolo de pneus;
- acabamento por meio do rolo de pneus e motoniveladora.

### 2.2.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido: líder de equipe;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- caminhão tanque;
- trator agrícola sobre pneus;
- grade discos rebocável;
- motoniveladora.

#### a) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;



L representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### b) caminhão tanque

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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;

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

#### c) trator agrícola com grade de discos rebocável

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do trator agrícola.

A grade de discos é acoplada ao trator agrícola, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

#### d) motoniveladora

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

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





onde:

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

D representa a distância, em metros;

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil da lâmina, em metros;

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

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;

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

#### 2.2.1.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução do reforço de subleito com material de jazida.

#### 2.2.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica

Consiste nas operações de obtenção de material de jazida.

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

$$Q = \frac{\rho_c}{\rho_n}$$

onde:

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

ρ<sub>c</sub> representa a massa específica compactada, em toneladas por metro cúbico;

ρ<sub>n</sub> representa a massa específica natural, em toneladas por metro cúbico.

A tabela 1 apresenta os parâmetros referenciais adotados. O consumo referencial corresponde a 1,10027 m³ por unidade de serviço executado.

#### 2.2.1.6 Operações de transporte

A tabela 10 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

**Tabela 10 - Serviços empregados nas operações de transporte - reforço do subleito**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica de 1,56 m³	1,87500 t/m³	5914354	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com escavadeira de 1,56 m³ (exclusa) e descarga livre

**Tabela 10 - Serviços empregados nas operações de transporte - reforço do subleito (2/2)**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica de 1,56 m³	1,87500 t/m³	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

### 2.2.1.7 Critérios de medição

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

### 2.2.2 Reforço do subleito com solo melhorado com cal

O serviço consiste na execução de camada de mistura solo e cal sobre o subleito regularizado e compactado, com objetivo de reduzir a espessura da sub-base, ao passo que o subleito não apresenta adequada capacidade de suporte.

#### 2.2.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 138/2010: *Pavimentação - Reforço do subleito*;
- DNIT ES 422/2019: *Pavimentação - Solo-cal - Adição de cal para melhoria de subleito*.

#### 2.2.2.2 Metodologia executiva

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

- descarga do material de jazida na pista por meio de caminhão basculante;
- espalhamento do material e conformação da superfície por meio de motoniveladora;
- distribuição da cal por meio do caminhão distribuidor;
- homogeneização dos materiais por meio do trator com grade de discos;
- correção do teor de umidade dos materiais por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária por meio do rolo de pneus;
- acabamento por meio do rolo de pneus e motoniveladora.



### 2.2.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- motoniveladora: líder de equipe;
- caminhão distribuidor de cimento;
- caminhão tanque;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- trator agrícola sobre pneus;
- grade discos rebocável.

#### a) motoniveladora

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

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

onde:

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

D representa a distância, em metros;

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil da lâmina, em metros;

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

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;

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

#### b) caminhão distribuidor de cimento

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

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

onde:

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

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

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

Q representa o consumo de cal, em litros por metro cúbico;

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



## c) caminhão tanque

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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;

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

## d) rolos compactadores

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

## e) trator agrícola com grade de discos rebocável

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do trator agrícola.



A grade de discos é acoplada ao trator agrícola, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

#### 2.2.2.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução do reforço de subleito com solo melhorado com cal.

#### 2.2.2.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) cal hidratada - a granel

Consiste em insumo aglomerante empregado para modificar as propriedades físicas do solo.

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

$$Q = \rho_m \times T_x \times 1.000$$

onde:

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

$\rho_m$  representa a massa específica da mistura, em toneladas por metro cúbico;

$T_x$  representa a taxa de cal em relação à massa da mistura, em porcentagem.

A tabela 11 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 11 - Consumo de cal - reforço do subleito com solo melhorado com cal**

Massa específica da mistura (t/m³)	Taxa de cal (%)	Consumo de cal (kg/m³)
2,06300	4,00	82,52000

##### b) escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica de 1,56 m³

Consiste nas operações de obtenção de material de jazida.

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

$$Q = \frac{\rho_{sc} - Q_c}{\rho_{sn}}$$



onde:

$Q$  representa o consumo de material de jazida, em metros cúbicos por metro cúbico;

$\rho_{sc}$  representa a massa específica do solo melhorado com cal, em toneladas por metro cúbico;

$Q_c$  representa o consumo de cal hidratada, em toneladas por metro cúbico;

$\rho_{sn}$  representa a massa específica do solo natural, em toneladas por metro cúbico.

A tabela 12 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

**Tabela 12 - Consumo de escavação e carga de material de jazida - reforço do subleito com solo melhorado com cal**

Massa específica do solo melhorado com cal (t/m³)	Consumo de cal hidratada (t/m³)	Massa específica do solo natural (t/m³)	Consumo (m³/m³)
2,06300	0,08252	1,87500	1,05626

#### 2.2.2.6 Operações de transporte

A tabela 13 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 13 - Serviços empregados nas operações de transporte - reforço do subleito com solo melhorado com cal**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0344	Cal hidratada - a granel	0,00100 t/kg	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m³
			5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em leito natural
			5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia pavimentada
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica de 1,56 m³	1,87500 t/m³	5914354	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com escavadeira de 1,56 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada



#### 2.2.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reforço do subleito com solo melhorado com cal deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

### 2.3 Revestimento granular

#### 2.3.1 Revestimento primário

O serviço consiste na execução de camada de solo sobre o leito natural, com objetivo de proporcionar à rodovia uma superfície de rolamento com melhor desempenho.

##### 2.3.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 105/2009: *Terraplenagem - Caminhos de serviço*;
- IPR 710/2005: *Manual de conservação rodoviária - Anexo B.6 - ISC 06/04 - Execução do revestimento primário - 2ª edição*.

##### 2.3.1.2 Metodologia executiva

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

- descarga do material de jazida na pista por meio de caminhão basculante;
- espalhamento do material e conformação da superfície por meio de motoniveladora;
- homogeneização do material por meio do trator com grade de discos;
- correção do teor de umidade do solo por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária por meio do rolo de pneus;
- acabamento por meio do rolo de pneus e motoniveladora.

##### 2.3.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido: líder de equipe;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- caminhão tanque;
- trator agrícola sobre pneus;
- grade discos rebocável;
- motoniveladora.



## a) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

## b) caminhão tanque

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

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

onde:

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

## c) trator agrícola com grade de discos rebocável

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do trator agrícola.





A grade de discos é acoplada ao trator agrícola, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

d) motoniveladora

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

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

onde:

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

D representa a distância, em metros;

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil da lâmina, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas da motoniveladora;

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

#### 2.3.1.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução do revestimento primário com material de jazida.

#### 2.3.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica

Consiste nas operações de obtenção de material de jazida.

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

$$Q = \frac{\rho_c}{\rho_n}$$

onde:

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

$\rho_c$  representa a massa específica compactada, em toneladas por metro cúbico;

$\rho_n$  representa a massa específica natural, em toneladas por metro cúbico.

A tabela 1 apresenta os parâmetros referenciais adotados. O consumo referencial corresponde a 1,10027 m³ por unidade de serviço executado.



### 2.3.1.6 Operações de transporte

A tabela 14 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

**Tabela 14 - Serviços empregados nas operações de transporte - revestimento primário**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica de 1,56 m³	1,87500 t/m³	5914354	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com escavadeira de 1,56 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

### 2.3.1.7 Critérios de medição

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

## 2.4 Base e sub-base

A base consiste em camada do pavimento destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os adequadamente à camada subjacente, executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado.

A sub-base consiste em camada complementar à base, possuindo as mesmas funções, executada sobre o subleito ou reforço do subleito, devidamente compactado e regularizado.

### 2.4.1 Base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura

O serviço consiste na execução de base ou sub-base com solo estabilizado granulometricamente proveniente de jazida única.

#### 2.4.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 139/2010: *Pavimentação - Sub-base estabilizada granulometricamente;*
- DNIT ES 141/2022: *Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente.*



#### 2.4.1.2 Metodologia executiva

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

- descarga do material de jazida na pista por meio de caminhão basculante;
- espalhamento do material e conformação da superfície por meio de motoniveladora;
- homogeneização do material por meio do trator com grade de discos;
- correção do teor de umidade do solo por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária por meio do rolo de pneus;
- acabamento por meio do rolo de pneus e motoniveladora.

#### 2.4.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido: líder de equipe;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- caminhão tanque;
- trator agrícola;
- grade de discos rebocável;
- motoniveladora.

##### a) rolos compactadores

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

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



## b) caminhão tanque

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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;

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

## c) trator agrícola com grade de discos rebocável

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do trator agrícola.

A grade de discos é acoplada ao trator agrícola, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

## d) motoniveladora

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

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

onde:

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

D representa a distância, em metros;

e representa a espessura da camada, em metros;



L representa a largura útil da lâmina, em metros;

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

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;

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

#### 2.4.1.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução da base ou sub-base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura.

#### 2.4.1.5 Materiais e atividades auxiliares

a) escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica

Consiste nas operações de obtenção de material de jazida.

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

$$Q = \frac{\rho_c}{\rho_n}$$

onde:

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

ρ<sub>c</sub> representa a massa específica compactada, em toneladas por metro cúbico;

ρ<sub>n</sub> representa a massa específica natural, em toneladas por metro cúbico.

A tabela 1 apresenta os parâmetros referenciais adotados. O consumo referencial corresponde a 1,10027 m³ por unidade de serviço executado.

#### 2.4.1.6 Operações de transporte

A tabela 15 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

**Tabela 15 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica de 1,56 m³	1,87500 t/m³	5914354	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com escavadeira de 1,56 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural



**Tabela 15 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura (2/2)**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica de 1,56 m³	1,87500 t/m³	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

#### 2.4.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de base e sub-base deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.4.2 Base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura na pista

O serviço consiste na execução de base ou sub-base com mistura de solos e/ou materiais em pista.

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

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

- DNIT ES 114/2009: *Pavimentação rodoviária - Sub-base estabilizada granulometricamente com escória de aciaria - ACERITA*;
- DNIT ES 115/2009: *Pavimentação rodoviária - Base estabilizada granulometricamente com escória de aciaria - ACERITA*;
- DNIT ES 139/2010: *Pavimentação - Sub-base estabilizada granulometricamente*;
- DNIT ES 141/2022: *Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente*.

##### 2.4.2.2 Metodologia executiva

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

- descarga dos materiais (material de jazida, brita ou escória de aciaria) na pista pelo caminhão basculante;
- espalhamento dos materiais e conformação da superfície pela motoniveladora;
- homogeneização dos materiais por meio do trator com grade de discos;
- correção do teor de umidade por meio do caminhão tanque;



- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária por meio do rolo de pneus;
- acabamento por meio do rolo de pneus e motoniveladora.

#### 2.4.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- motoniveladora: líder de equipe;
- caminhão tanque;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido;
- trator agrícola;
- grade de discos rebocável.

##### a) motoniveladora

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

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

onde:

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

D representa a distância, em metros;

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil da lâmina, em metros;

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

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;

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

##### b) caminhão tanque

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

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

onde:

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

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

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



Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;  
 $T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

c) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 $Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

d) trator agrícola com grade de discos rebocável

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 $Q_p$  representa a quantidade de passadas do trator agrícola.

A grade de discos é acoplada ao trator agrícola, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

#### 2.4.2.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução de base ou sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura na pista.





#### 2.4.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Para estabilização granulométrica das misturas em pista são utilizados os seguintes insumos:

- material de jazida: consiste em solo no estado natural com propriedades adequadas para aplicação em camadas do pavimento;
- brita: consiste em agregado graúdo;
- escória de aciaria: consiste em agregado siderúrgico proveniente da produção e refino do aço.

##### a) mistura de solos

Consiste na mistura de solos extraídos de diferentes jazidas.

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

$$Q = \frac{\rho_c}{\rho_n}$$

onde:

Q representa o consumo de escavação, em metros cúbicos por metro cúbico;  
 $\rho_c$  representa a massa específica compactada, em toneladas por metro cúbico;  
 $\rho_n$  representa a massa específica natural, em toneladas por metro cúbico.

A tabela 1 apresenta os parâmetros referenciais adotados. O consumo referencial corresponde a 1,10027 m³ por unidade de serviço executado.

##### b) solo-brita

Consiste na mistura de material de jazida e brita na proporção de 70%-30% em massa, respectivamente.

A tabela 16 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 16 - Consumos dos insumos em serviço de solo-brita - base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura na pista**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (m³/m³)
Solo	m³	70,00	70,00	1,44411	1,87500	0,77019
Brita 1	m³	30,00	30,00	0,61890	1,50000	0,41260
<b>Solo brita</b>	<b>m³</b>	<b>-</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>2,06300</b>	<b>-</b>



## c) solo escória de aciaria

Consiste na mistura de material de jazida e escória de aciaria na proporção de 50%-50% em massa, respectivamente.

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

**Tabela 17 - Consumos dos insumos em serviço de solo escória de aciaria - base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura na pista**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (m³/m³)
Solo	m³	50,00	50,00	1,03149	1,87500	0,55013
Escória de aciaria	m³	50,00	50,00	1,03151	1,50000	0,68767
<b>Solo escória de aciaria</b>	<b>m³</b>	<b>-</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>2,06300</b>	<b>-</b>

## 2.4.2.6 Operações de transporte

A tabela 18 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 18 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura na pista**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0191	Brita 1	1,50000 t/m³	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
M0194	Escória de aciaria	1,50000 t/m³	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada



**Tabela 18 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura na pista (2/2)**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m <sup>3</sup> /h	1,50000 t/m <sup>3</sup>	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga com carregadeira de 3,40 m <sup>3</sup> e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica de 1,56 m <sup>3</sup>	1,87500 t/m <sup>3</sup>	5914354	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga com escavadeira de 1,56 m <sup>3</sup> (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada

#### 2.4.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de base e sub-base deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.4.3 Base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura em usina

O serviço consiste na execução de base ou sub-base com mistura de solo e materiais em usina.

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

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

- DNIT ES 114/2009: *Pavimentação rodoviária - Sub-base estabilizada granulometricamente com escória de aciaria - ACERITA*;
- DNIT ES 115/2009: *Pavimentação rodoviária - Base estabilizada granulometricamente com escória de aciaria - ACERITA*;
- DNIT ES 139/2010: *Pavimentação - Sub-base estabilizada granulometricamente*;
- DNIT ES 141/2022: *Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente*.



#### 2.4.3.2 Metodologia executiva

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

- usinagem da mistura de solo e materiais;
- descarga da mistura em distribuidor de agregados por meio de caminhão basculante;
- distribuição da mistura por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- correção do teor de umidade por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.

#### 2.4.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- distribuidor de agregados autopropelido;
- caminhão tanque;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da usina misturadora de solos.

##### a) distribuidor de agregados autopropelido

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

##### b) caminhão tanque

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



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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;

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

#### c) rolos compactadores

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### 2.4.3.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução de base ou sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura em usina.

#### 2.4.3.5 Materiais e atividades auxiliares

Para estabilização granulométrica das misturas em usina são utilizados os seguintes insumos:

- material de jazida: consiste em solo no estado natural com propriedades adequadas para aplicação em camadas do pavimento;
- areia: consiste em agregado miúdo;
- brita: consiste em agregado graúdo;
- escória de aciaria: consiste em agregado siderúrgico proveniente da produção e refino do aço.



a) usinagem de solo-areia, solo-brita, solo-brita com cimento e solo-escória de aciaria

Consiste na operação de homogeneização dos materiais em usina misturadora de solos.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

#### 2.4.3.6 Operações de transporte

A tabela 19 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 19 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura em usina**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de solo-areia, solo-brita, solo-brita com cimento e solo-escória de aciaria	2,06300 t/m <sup>3</sup>	5914652	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga em usina de solos de 300 t/h e descarga em distribuidor autopropelido
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada

#### 2.4.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de base e sub-base deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.4.4 Base e sub-base de solo com adição de cimento com mistura na pista

O serviço consiste na execução de base ou sub-base com mistura de com solo e cimento em pista.

##### 2.4.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 057/2004: *Pavimento Rígido - Execução de sub-base melhorada com cimento*;
- DNIT ES 058/2004: *Pavimento Rígido - Execução de sub-base de solo-cimento*;



- DNIT ES 140/2022: *Pavimentação - Sub-base de solo melhorado com cimento*;
- DNIT ES 142/2022: *Pavimentação - Base de solo melhorado com cimento*;
- DNIT ES 143/2022: *Pavimentação - Base de solo-cimento*.

#### 2.4.4.2 Metodologia executiva

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

- descarga do material de jazida na pista por meio de caminhão basculante;
- espalhamento do material e conformação da superfície por meio de motoniveladora;
- distribuição manual do cimento na pista;
- homogeneização dos materiais por meio do trator com grade de discos;
- correção do teor de umidade por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária por meio do rolo de pneus;
- acabamento por meio do rolo de pneus e motoniveladora.

#### 2.4.4.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- motoniveladora: líder de equipe;
- caminhão tanque;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido;
- trator agrícola;
- grade de discos rebocável.

##### a) motoniveladora

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

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

onde:

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



e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil da lâmina, em metros;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;  
 T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

b) caminhão tanque

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

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

onde:

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

c) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

d) trator agrícola com grade de discos rebocável

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

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





onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do trator agrícola.

A grade de discos é acoplada ao trator agrícola, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

#### 2.4.4.4 Mão de obra

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

- 5 serventes para espalhamento manual do cimento na pista;
- 1 servente para auxiliar a execução de base ou sub-base de solo com adição de cimento com mistura na pista.

#### 2.4.4.5 Materiais e atividades auxiliares

Para produção da mistura em pista são utilizados os seguintes insumos:

- material de jazida: consiste em solo no estado natural com propriedades adequadas para aplicação em camadas do pavimento;
- cimento Portland: consiste em insumo aglomerante.

##### a) solo melhorado com cimento

Consiste na mistura de material de jazida com adição de 3% de cimento Portland em massa.

A tabela 20 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 20 - Consumos dos insumos em serviço de solo melhorado com cimento - base e sub-base de solo com mistura na pista**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Solo	m³	100,00	97,00	2,00111	1,87500	1,06726
Cimento Portland	kg	3,00	3,00	0,06189	1,40000	61,89000
<b>Solo melhorado com cimento</b>	<b>m³</b>	<b>-</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>2,06300</b>	<b>-</b>



## b) solo cimento

Consiste na mistura de material de jazida com adição de 7% de cimento Portland em massa.

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

**Tabela 21 - Consumos dos insumos em serviço de solo cimento - base e sub-base de solo com mistura na pista**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Solo	m³	100,00	93,00	1,91859	1,87500	1,02325
Cimento Portland	kg	7,00	7,00	0,14441	1,40000	144,41000
<b>Solo cimento</b>	<b>m³</b>	<b>-</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>2,063</b>	<b>-</b>

## 2.4.4.6 Operações de transporte

A tabela 22 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 22 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo com adição de cimento com mistura na pista**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica de 1,56 m³	1,87500 t/m³	5914354	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com escavadeira de 1,56 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada



#### 2.4.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de base e sub-base deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.4.5 Base e sub-base de solo com adição de cimento com mistura em usina

O serviço consiste na execução de base ou sub-base com mistura de solo e cimento em usina.

##### 2.4.5.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 057/2004: *Pavimento Rígido - Execução de sub-base melhorada com cimento*;
- DNIT ES 058/2004: *Pavimento Rígido - Execução de sub-base de solo-cimento*;
- DNIT ES 140/2022: *Pavimentação - Sub-base de solo melhorado com cimento*;
- DNIT ES 142/2022: *Pavimentação - Base de solo melhorado com cimento*;
- DNIT ES 143/2022: *Pavimentação - Base de solo-cimento*.

##### 2.4.5.2 Metodologia executiva

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

- usinagem da mistura de solo e cimento;
- descarga da mistura em distribuidor de agregados por meio de caminhão basculante;
- distribuição da mistura por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- correção do teor de umidade por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.

##### 2.4.5.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- distribuidor de agregados autopropelido;
- caminhão tanque;



- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da usina misturadora de solos.

a) distribuidor de agregados autopropelido

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

b) caminhão tanque

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

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

onde:

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

c) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;



e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### 2.4.5.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução de base ou sub-base de solo com adição de cimento com mistura em usina.

#### 2.4.5.5 Materiais e atividades auxiliares

Para produção da mistura em usina são utilizados os seguintes insumos:

- material de jazida: consiste em solo no estado natural com propriedades adequadas para aplicação em camadas do pavimento;
- cimento Portland: consiste em insumo aglomerante utilizado para modificar as propriedades físicas do solo.

a) usinagem de solo melhorado com cimento e solo-cimento

Consiste na operação de homogeneização da mistura de solo com cimento em usina misturadora de solos.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

#### 2.4.5.6 Operações de transporte

A tabela 23 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 23 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo com adição de cimento com mistura em usina**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de solo melhorado com cimento e solo-cimento	2,06300 t/m <sup>3</sup>	5914652	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga em usina de solos de 300 t/h e descarga em distribuidor autopropelido
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada



#### 2.4.5.7 Critérios de medição

A medição do serviço de base e sub-base deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.4.6 Base e sub-base de solo-cal

O serviço consiste na execução de base ou sub-base com mistura de solo e cal em pista.

##### 2.4.6.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 420/2019: *Pavimentação - Sol-Cal - Adição de cal para estabilização de camada de base;*
- DNIT ES 421/2019: *Pavimentação - Solo-Cal - Adição de cal para estabilização de camada de sub-base.*

##### 2.4.6.2 Metodologia executiva

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

- descarga do material de jazida na pista pelo caminhão basculante;
- espalhamento do material e conformação da superfície pela motoniveladora;
- distribuição da cal por meio do caminhão distribuidor;
- homogeneização dos materiais por meio do trator com grade de discos;
- correção do teor de umidade por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária por meio do rolo de pneus;
- acabamento por meio do rolo de pneus e motoniveladora.

##### 2.4.6.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- motoniveladora: líder de equipe;
- caminhão distribuidor de cimento;
- caminhão tanque;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido;
- rolo compactador de pneus autopropelido;



- trator agrícola sobre pneus;
- grade discos rebocável.

a) motoniveladora

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
D representa a distância, em metros;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil da lâmina, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;  
T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

b) caminhão distribuidor de cimento

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
C<sub>ap</sub> representa a capacidade, em litros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q representa o consumo de cal, em litros por metro cúbico;  
T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

c) caminhão tanque

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
C<sub>ap</sub> representa a capacidade, em litros;



$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q$  representa o consumo, em litros por metro cúbico;

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

#### d) rolos compactadores

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

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

onde:

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

$v$  representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;

$e$  representa a espessura da camada, em metros;

$L$  representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### e) trator agrícola com grade de discos rebocável

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

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

onde:

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

$v$  representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;

$e$  representa a espessura da camada, em metros;

$L$  representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do trator agrícola.

A grade de discos é acoplada ao trator agrícola, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

#### 2.4.6.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução de base ou sub-base de solo-cal.





#### 2.4.6.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) cal hidratada - a granel

Consiste em insumo aglomerante utilizado para modificar as propriedades físicas do solo.

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

$$Q = \rho_m \times T_x \times 1.000$$

onde:

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

$\rho_m$  representa a massa específica da mistura, em toneladas por metro cúbico;

$T_x$  representa a taxa de cal em relação à massa da mistura, em porcentagem.

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

**Tabela 24 - Consumo de cal - base e sub-base de solo-cal**

Massa específica da mistura (t/m³)	Taxa de cal (%)	Consumo (kg/m³)
2,06300	7,00	144,41000

##### b) escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica de 1,56 m³

Consiste nas operações de obtenção de material de jazida.

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

$$Q = \frac{\rho_{sc} - Q_c}{\rho_{sn}}$$

onde:

Q representa o consumo de material de jazida, em metros cúbicos por metro cúbico;

$\rho_{sc}$  representa a massa específica do solo melhorado com cal, em toneladas por metro cúbico;

$Q_c$  representa o consumo de cal hidratada, em toneladas por metro cúbico;

$\rho_{sn}$  representa a massa específica do solo natural, em toneladas por metro cúbico.

A tabela 25 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.



**Tabela 25 - Consumo de escavação e carga de material de jazida - base e sub-base de solo-cal**

Massa específica da mistura (t/m³)	Consumo de cal (t/m³)	Massa específica do solo natural (t/m³)	Consumo (m³/m³)
2,06300	0,14441	1,87500	1,02325

#### 2.4.6.6 Operações de transporte

A tabela 26 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 26 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de solo-cal**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0344	Cal hidratada - a granel	0,00100 t/kg	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m³
			5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em leito natural
			5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia pavimentada
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica de 1,56 m³	1,87500 t/m³	5914354	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com escavadeira de 1,56 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

#### 2.4.6.7 Critérios de medição

A medição do serviço de base e sub-base deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.4.7 Base e sub-base de brita graduada (com e sem cimento)

O serviço consiste na execução de base ou sub-base em brita graduada, com ou sem adição de cimento, misturada em usina.



#### 2.4.7.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 12262/2013: *Execução de base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento - Procedimento*;
- ABNT NBR 12264/1991: *Sub-base ou base de brita graduada - Procedimento*.

#### 2.4.7.2 Metodologia executiva

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

- usinagem da brita graduada com ou sem cimento;
- descarga da mistura em distribuidor de agregados por meio de caminhão basculante;
- distribuição da mistura por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- correção do teor de umidade por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo liso vibratório autopropelido por pneus;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.

#### 2.4.7.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- distribuidor de agregados autopropelido;
- caminhão tanque;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador liso vibratório autopropelido por pneus.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da usina misturadora de solos.

a) distribuidor de agregados autopropelido

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura da camada, em metros;



L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência.

#### b) caminhão tanque

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 $C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;  
 $T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

#### c) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 $Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### 2.4.7.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução de base ou sub-base de brita graduada.

#### 2.4.7.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) usinagem de brita graduada e brita graduada tratada com cimento

Consiste na operação de homogeneização de brita com granulometria variada, com ou sem adição de cimento, em usina misturadora de solos.



O consumo referencial adotado é de 1,00 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

#### 2.4.7.6 Operações de transporte

A tabela 27 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 27 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de brita graduada (com e sem cimento)**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de brita graduada e brita graduada tratada com cimento	2,20000 t/m <sup>3</sup>	5914652	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga em usina de solos de 300 t/h e descarga em distribuidor autopropelido
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada

#### 2.4.7.7 Critérios de medição

A medição do serviço de base e sub-base deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.4.8 Base e sub-base de brita graduada executada com vibroacabadora

O serviço consiste na execução de base ou sub-base em brita graduada por meio de vibroacabadora, com ou sem adição de cimento, misturada em usina.

##### 2.4.8.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- ABNT NBR 12262/2013: *Execução de base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento - Procedimento*;
- ABNT NBR 12264/1991: *Sub-base ou base de brita graduada - Procedimento*.

##### 2.4.8.2 Metodologia executiva

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

- usinagem da brita graduada com ou sem cimento;
- descarga da mistura em vibroacabadora por meio de caminhão basculante;



- distribuição da mistura por meio da vibroacabadora;
- correção do teor de umidade por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo liso vibratório autopropelido por pneus;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.

#### 2.4.8.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- vibroacabadora de asfalto;
- caminhão tanque;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador liso vibratório autopropelido por pneus.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da usina misturadora de solos.

##### a) vibroacabadora de asfalto

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 e representa a espessura, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 v representa a velocidade de avanço, em metros por minuto;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

##### b) caminhão tanque

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

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

onde:

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



## c) rolos compactadores

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

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

## 2.4.8.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução de base ou sub-base de brita graduada.

## 2.4.8.5 Materiais e atividades auxiliares

## a) usinagem de brita graduada e brita graduada tratada com cimento

Consiste na operação de homogeneização de brita com granulometria variada, com ou sem adição de cimento, em usina misturadora de solos.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

## 2.4.8.6 Operações de transporte

A tabela 28 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 28 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de brita graduada executada com vibroacabadora**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de brita graduada e brita graduada tratada com cimento	2,20000 t/m <sup>3</sup>	5914652	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga em usina de solos de 300 t/h e descarga em distribuidor autopropelido
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural



**Tabela 28 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de brita graduada executada com vibroacabadora (2/2)**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de brita graduada e brita graduada tratada com cimento	2,20000 t/m³	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

#### 2.4.8.7 Critérios de medição

A medição do serviço de base e sub-base deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.4.9 Base e sub-base de macadame seco

O serviço consiste na execução de base ou sub-base composta por camada de brita de graduação aberta, com preenchimento dos vazios por meio de material fino de origem pétreo.

##### 2.4.9.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

##### 2.4.9.2 Metodologia executiva

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

- descarga de agregado graúdo em distribuidor por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- descarga do material fino em distribuidor por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- compactação por meio do rolo liso vibratório autopropelido por pneus.

##### 2.4.9.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- distribuidor de agregados autopropelido: líder de equipe;
- rolo compactador liso vibratório autopropelido por pneus.





## a) distribuidor de agregados autopropelido

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do distribuidor de agregados.

## b) rolo compactador

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### 2.4.9.4 Mão de obra

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

- 2 serventes para auxiliar a execução de base ou sub-base de macadame seco.

#### 2.4.9.5 Materiais e atividades auxiliares

## a) macadame seco

Consiste em camada de brita de graduação aberta (agregados graúdos) com preenchimento dos vazios por meio de material fino de origem pétreo (agregados miúdos).



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

**Tabela 29 - Consumos dos insumos em serviço de base e sub-base de macadame seco**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (m³/m³)
Brita 4	m³	90,00	90,00	1,35000	1,50000	1,26000
Pó de Pedra	m³	10,00	10,00	0,15000	1,50000	0,14000
<b>Macadame seco</b>	<b>m³</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>2,10000</b>	<b>-</b>

#### 2.4.9.6 Operações de transporte

A tabela 30 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 30 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de macadame seco**

Código SICRO	Descrição	Código SICRO	Descrição
-	Brita 4 e pó de pedra	5914651	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga em distribuidor autopropelido
		5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
		5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
		5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	5915411	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga em distribuidor autopropelido
		5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
		5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
		5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

A tabela 31 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 31 - Conversão para transporte - base e sub-base de macadame seco**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte (t/m³)
M0808	Brita 4	1,50000
M1135	Pó de pedra	1,50000
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	1,50000



#### 2.4.9.7 Critérios de medição

A medição do serviço de base e sub-base deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.4.10 Base e sub-base de macadame hidráulico

O serviço consiste na execução de base ou sub-base composta por uma ou mais camadas de agregados graúdos de granulometria variável, com preenchimento dos vazios por meio de material fino com irrigação.

##### 2.4.10.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 152/2010: *Pavimentação - Macadame hidráulico*.

##### 2.4.10.2 Metodologia executiva

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

- descarga de agregado graúdo em distribuidor por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- descarga do material fino em distribuidor por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- compactação primária por meio do rolo liso vibratório autopropelido por pneus;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus;
- umedecimento da camada por meio do caminhão tanque.

##### 2.4.10.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- distribuidor de agregados autopropelido: líder de equipe;
- caminhão tanque;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador liso vibratório autopropelido por pneus.



a) distribuidor de agregados autopropelido

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do distribuidor de agregados.

b) caminhão tanque

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

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

onde:

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

c) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do rolo compactador.



#### 2.4.10.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução de base ou sub-base de macadame hidráulico.

#### 2.4.10.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) macadame hidráulico

Consiste em camada de brita de graduação aberta (agregados graúdos) com preenchimento dos vazios por meio de material fino (agregados miúdos) com irrigação.

A tabela 32 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 32 - Consumos dos insumos em serviço de base e sub-base de macadame hidráulico**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (m³/m³)
Brita 4	m³	90,00	90,00	1,35000	1,50000	1,26000
Pó de Pedra	m³	10,00	10,00	0,15000	1,50000	0,14000
<b>Macadame hidráulico</b>	<b>m³</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>2,10000</b>	<b>-</b>

#### 2.4.10.6 Operações de transporte

A tabela 33 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 33 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de macadame hidráulico**

Código SICRO	Descrição	Código SICRO	Descrição
-	Brita 4 e pó de pedra	5914651	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga em distribuidor autopropelido
		5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
		5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
		5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada



**Tabela 33 - Serviços empregados nas operações de transporte - base e sub-base de macadame hidráulico (2/2)**

Código SICRO	Descrição	Código SICRO	Descrição
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	5915411	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga em distribuidor autopropelido
		5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
		5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
		5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

A tabela 34 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 34 - Conversão para transporte - base e sub-base de macadame hidráulico**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte (t/m³)
M0808	Brita 4	1,50000
M1135	Pó de pedra	1,50000
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	1,50000

#### 2.4.10.7 Critérios de medição

A medição do serviço de base e sub-base deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.4.11 Sub-base de concreto compactado com rolo

O serviço consiste na execução de sub-base com concreto simples de baixo teor de cimento e consistência seca, compactado por rolo.

##### 2.4.11.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 056/2013: *Pavimento rígido - Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo*;
- IPR 714/2005: *Manual de pavimentos rígidos - 2ª edição*.

##### 2.4.11.2 Metodologia executiva

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



- confecção do concreto em central dosadora e misturadora;
- descarga do concreto em vibroacabadora por meio de caminhão basculante específico para atividade;
- distribuição do concreto na pista por meio da vibroacabadora;
- compactação por meio do rolo liso tandem.

#### 2.4.11.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido;
- vibroacabadora de asfalto sobre esteiras.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da central de concreto.

##### a) rolo compactador

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

##### b) vibroacabadora de asfalto

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de avanço, em metros por minuto;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.



#### 2.4.11.4 Mão de obra

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

- 6 serventes para auxiliar no espalhamento do concreto.

#### 2.4.11.5 Materiais e atividades auxiliares

a) usinagem para sub-base de concreto compactado com rolo

Consiste na confecção de concreto simples com baixo teor de cimento e consistência seca, por meio de central dosadora e misturadora.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

#### 2.4.11.6 Operações de transporte

A tabela 35 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 35 - Serviços empregados nas operações de transporte - sub-base de concreto compactado com rolo**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem para sub-base de concreto compactado com rolo	2,40000 t/m <sup>3</sup>	5919540	Carga, manobra e descarga de concreto de cimento em caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - carga em central de concreto de 150 m <sup>3</sup> /h e descarga em vibroacabadora
			5914315	Transporte de concreto com caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914330	Transporte de concreto com caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914345	Transporte de concreto com caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada

#### 2.4.11.7 Critérios de medição

A medição do serviço de sub-base de concreto compactado com rolo deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.4.12 Sub-base de concreto adensado por vibração

O serviço consiste na execução de sub-base com concreto simples de consistência plástica e baixo teor de cimento, adensado por meio de vibrador de imersão e régua vibratória.





#### 2.4.12.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 065/2004: *Pavimento Rígido - Sub-base de concreto de cimento Portland adensado por vibração*;
- IPR 714/2005: *Manual de pavimentos rígidos - 2ª edição*.

#### 2.4.12.2 Metodologia executiva

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

- confecção do concreto em central dosadora;
- lançamento do concreto por meio do caminhão betoneira;
- distribuição manual do concreto;
- adensamento do concreto por meio dos vibradores de imersão e da régua vibratória;
- acabamento manual da superfície;
- execução manual da pintura betuminosa com emulsão asfáltica.

#### 2.4.12.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida de forma conjunta pelos seguintes equipamentos:

- régua vibratória dupla: líder de equipe;
- vibrador de imersão para concreto;
- tanque de estocagem de asfalto.

##### a) régua vibratória dupla

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

$$P = e \times L \times v \times F_e$$

onde:

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

e representa a espessura do pavimento, em metros;

L representa a largura útil de trabalho da régua, em metros;

v representa a velocidade de avanço da régua vibratória, em metros por hora;

$F_e$  representa o fator de eficiência.

##### b) vibrador de imersão para concreto

São empregadas duas unidades do vibrador de imersão para a atividade de adensamento, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.



## c) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

## 2.4.12.4 Mão de obra

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

- 2 serventes para executar o espalhamento do concreto;
- 2 serventes para operar os vibradores de imersão;
- 2 serventes para operar a régua vibratória;
- 2 pedreiros para executar o acabamento da superfície;
- 1 servente para executar a pintura betuminosa com emulsão asfáltica.

## 2.4.12.5 Materiais e atividades auxiliares

## a) emulsão asfáltica - RM-1C

Consiste em ligante constituído pela dispersão entre uma fase asfáltica e outra aquosa, por meio da ação de agente emulsificador, aplicado como pintura betuminosa para a etapa de cura do concreto.

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

$$Q = \frac{T_x \times \rho_e}{e \times 1.000}$$

onde:

Q representa o consumo de emulsão asfáltica, em toneladas por metro cúbico;  
 $T_x$  representa a taxa de aplicação de emulsão, em litros por metro quadrado;  
 $\rho_e$  representa a massa específica da emulsão, em toneladas por metro cúbico;  
 $e$  representa a espessura da camada de sub-base; em metros.

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

**Tabela 36 - Consumo de emulsão asfáltica - sub-base de concreto adensado por vibração**

Taxa de aplicação (l/m <sup>2</sup> )	Massa específica emulsão (t/m <sup>3</sup> )	Espessura sub-base (m)	Consumo de emulsão (t/m <sup>3</sup> )
1,1500	1,00	0,20	0,00575



b) concreto para sub-base adensado por vibração  $f_{ck} = 7,5$  MPa - confecção em central dosadora

Consiste na confecção de concreto simples com baixo teor de cimento e consistência plástica, por meio de central dosadora e misturadora.

O consumo referencial adotado é de  $1,00 \text{ m}^3$  por unidade de serviço executado.

#### 2.4.12.6 Operações de transporte

A tabela 37 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 37 - Serviços empregados nas operações de transporte - sub-base de concreto adensado por vibração**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Concreto para sub-base adensado por vibração $f_{ck} = 7,5$ MPa - confecção em central dosadora	$2,40000 \text{ t/m}^3$	5909007	Carga, manobra e descarga de concreto com caminhão betoneira - carga em central de concreto de $30 \text{ m}^3/\text{h}$ e descarga livre
			5914539	Transporte com caminhão betoneira - rodovia em leito natural
			5914554	Transporte com caminhão betoneira - rodovia em revestimento primário
			5914569	Transporte com caminhão betoneira - rodovia pavimentada

#### 2.4.12.7 Critérios de medição

A medição do serviço de sub-base de concreto adensado por vibração deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

### 2.5 Preparação da superfície

#### 2.5.1 Varredura

O serviço consiste na limpeza de superfície por meio de vassoura mecânica para aplicação de camada asfáltica.

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

Não se aplica a este serviço.

##### 2.5.1.2 Metodologia executiva

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



- limpeza da superfície por meio de vassoura mecânica acoplada em trator agrícola.

#### 2.5.1.3 *Produção horária e equipe mecânica*

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- trator agrícola sobre pneus: líder de equipe;
- vassoura mecânica rebocável.

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

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

onde:

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

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

L representa a largura útil, em metros;

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

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do trator agrícola.

A vassoura mecânica é acoplada ao trator agrícola, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

#### 2.5.1.4 *Mão de obra*

Não se aplica a este serviço.

#### 2.5.1.5 *Materiais e atividades auxiliares*

Não se aplica a este serviço.

#### 2.5.1.6 *Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.

#### 2.5.1.7 *Critérios de medição*

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

### 2.5.2 *Imprimação*

O serviço consiste na aplicação de camada de material asfáltico sobre a superfície da base concluída, objetivando conferir coesão superficial, impermeabilização e aderência com o revestimento a ser executado.



#### 2.5.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 144/2014: *Pavimentação - Imprimação com ligante asfáltico*.

#### 2.5.2.2 Metodologia executiva

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

- aplicação uniforme do ligante asfáltico por meio do caminhão tanque distribuidor de asfalto.

#### 2.5.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- caminhão tanque distribuidor de asfalto: líder de equipe;
- tanque de estocagem de asfalto.

a) caminhão tanque distribuidor de asfalto

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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

Q representa o consumo, em litros por metro quadrado;

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

b) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

#### 2.5.2.4 Mão de obra

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

- 2 serventes para auxiliar a execução da imprimação.



#### 2.5.2.5 *Materiais e atividades auxiliares*

##### a) asfalto diluído de petróleo - CM-30

Consiste em ligante resultante da diluição entre cimento asfáltico e um destilado médio.

O consumo referencial adotado é definido com base na taxa de aplicação de 1,2000 l/m<sup>2</sup>, correspondendo a 0,00120 t por unidade de serviço executado.

##### b) emulsão asfáltica para imprimação

Consiste em ligante constituído pela dispersão entre uma fase asfáltica e outra aquosa, por meio da ação de agente emulsificador.

O consumo referencial adotado é definido com base na taxa de aplicação de 1,3000 l/m<sup>2</sup>, correspondendo a 0,00130 t por unidade de serviço executado.

#### 2.5.2.6 *Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.

#### 2.5.2.7 *Crítérios de medição*

A medição do serviço de imprimação deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente executada.

#### 2.5.3 *Pintura de ligação*

O serviço consiste na aplicação de ligante asfáltico sobre superfície de base ou revestimento betuminoso, objetivando promover condições de aderência à camada superior.

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

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

- DNIT ES 145/2012: *Pavimentação - Pintura de ligação com ligante asfáltico*;
- DNER ES 395/1999: *Pavimentação - Pintura de ligação com asfalto polímero*.

##### 2.5.3.2 *Metodologia executiva*

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

- aplicação uniforme do ligante asfáltico por meio do caminhão tanque distribuidor de asfalto.



### 2.5.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- caminhão tanque distribuidor de asfalto: líder de equipe;
- tanque de estocagem de asfalto.

#### a) caminhão tanque distribuidor de asfalto

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

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

onde:

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

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

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

Q representa o consumo, em litros por metro quadrado;

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

#### b) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

### 2.5.3.4 Mão de obra

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

- 2 serventes para auxiliar a execução da pintura de ligação.

### 2.5.3.5 Materiais e atividades auxiliares

#### a) emulsão asfáltica

Consiste em ligante constituído pela dispersão entre uma fase asfáltica e outra aquosa, por meio da ação de agente emulsificador, sendo convencional ou modificada por polímero.

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

$$Q = T_x \times P_d \times \rho_e$$



onde:

Q representa o consumo de emulsão asfáltica, em toneladas por metro quadrado;

$T_x$  representa a taxa de aplicação de emulsão, em litros por metro quadrado;

$P_d$  representa o percentual de diluição em massa, em porcentagem;

$\rho_e$  representa a massa específica da emulsão, em toneladas por litro.

A tabela 38 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 38 - Consumo de emulsão asfáltica - pintura de ligação**

Taxa de aplicação (l/m <sup>2</sup> )	Percentual de diluição (%)	Massa específica emulsão (t/l)	Consumo (t/m <sup>2</sup> )
0,9000	50,00	0,00100	0,00045

#### 2.5.3.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.5.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de pintura de ligação deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente executada.

## 2.6 Revestimento betuminoso

### 2.6.1 Tratamento superficial

O serviço consiste na execução de revestimento composto por uma ou até 3 camadas de ligante asfáltico intercaladas com agregado mineral, submetidas à compressão mecânica para compactação.

Nos casos em que o tratamento superficial é executado com a emulsão asfáltica, é possível executar uma camada de acabamento com intuito de mitigar a desagregação do material pétreo, denominada banho diluído, cujo procedimento compreende a aplicação do ligante diluído em água na proporção de 1:1, posteriormente a compactação da camada final de agregado.

#### 2.6.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 146/2012: *Pavimentação asfáltica - Tratamento superficial simples*;
- DNIT ES 147/2012: *Pavimentação asfáltica - Tratamento superficial duplo*;
- DNIT ES 148/2012: *Pavimentação asfáltica - Tratamento superficial triplo*;





- DNER ES 391/1999: *Pavimentação - Tratamento superficial simples com asfalto polímero*;
- DNER ES 392/1999: *Pavimentação - Tratamento superficial duplo com asfalto polímero*;
- DNER ES 393/1999: *Pavimentação - Tratamento superficial triplo com asfalto polímero*.

#### 2.6.1.2 Metodologia executiva

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

- aplicação do ligante asfáltico na pista por meio do caminhão tanque;
- distribuição dos agregados por meio do distribuidor rebocável acoplado em caminhão basculante;
- compactação por meio do rolo compactador de pneus;
- varredura manual para retirada do material solto.

Para execução de tratamento duplo ou triplo, são repetidas as operações acima descritas de forma sequencial até a conclusão da camada final.

#### 2.6.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- caminhão tanque distribuidor de asfalto: líder de equipe;
- distribuidor de agregados rebocável;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- tanque de estocagem de asfalto.

a) caminhão tanque distribuidor de asfalto

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

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

onde:

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

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

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

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

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



## b) distribuidor de agregados rebocável

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

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

onde:

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

L representa a largura útil, em metros;

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

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

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do distribuidor de agregados.

## c) rolo compactador

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

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

onde:

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

L representa a largura útil, em metros;

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

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

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

## d) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

#### 2.6.1.4 Mão de obra

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

- 8 serventes para auxiliar o espalhamento dos agregados e executar a varredura leve da superfície.

#### 2.6.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Para execução do tratamento superficial são utilizados os seguintes insumos:



- brita: consiste em agregado graúdo;
- cimento asfáltico: consiste em ligante asfáltico com comportamento termoplástico, semissólido ou sólido à temperatura ambiente, obtido para apresentar características específicas para o emprego na construção de pavimentos por meio de processo a quente, sendo convencional ou modificado por polímero;
- emulsão asfáltica: consiste em ligante constituído pela dispersão entre uma fase asfáltica e outra aquosa, por meio da ação de agente emulsificador, sendo convencional ou modificada por polímero.

#### a) Tratamento Superficial Simples – TSS

Consiste em revestimento do pavimento composto por uma aplicação de ligante asfáltico coberto por uma camada de agregado mineral.

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

**Tabela 39 - Consumos dos insumos - tratamento superficial simples**

Material	Unidade	Taxa de aplicação	Teor de asfalto residual (%)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m²)
Brita 0	m³	10,00 kg/m²	-	1,50000	0,00667
Cimento asfáltico	t	1,00 l/m²	-	1,00000	0,00100
Emulsão asfáltica	t	1,00 l/m²	67,00	1,00000	0,00149
<b>Tratamento superficial</b>	<b>m²</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,30000</b>	<b>-</b>

#### b) tratamento superficial simples com banho diluído

Consiste em revestimento do pavimento composto por uma aplicação de ligante asfáltico coberto por uma camada de agregado mineral, com acabamento superficial de emulsão diluída em água.

A tabela 40 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 40 - Consumos dos insumos - tratamento superficial simples com banho diluído**

Material	Unidade	Taxa de aplicação	Teor de asfalto residual (%)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m²)
Brita 0	m³	10,0000 kg/m²	-	1,50000	0,00667
Emulsão asfáltica	t	1,3000 l/m²	67,00	1,00000	0,00194
<b>Tratamento superficial</b>	<b>m²</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,30000</b>	<b>-</b>



## c) Tratamento Superficial Duplo – TSD

Consiste em revestimento do pavimento composto por duas aplicações de ligante asfáltico cobertas por uma camada de agregado mineral de forma intercalada.

A tabela 41 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 41 - Consumos dos insumos - tratamento superficial duplo

Material	Unidade	Taxa de aplicação	Teor de asfalto residual (%)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m²)
Brita 1	m³	22,5000 kg/m²	-	1,50000	0,01500
Brita 0	m³	11,0000 kg/m²	-	1,50000	0,00733
Cimento asfáltico	t	2,5000 l/m²	-	1,00000	0,00250
Emulsão asfáltica	t	2,5000 l/m²	67,00	1,00000	0,00373
<b>Tratamento superficial</b>	<b>m²</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,30000</b>	<b>-</b>

## d) tratamento superficial duplo com banho diluído

Consiste em revestimento do pavimento composto por duas aplicações de ligante asfáltico cobertas por uma camada de agregado mineral de forma intercalada, com acabamento superficial de emulsão diluída em água.

A tabela 42 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 42 - Consumos dos insumos - tratamento superficial duplo com banho diluído

Material	Unidade	Taxa de aplicação	Teor de asfalto residual (%)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m²)
Brita 1	m³	22,5000 kg/m²	-	1,50000	0,01500
Brita 0	m³	11,0000 kg/m²	-	1,50000	0,00733
Emulsão asfáltica	t	3,2000 l/m²	67,00	1,00000	0,00477
<b>Tratamento superficial</b>	<b>m²</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,30000</b>	<b>-</b>

## e) Tratamento Superficial Triplo – TSD

Consiste em revestimento do pavimento composto por três aplicações de ligante asfáltico cobertas por uma camada de agregado mineral de forma intercalada.

A tabela 43 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos insumos para o serviço.



Tabela 43 - Consumos dos insumos - tratamento superficial triplo

Material	Unidade	Taxa de aplicação	Teor de asfalto residual (%)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m²)
Brita 2	m³	22,5000 kg/m²	-	1,50000	0,01500
Brita 0	m³	11,0000 kg/m²	-	1,50000	0,00733
Pó de Pedra	m³	6,0000 kg/m²	-	1,50000	0,00400
Cimento asfáltico	t	2,5000 l/m²	-	1,00000	0,00250
Emulsão asfáltica	t	2,5000 l/m²	67,00	1,00000	0,00373
<b>Tratamento superficial</b>	<b>m²</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,30000</b>	<b>-</b>

## f) tratamento superficial triplo com banho diluído

Consiste em revestimento do pavimento composto por três aplicações de ligante asfáltico cobertas por uma camada de agregado mineral de forma intercalada, com acabamento superficial de emulsão diluída em água.

A tabela 44 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 44 - Consumos dos insumos - tratamento superficial triplo com banho diluído

Material	Unidade	Taxa de aplicação	Teor de asfalto residual (%)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m²)
Brita 2	m³	22,5000 kg/m²	-	1,50000	0,01500
Brita 0	m³	11,0000 kg/m²	-	1,50000	0,00733
Pó de Pedra	m³	6,0000 kg/m²	-	1,50000	0,00400
Emulsão asfáltica	t	3,2000 l/m²	67,00	1,00000	0,00477
<b>Tratamento superficial</b>	<b>m²</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2,30000</b>	<b>-</b>

## 2.6.1.6 Operações de transporte

A tabela 45 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 45 - Serviços empregados nas operações de transporte - tratamento superficial

Código SICRO	Descrição	Código SICRO	Descrição
-	Brita 0, brita 1, brita 2 e pó de pedra	5914648	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga em distribuidor rebocável
		5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
		5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
		5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada



**Tabela 45 - Serviços empregados nas operações de transporte - tratamento superficial (2/2)**

Código SICRO	Descrição	Código SICRO	Descrição
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	5915409	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga em distribuidor rebocável
		5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
		5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
		5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

A tabela 46 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 46 - Conversão para transporte - tratamento superficial**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte (t/m³)
M0005	Brita 0	1,50000
M0191	Brita 1	1,50000
M0192	Brita 2	1,50000
M1135	Pó de pedra	1,50000
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	1,50000

#### 2.6.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de tratamentos superficiais deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente executada.

#### 2.6.2 Macadame betuminoso por penetração

O serviço consiste na execução de camada do pavimento composta por aplicações alternadas de agregados submetidos à compressão mecânica para compactação e ligante asfáltico.

##### 2.6.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 149/2010: *Pavimentação asfáltica - Macadame betuminoso com ligante asfáltico convencional por penetração*;
- DNER ES 394/1999: *Pavimentação - Macadame por penetração com asfalto polímero*.



### 2.6.2.2 Metodologia executiva

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

- descarga de agregado em distribuidor por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- compactação primária por meio do rolo liso vibratório;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus;
- aplicação do ligante asfáltico por meio do caminhão tanque distribuidor.

Para execução de macadame betuminoso por penetração com uso de ligante asfáltico convencional, são repetidas as operações acima descritas de forma sequencial para a 1ª e 2ª camadas.

Para execução de macadame betuminoso por penetração com uso de ligante asfáltico modificado por polímero, posteriormente ao supracitado processo, é aplicada uma 3ª camada de agregado.

### 2.6.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- caminhão tanque distribuidor de asfalto: líder de equipe;
- rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- distribuidor de agregados autopropelido;
- tanque de estocagem de asfalto.

a) caminhão tanque distribuidor de asfalto

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

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

onde:

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

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

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

Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;

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



## b) rolos compactadores

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

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

## c) distribuidor de agregados autopropelido

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

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

onde:

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

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

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do distribuidor de agregados.

## d) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

#### 2.6.2.4 Mão de obra

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

- 8 serventes para auxiliar o espalhamento dos agregados.





### 2.6.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Para execução do macadame betuminoso por penetração são utilizados os seguintes insumos:

- brita: consiste em agregado graúdo;
- cimento asfáltico: consiste em ligante asfáltico com comportamento termoplástico, semissólido ou sólido à temperatura ambiente, obtido para apresentar características específicas para o emprego na construção de pavimentos por meio de processo a quente, sendo convencional ou modificado por polímero.

#### a) macadame betuminoso por penetração - faixa A

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

**Tabela 47 - Consumos dos insumos - macadame betuminoso - faixa A**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/t)
Brita 4	m³	86,430	1,81503	1,50000	1,21002
Brita 1	m³	9,769	0,20516	1,50000	0,13677
Cimento asfáltico	t	3,801	0,07982	-	0,07982
<b>Macadame Betuminoso</b>	<b>t</b>	<b>100,000</b>	<b>-</b>	<b>2,10000</b>	<b>-</b>

#### b) macadame betuminoso por penetração - faixa B

A tabela 48 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 48 - Consumos dos insumos - macadame betuminoso - faixa B**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/t)
Brita 4	m³	85,796	1,80171	1,50000	1,20114
Brita 1	m³	10,330	0,21693	1,50000	0,14462
Cimento asfáltico	t	3,874	0,08135	-	0,08135
<b>Macadame Betuminoso</b>	<b>t</b>	<b>100,000</b>	<b>-</b>	<b>2,10000</b>	<b>-</b>

#### c) macadame betuminoso por penetração - faixa C

A tabela 49 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.



**Tabela 49 - Consumos dos insumos - macadame betuminoso - faixa C**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/t)
Brita 3	m³	85,574	1,79706	1,50000	1,19804
Brita 1	m³	10,479	0,22007	1,50000	0,14671
Cimento asfáltico	t	3,947	0,08289	-	0,08289
<b>Macadame Betuminoso</b>	<b>t</b>	<b>100,000</b>	<b>-</b>	<b>2,10000</b>	<b>-</b>

d) macadame betuminoso por penetração - faixa D

A tabela 50 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 50 - Consumos dos insumos - macadame betuminoso - faixa D**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/t)
Brita 3	m³	86,050	1,80705	1,50000	1,20470
Brita 0	m³	9,964	0,20925	1,50000	0,13950
Cimento asfáltico	t	3,986	0,08371	-	0,08371
<b>Macadame Betuminoso</b>	<b>t</b>	<b>100,000</b>	<b>-</b>	<b>2,10000</b>	<b>-</b>

e) macadame betuminoso por penetração - com asfalto polímero - faixa A

A tabela 51 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 51 - Consumos dos insumos - macadame betuminoso com asfalto polímero - faixa A**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/t)
Brita 4	m³	88,116	1,85043	1,50000	1,23362
Brita 0	m³	2,858	0,06002	1,50000	0,04001
Pó de pedra	m³	3,096	0,06501	1,50000	0,04334
Cimento asfáltico	t	5,930	0,12453	-	0,12453
<b>Macadame Betuminoso</b>	<b>m³</b>	<b>100,000</b>	<b>-</b>	<b>2,10000</b>	<b>-</b>

#### 2.6.2.6 Operações de transporte

A tabela 52 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.



**Tabela 52 - Serviços empregados nas operações de transporte - macadame betuminoso por penetração**

Código SICRO	Descrição	Código SICRO	Descrição
-	Brita 0, brita 1, brita 3, brita 4 e pó de pedra	5914651	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga em distribuidor autopropelido
		5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
		5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
		5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	5915411	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga em distribuidor autopropelido
		5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
		5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
		5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

A tabela 53 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 53 - Conversão para transporte - macadame betuminoso por penetração**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte (t/m³)
M0005	Brita 0	1,50000
M0191	Brita 1	1,50000
M0193	Brita 3	1,50000
M0808	Brita 4	1,50000
M1135	Pó de pedra	1,50000
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	1,50000

#### 2.6.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de macadame betuminoso por penetração deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume de material efetivamente executado.

#### 2.6.3 Pré-misturado a frio

O serviço consiste na execução de revestimento com emprego de mistura asfáltica pré-misturada a frio.



### 2.6.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 153/2010: *Pavimentação asfáltica - Pré - misturado a frio com emulsão catiônica convencional*;
- DNER ES 390/1999: *Pavimentação - Pré-misturado a frio com emulsão modificada por polímero*.

### 2.6.3.2 Metodologia executiva

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

- usinagem de pré-misturado a frio;
- descarga da mistura em vibroacabadora por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio da vibroacabadora;
- compactação primária por meio do rolo liso vibratório;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.

### 2.6.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido;
- vibroacabadora de asfalto sobre esteiras.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da usina misturadora.

#### a) rolos compactadores

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

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



## b) vibroacabadora de asfalto

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

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

e representa a espessura, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

$F_e$  representa o fator de eficiência.

## 2.6.3.4 Mão de obra

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

- 8 serventes para auxiliar no espalhamento do material.

## 2.6.3.5 Materiais e atividades auxiliares

## a) usinagem de pré-misturado a frio

Consiste nas operações de homogeneização de agregado mineral, material de enchimento e emulsão asfáltica convencional ou modificada por polímero, em usina, consoante às faixas granulométricas estabelecidas em norma (A, B, C e D).

O consumo referencial adotado é de 1,00 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

## 2.6.3.6 Operações de transporte

A tabela 54 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 54 - Serviços empregados nas operações de transporte - pré-misturado a frio**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de pré-misturado a frio	2,30000 t/m <sup>3</sup>	5914650	Carga, manobra e descarga de mistura betuminosa a frio em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga em usina de 60 t/h (PMF) e descarga em vibroacabadora
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada



#### 2.6.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de pré-misturado a frio deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.6.4 Pré-misturado a quente com asfalto polímero

O serviço consiste na execução de revestimento com emprego de mistura asfáltica pré-misturada a quente.

##### 2.6.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNER ES 386/1999: *Pavimentação - Pré-misturado a quente com asfalto polímero - camada porosa de atrito.*

##### 2.6.4.2 Metodologia executiva

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

- usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero;
- descarga da mistura em vibroacabadora por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio da vibroacabadora;
- compactação por meio do rolo compactador liso tandem vibratório.

##### 2.6.4.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido;
- vibroacabadora de asfalto sobre esteiras.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da usina de asfalto.

a) rolo compactador liso tandem vibratório

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

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



onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
 $F_{cv}$  representa o fator de conversão, em toneladas por metro cúbico;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 $Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

b) vibroacabadora de asfalto

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_{cv} \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;  
e representa a espessura, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de avanço, em metros por minuto;  
 $F_{cv}$  representa o fator de conversão, em toneladas por metro cúbico;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência.

#### 2.6.4.4 Mão de obra

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

- 8 serventes para auxiliar no espalhamento do material.

#### 2.6.4.5 Materiais e atividades auxiliares

a) usinagem de pré-misturado a quente

Consiste nas operações de homogeneização de agregado mineral graduado, material de enchimento e cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero, em usina, consoante às faixas granulométricas estabelecidas em norma (I, II, III, IV e V).

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

#### 2.6.4.6 Operações de transporte

A tabela 55 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.



**Tabela 55 - Serviços empregados nas operações de transporte - pré-misturado a quente com asfalto polímero**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de pré-misturado a quente	1,00000 t/t	5914649	Carga, manobra e descarga de mistura betuminosa a quente em caminhão basculante de 10 m³ - carga em usina de asfalto 100/140 t/h e descarga em vibroacabadora
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

#### 2.6.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de pré-misturado a quente com asfalto polímero deve ser realizada em toneladas, em função da massa da mistura efetivamente executada.

#### 2.6.5 Areia asfalto a quente (com e sem polímero)

O serviço consiste na execução de revestimento com emprego da mistura areia asfalto a quente.

##### 2.6.5.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 032/2005: *Pavimentos Flexíveis - Areia-asfalto a quente*;
- DNER ES 387/1999: *Pavimentação - Areia asfalto a quente com asfalto polímero*.

##### 2.6.5.2 Metodologia executiva

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

- usinagem de areia asfalto a quente;
- descarga da mistura em vibroacabadora por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio da vibroacabadora;
- compactação primária por meio do rolo liso vibratório;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.





### 2.6.5.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido;
- vibroacabadora de asfalto sobre esteiras.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da usina de asfalto.

#### a) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

$F_{cv}$  representa o fator de conversão, em toneladas por metro cúbico;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### b) vibroacabadora de asfalto

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_{cv} \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

e representa a espessura, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

$F_{cv}$  representa o fator de conversão, em toneladas por metro cúbico;

$F_e$  representa o fator de eficiência.

### 2.6.5.4 Mão de obra

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

- 8 serventes para auxiliar no espalhamento do material.



#### 2.6.5.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) usinagem de areia asfalto a quente

Consiste nas operações de homogeneização de areia, material de enchimento e cimento asfáltico de petróleo convencional ou modificado por polímero, em usina, consoante às faixas granulométricas estabelecidas em norma (asfalto convencional: A e B; asfalto modificado: A, B e C).

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

#### 2.6.5.6 Operações de transporte

A tabela 56 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 56 - Serviços empregados nas operações de transporte - areia asfalto a quente (com e sem polímero)**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de areia asfalto a quente	1,00000 t/t	5914649	Carga, manobra e descarga de mistura betuminosa a quente em caminhão basculante de 10 m³ - carga em usina de asfalto 100/140 t/h e descarga em vibroacabadora
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

#### 2.6.5.7 Critérios de medição

A medição do serviço de areia asfalto a quente deve ser realizada em toneladas, em função da massa da mistura efetivamente executada.

#### 2.6.6 Concreto asfáltico

O serviço consiste na execução de revestimento com emprego de concreto asfáltico a quente.

##### 2.6.6.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 031/2024: *Pavimentação - Concreto asfáltico*;
- DNER ES 385/1999: *Pavimentação - Concreto asfáltico com asfalto polímero*.



### 2.6.6.2 Metodologia executiva

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

- usinagem de concreto asfáltico;
- descarga da mistura em vibroacabadora por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio da vibroacabadora;
- compactação primária por meio do rolo liso tandem vibratório;
- compactação secundária por meio do rolo de pneus;
- acabamento por meio do rolo liso tandem vibratório

### 2.6.6.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido;
- vibroacabadora de asfalto sobre esteiras.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da usina de asfalto.

#### a) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

$F_{cv}$  representa o fator de conversão, em toneladas por metro cúbico;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### b) vibroacabadora de asfalto

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_{cv} \times F_e$$



onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

e representa a espessura, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

$F_{cv}$  representa o fator de conversão, em toneladas por metro cúbico;

$F_e$  representa o fator de eficiência.

#### 2.6.6.4 Mão de obra

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

- 8 serventes para auxiliar no espalhamento do material.

#### 2.6.6.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) massa asfáltica comercial

Consiste em concreto asfáltico adquirido comercialmente.

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

##### b) usinagem de concreto asfáltico

Consiste nas operações de homogeneização de agregado graduado, material de enchimento e cimento asfáltico de petróleo convencional ou modificado por polímero, em usina, consoante às faixas granulométricas estabelecidas em norma (A-25, B-19, C12,5 e D-9,5).

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

#### 2.6.6.6 Operações de transporte

A tabela 57 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 57 - Serviços empregados nas operações de transporte - concreto asfáltico**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de concreto asfáltico	1,00000 t/t	5914649	Carga, manobra e descarga de mistura betuminosa a quente em caminhão basculante de 10 m³ - carga em usina de asfalto 100/140 t/h e descarga em vibroacabadora
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada



Tabela 57 - Serviços empregados nas operações de transporte - concreto asfáltico (2/2)

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Massa asfáltica comercial	1,00000 t/t	5914649	Carga, manobra e descarga de mistura betuminosa a quente em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga em usina de asfalto 100/140 t/h e descarga em vibroacabadora
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada

#### 2.6.6.7 Critérios de medição

A medição do serviço de concreto asfáltico deve ser realizada em toneladas, em função da massa da mistura efetivamente executada.

#### 2.6.7 Concreto asfáltico com borracha

O serviço consiste na execução de revestimento com emprego de concreto asfáltico com borracha a quente.

##### 2.6.7.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 112/2009: *Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico com asfalto-borracha, via úmida, do tipo "Terminal Blending"*.

##### 2.6.7.2 Metodologia executiva

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

- usinagem de concreto asfáltico com borracha;
- descarga da mistura em vibroacabadora por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio da vibroacabadora;
- compactação primária por meio do rolo liso vibratório;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.

##### 2.6.7.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:



- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido;
- vibroacabadora de asfalto sobre esteiras.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da usina de asfalto.

#### a) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;  
 v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 F<sub>cv</sub> representa o fator de conversão, em toneladas por metro cúbico;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### b) vibroacabadora de asfalto

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_{cv} \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;  
 e representa a espessura, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 v representa a velocidade de avanço, em metros por minuto;  
 F<sub>cv</sub> representa o fator de conversão, em toneladas por metro cúbico;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

#### 2.6.7.4 Mão de obra

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

- 8 serventes para auxiliar no espalhamento do material.



### 2.6.7.5 Materiais e atividades auxiliares

#### a) usinagem de concreto asfáltico com borracha

Consiste nas operações de homogeneização de agregado graduado, material de enchimento e ligante asfáltico do tipo asfalto-borracha, em usina, consoante às faixas granulométricas estabelecidas em norma (A, B, C e *Gap Graded*).

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

### 2.6.7.6 Operações de transporte

A tabela 58 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 58 - Serviços empregados nas operações de transporte - concreto asfáltico com borracha**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de concreto asfáltico com borracha	1,00000 t/t	5914646	Carga, manobra e descarga de concreto asfáltico com borracha em caminhão basculante de 10 m³ - carga em usina de asfalto 100/140 t/h e descarga em vibroacabadora
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

### 2.6.7.7 Critérios de medição

A medição do serviço de concreto asfáltico com borracha deve ser realizada em toneladas, em função da massa da mistura efetivamente executado.

## 2.7 Pavimento de concreto

### 2.7.1 Pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte

O serviço consiste na execução de pavimento rígido de concreto simples de cimento Portland utilizando equipamento de pequeno porte.

#### 2.7.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 047/2004: *Pavimento rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte*;
- IPR 714/2005: *Manual de pavimentos rígidos - 2ª edição*.



### 2.7.1.2 Metodologia executiva

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

- fornecimento e instalação das fôrmas metálicas;
- dosagem do concreto em central;
- mistura e lançamento do concreto por meio de caminhão betoneira;
- espalhamento do concreto pela mão de obra;
- adensamento do concreto por meio de vibradores de imersão e régua vibratória;
- acabamento da superfície e execução de ranhuras pela mão de obra;
- aplicação manual do aditivo de cura para concreto;
- retirada das fôrmas após a consolidação da estrutura.

### 2.7.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida de forma conjunta pelos seguintes equipamentos:

- régua vibratória dupla: líder de equipe;
- vibrador de imersão para concreto.

#### a) régua vibratória dupla

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

$$P = e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura do pavimento, em metros;  
L representa a largura útil de trabalho da régua, em metros;  
v representa a velocidade de avanço da régua vibratória, em metros por hora;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

São empregadas duas unidades do vibrador de imersão para a atividade de adensamento, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

### 2.7.1.4 Mão de obra

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

- 2 serventes para executar o espalhamento do concreto;
- 2 serventes para operar a régua vibratória;





- 2 serventes para operar os vibradores de imersão;
- 2 pedreiros para executar o acabamento da superfície de concreto;
- 1 servente para executar as ranhuras na superfície de concreto;
- 1 servente para aplicar o aditivo de cura para concreto.

#### 2.7.1.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) aditivo de cura para concreto

Consiste em composto químico líquido utilizado na proteção do concreto contra os efeitos da desidratação provocada pelo calor e pelo vento.

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

##### b) concreto fctm,k = 4,5 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h

Consiste na confecção de concreto em central dosadora.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m³ por unidade de serviço executado.

##### c) fôrma metálica para pavimento de concreto - utilização de 100 vezes - confecção, instalação e retirada

Consiste na confecção, instalação e retirada das fôrmas metálicas para contenção do concreto.

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

$$Q = \frac{2 \times C \times e}{C \times L_s \times e}$$

onde:

Q representa o consumo de fôrma, em metros quadrados por metro cúbico;

C representa o comprimento unitário do segmento, em metros;

e representa a espessura do pavimento, em metros;

L<sub>s</sub> representa a largura do segmento, em metros.

A tabela 59 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo da atividade.

**Tabela 59 - Consumo de fôrma metálica - pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte**

Comprimento segmento (m)	Espessura pavimento (m)	Largura segmento (m)	Consumo (m²/m³)
1,00	0,20	3,60	0,55556



### 2.7.1.6 Operações de transporte

A tabela 60 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 60 - Serviços empregados nas operações de transporte - pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M2152	Aditivo de cura para concreto	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
-	Concreto fctm,k = 4,5 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h	2,40000 t/m³	5909007	Carga, manobra e descarga de concreto com caminhão betoneira - carga em central de concreto de 30 m³/h e descarga livre
			5914539	Transporte com caminhão betoneira - rodovia em leito natural
			5914554	Transporte com caminhão betoneira - rodovia em revestimento primário
			5914569	Transporte com caminhão betoneira - rodovia pavimentada

### 2.7.1.7 Critérios de medição

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

### 2.7.2 Pavimento de concreto com equipamento fôrma-trilho

O serviço consiste na execução de pavimento rígido de concreto simples de cimento Portland utilizando equipamento fôrma-trilho.

#### 2.7.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 048/2004: *Pavimento rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-trilho*;
- IPR 714/2005: *Manual de pavimentos rígidos - 2ª edição*.



### 2.7.2.2 Metodologia executiva

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

- confecção do concreto em central dosadora e misturadora;
- lançamento do concreto por meio de caminhão basculante específico para atividade;
- espalhamento do concreto pela mão de obra;
- adensamento do concreto e regularização da superfície por meio de equipamento fôrma-trilho;
- acabamento da superfície e execução de ranhuras pela mão de obra;
- aplicação manual do aditivo de cura para concreto.

### 2.7.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelo seguinte equipamento:

- equipamento fôrma-trilho.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da central de concreto.

a) equipamento fôrma-trilho

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

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

e representa a espessura, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

$F_e$  representa o fator de eficiência.

### 2.7.2.4 Mão de obra

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

- 10 serventes para executar o espalhamento do concreto;
- 6 pedreiros para executar o acabamento da superfície de concreto;
- 2 serventes para executar as ranhuras na superfície de concreto;
- 2 serventes para aplicar o aditivo de cura para concreto.



### 2.7.2.5 Materiais e atividades auxiliares

#### a) aditivo de cura para concreto

Consiste em composto químico líquido utilizado na proteção do concreto contra os efeitos da desidratação provocada pelo calor e pelo vento.

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

#### b) usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes

Consiste na confecção de concreto em central dosadora e misturadora.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

### 2.7.2.6 Operações de transporte

A tabela 61 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 61 - Serviços empregados nas operações de transporte - pavimento de concreto com equipamento fôrma-trilho**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M2152	Aditivo de cura para concreto	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
-	Usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes	2,40000 t/m <sup>3</sup>	5919540	Carga, manobra e descarga de concreto de cimento em caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - carga em central de concreto de 150 m <sup>3</sup> /h e descarga em vibroacabadora
			5914315	Transporte de concreto com caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914330	Transporte de concreto com caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914345	Transporte de concreto com caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada

### 2.7.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de pavimento de concreto com equipamento fôrma-trilho deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.



### 2.7.3 Pavimento de concreto com fôrmas deslizantes

O serviço consiste na execução de pavimento rígido de concreto simples de cimento Portland utilizando equipamento de fôrmas deslizantes.

#### 2.7.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 049/2013: *Pavimento rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrmas deslizantes*;
- IPR 714/2005: *Manual de Pavimentos Rígidos - 2ª edição*.

#### 2.7.3.2 Metodologia executiva

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

- confecção do concreto em central dosadora e misturadora;
- montagem e posicionamento das barras de transferência pela mão de obra;
- lançamento do concreto por meio de caminhão basculante específico para atividade;
- espalhamento inicial do concreto por meio da escavadeira hidráulica;
- espalhamento, adensamento e regularização da superfície por meio da vibroacabadora com fôrmas deslizantes;
- preparo e colocação das barras de ligação pela mão de obra;
- acabamento manual da superfície;
- execução de ranhuras na superfície e aplicação do aditivo de cura para concreto por meio da máquina texturizadora e aplicadora de cura química.

#### 2.7.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- máquina texturizadora e aplicadora de cura química;
- vibroacabadora de concreto com fôrmas deslizantes;
- escavadeira hidráulica sobre esteira.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da central de concreto.



## a) máquina texturizadora e aplicadora de cura química

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de avanço, em metros por minuto;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

## b) vibroacabadora de concreto com fôrmas deslizantes

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de avanço, em metros por minuto;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

## c) escavadeira hidráulica sobre esteira

Ao passo que o equipamento permanece ligado durante a execução das atividades, é imputada a utilização operativa integral.

#### 2.7.3.4 Mão de obra

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

- 1 armador para executar a montagem e posicionamento das barras de ligação e transferência;
- 1 ajudante para auxiliar as atividades de montagem e posicionamento das barras de ligação e transferência;
- 4 pedreiros para executar o acabamento da superfície de concreto;
- 12 serventes para auxiliar o espalhamento do concreto e a atividade da máquina texturizadora.



### 2.7.3.5 Materiais e atividades auxiliares

#### a) aço CA 25, aço CA 50, arame liso e treliça nervurada

Consistem em insumos utilizados na confecção das barras de ligação e transferência.

Não são atribuídos valores aos quantitativos dos insumos ao passo que tais elementos devem ser determinados em fase de projeto, consoante às condições de contorno e dimensionamento específicos de cada empreendimento.

#### b) aditivo de cura para concreto

Consiste em composto químico líquido utilizado na proteção do concreto contra os efeitos da desidratação provocada pelo calor e pelo vento.

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

#### c) usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes

Consiste na confecção de concreto em central dosadora e misturadora.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

### 2.7.3.6 Operações de transporte

A tabela 62 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 62- Serviços empregados nas operações de transporte - pavimento de concreto com fôrmas deslizantes**

Código SICRO	Descrição	Código SICRO	Descrição
-	Aço CA 25, aço CA 50, arame liso e treliça nervurada	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
		5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
		5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
		5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
-	Usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes	5919540	Carga, manobra e descarga de concreto de cimento em caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - carga em central de concreto de 150 m <sup>3</sup> /h e descarga em vibroacabadora
		5914315	Transporte de concreto com caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
		5914330	Transporte de concreto com caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
		5914345	Transporte de concreto com caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada



A tabela 63 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 63 - Conversão para transporte - pavimento de concreto com fôrmas deslizantes**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0003	Aço CA 25	0,00100 t/kg
M0004	Aço CA 50	0,00100 t/kg
M2152	Aditivo de cura para concreto	0,00100 t/kg
M1377	Treliça nervurada eletrossoldada em aço CA 60	0,00100 t/kg
6416090	Usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes - areia e brita comerciais	2,40000 t/m <sup>3</sup>
6416089	Usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes - areia extraída e brita produzida	2,40000 t/m <sup>3</sup>

#### 2.7.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de pavimento de concreto com fôrmas deslizantes deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.7.4 Pavimento de concreto compactado com rolo

O serviço consiste na execução de pavimento rígido de concreto simples com consistência seca utilizando a vibroacabadora e o rolo compactador.

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

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

- DNIT ES 059/2004: *Pavimento rígido - Pavimento de concreto de cimento Portland, compactado com rolo*;
- IPR 714/2005: *Manual de Pavimentos Rígidos - 2ª edição*.

##### 2.7.4.2 Metodologia executiva

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

- confecção do concreto em central dosadora e misturadora;
- descarga do concreto em vibroacabadora por meio de caminhão basculante específico para atividade;
- distribuição do concreto na pista por meio da vibroacabadora;
- compactação por meio do rolo liso tandem.





#### 2.7.4.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido;
- vibroacabadora de asfalto sobre esteiras.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da central de concreto.

##### a) rolo compactador

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

##### b) vibroacabadora de asfalto

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de avanço, em metros por minuto;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

#### 2.7.4.4 Mão de obra

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

- 6 serventes para auxiliar no espalhamento e acabamento do concreto.



#### 2.7.4.5 Materiais e atividades auxiliares

a) usinagem para pavimento de concreto compactado com rolo

Consiste na confecção de concreto simples com baixo teor de cimento e consistência seca, por meio de central dosadora e misturadora.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

#### 2.7.4.6 Operações de transporte

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

**Tabela 64 - Serviços empregados nas operações de transporte - pavimento de concreto compactado com rolo**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem para pavimento de concreto compactado com rolo	2,40000 t/m <sup>3</sup>	5919540	Carga, manobra e descarga de concreto de cimento em caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - carga em central de concreto de 150 m <sup>3</sup> /h e descarga em vibroacabadora
			5914315	Transporte de concreto com caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914330	Transporte de concreto com caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914345	Transporte de concreto com caminhão basculante de 7 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada

#### 2.7.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de pavimento de concreto compactado com rolo deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

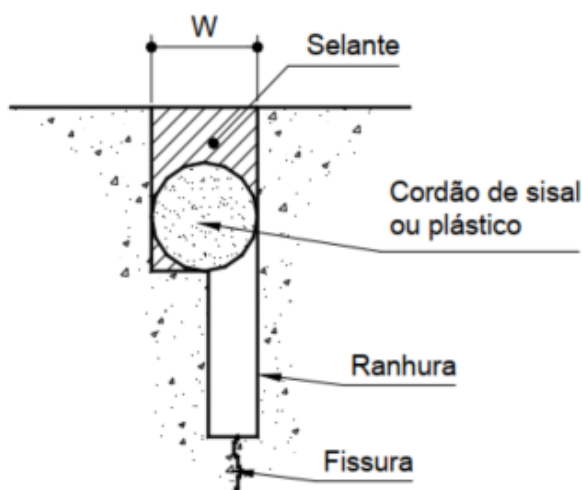
#### 2.7.5 Serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio

O serviço consiste na execução de juntas em pavimento de concreto por meio de serragem, incluindo limpeza e aplicação de selante a frio.

O croqui apresentado na figura 3 ilustra a seção transversal de uma junta.



Figura 3 - Junta com reservatório do selante com utilização de cordão



Fonte: DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Publicação IPR 714 - Manual de pavimentos rígidos. Rio de Janeiro: DNIT, 2005.

#### 2.7.5.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- IPR 714/2005: *Manual de Pavimentos Rígidos - 2ª edição*.

#### 2.7.5.2 Metodologia executiva

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

- execução da primeira e segunda ranhura, com largura de 3,0 mm cada, por meio de serra de concreto cuja ligação ao caminhão tanque fornece água para promover o resfriamento do disco de corte;
- limpeza manual do material demolido;
- limpeza da junta por meio do compressor de ar portátil;
- posicionamento manual do cordão de polietileno expandido;
- aplicação manual do selante elástico.

#### 2.7.5.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- serra para corte de concreto e asfalto: líder de equipe;
- compressor de ar portátil;
- caminhão tanque.



a) serra para corte de concreto e asfalto

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

$$P = \frac{v \times F_e}{Q_p}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

v representa a velocidade de operação, em metros por hora;

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

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da serra para corte.

b) compressor de ar portátil

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros por hora;

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

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

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

c) caminhão tanque

É empregada uma unidade de caminhão tanque para o desenvolvimento do serviço, operando em conjunto com a serra de corte, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

#### 2.7.5.4 Mão de obra

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

- 1 servente para operar a serra para corte;
- 1 servente para auxiliar no abastecimento de água da serra para corte;
- 2 serventes para executar a limpeza com ferramentas manuais;
- 1 servente para operar o compressor de ar;
- 1 servente para auxiliar na limpeza com ar comprimido;
- 1 pedreiro para colocar o cordão de polietileno;



- 1 servente para auxiliar na colocação do cordão de polietileno;
- 1 pedreiro para aplicar o selante;
- 1 servente para auxiliar na aplicação do selante.

#### 2.7.5.5 Materiais e atividades auxiliares

a) cordão de polietileno expandido de baixa densidade - D = 10,0 mm

Consiste em cordão cilíndrico fabricado em espuma de polietileno, utilizado como delimitador de profundidade e material de suporte para o selante.

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

b) disco de corte diamantado para concreto e asfalto - D = 350 mm

Consiste em insumo acoplado à serra para execução de cortes em pavimento de concreto.

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

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

onde:

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

C representa o comprimento de corte, em metros por metro;

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

A tabela 65 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 65 - Consumo de disco de corte - serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio**

Comprimento de corte (m/m)	Vida útil (m/un)	Consumo (un/m)
2,00	300,00	0,00667

c) selante elástico à base de poliuretano e asfalto

Consiste em insumo com propriedade selante utilizado no preenchimento das juntas em pavimento de concreto.

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

$$Q = H \times L \times \rho$$



onde:

Q representa o consumo, em quilogramas por metro;

H representa a profundidade do reservatório de selante, em metros;

L representa a largura do reservatório de selante, em metros;

$\rho$  representa a massa específica do selante, em quilogramas por metro cúbico.

A tabela 66 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 66 - Consumo de selante elástico à base de poliuretano e asfalto - serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio**

Profundidade (m)	Largura (m)	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Consumo (kg/m)
0,012	0,006	1.100,00	0,07920

#### 2.7.5.6 Operações de transporte

A tabela 67 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

**Tabela 67 - Serviços empregados nas operações de transporte - serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M2150	Selante elástico à base de poliuretano e asfalto	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

#### 2.7.5.7 Critérios de medição

A medição do serviço de serragem de juntas deve ser realizada em metros, em função do comprimento linear efetivamente executado.

#### 2.7.6 Lona plástica para pavimento

O serviço consiste no fornecimento e instalação de lona plástica sobre a superfície da sub-base, visando isolar e impermeabilizar a camada, de modo a evitar sua aderência ao pavimento superior.

##### 2.7.6.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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



- DNIT ES 047/2004: *Pavimento rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte;*
- DNIT ES 048/2004: *Pavimento rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-trilho;*
- DNIT ES 049/2013: *Pavimento rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrmas deslizantes;*
- DNIT ES 059/2004: *Pavimento rígido - Pavimento de concreto de cimento Portland, compactado com rolo.*

#### 2.7.6.2 Metodologia executiva

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

- posicionamento manual da lona plástica.

#### 2.7.6.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, correspondendo a 520,00 m<sup>2</sup>/h.

#### 2.7.6.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para desenrolar e posicionar a lona plástica.

#### 2.7.6.5 Materiais e atividades auxiliares

a) lona plástica - E = 200 micras

Consiste em insumo fabricado em polietileno de baixa densidade, utilizado como película isolante e impermeabilizante.

O consumo referencial adotado é de 1,10000 m<sup>2</sup> por unidade de serviço executado, já incorporada uma taxa de perda de 10,00% em função da sobreposição de camadas e recortes no material.

#### 2.7.6.6 Operações de transporte

A tabela 68 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.



**Tabela 68 - Serviços empregados nas operações de transporte - lona plástica para pavimento**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0769	Lona plástica - E = 200 micras	0,00006 t/m²	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

#### 2.7.6.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fornecimento e instalação de lona plástica para pavimento deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente aplicada.

## 2.8 Recuperação

### 2.8.1 Lama asfáltica

O serviço consiste na execução de revestimento com emprego de lama asfáltica.

#### 2.8.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 150/2010: *Pavimentação asfáltica - Lama asfáltica*.

#### 2.8.1.2 Metodologia executiva

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

- abastecimento da usina móvel com os insumos: água por meio de caminhão tanque, agregados por meio de carregadeira de pneus e emulsão asfáltica por meio de tanques de estocagem;
- dosagem e homogeneização dos materiais por meio de usina móvel;
- distribuição da mistura por meio de usina móvel;
- acabamento manual da mistura em pista.

#### 2.8.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:





- usina móvel para lama asfáltica e microrrevestimento: líder de equipe;
- caminhão tanque;
- carregadeira de pneus;
- tanque de estocagem de asfalto.

a) usina móvel para lama asfáltica e microrrevestimento

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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade do silo de agregados, em quilogramas;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

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

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

b) caminhão tanque

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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

Q representa o consumo, em litros por metro quadrado;

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

c) carregadeira de pneus

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

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

onde:

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

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



$F_{ca}$  representa o fator de carga;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 $F_{cv}$  representa o fator de conversão, em metros cúbicos por metro quadrado;  
 $T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

d) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

#### 2.8.1.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar no abastecimento de água da usina móvel com o caminhão tanque;
- 2 serventes para auxiliar no abastecimento de agregado da usina móvel com a carregadeira;
- 1 servente para auxiliar no abastecimento de emulsão da usina móvel com o caminhão tanque;
- 2 serventes para auxiliar a usina móvel no espalhamento de material na pista;
- 4 serventes para executar o acabamento do material espalhado.

#### 2.8.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Para execução do tratamento superficial são utilizados os seguintes insumos:

- areia, pedrisco e pó de pedra: consistem em agregados miúdos;
- filer calcário: consiste em material de enchimento, obtido por meio do processo de moagem do calcário, apresentando granulometria fina;
- emulsão asfáltica: consiste em ligante constituído pela dispersão entre uma fase asfáltica e outra aquosa, por meio da ação de agente emulsificador.

a) lama asfáltica - faixa I

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

**Tabela 69 - Consumos dos insumos - lama asfáltica - faixa I**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Taxa de aplicação média (kg/m <sup>2</sup> )	Massa (t/m <sup>2</sup> )	Massa específica (t/m <sup>3</sup> )	Consumo (un/m <sup>2</sup> )
Pó de pedra	m <sup>3</sup>	55,000	5,00	0,00275	1,50000	0,00183



**Tabela 69 - Consumos dos insumos - lama asfáltica - faixa I (2/2)**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Taxa de aplicação média (kg/m²)	Massa (t/m²)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m²)
Areia média	m³	43,500	5,00	0,00218	1,50000	0,00145
Filer	kg	1,500	5,00	0,00008	1,40000	0,07500
Emulsão asfáltica	t	10,500	5,00	0,00053	-	0,00053
<b>Lama asfáltica</b>	<b>m²</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

b) lama asfáltica - faixa II

A tabela 70 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 70 - Consumos dos insumos - lama asfáltica - faixa II**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Taxa de aplicação média (kg/m²)	Massa (t/m²)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m²)
Pó de pedra	m³	47,500	3,5000	0,00166	1,50000	0,00111
Areia média	m³	51,000	3,5000	0,00179	1,50000	0,00119
Filer	kg	1,500	3,5000	0,00005	1,40000	0,05250
Emulsão asfáltica	t	13,000	3,5000	0,00046	-	0,00046
<b>Lama asfáltica</b>	<b>m²</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

c) lama asfáltica - faixa III

A tabela 71 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 71 - Consumos dos insumos - lama asfáltica - faixa III**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Taxa de aplicação média (kg/m²)	Massa (t/m²)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m²)
Pedrisco	m³	5,000	6,5000	0,00033	1,50000	0,00022
Pó de pedra	m³	55,000	6,5000	0,00358	1,50000	0,00238
Areia média	m³	38,500	6,5000	0,00250	1,50000	0,00167
Filer	kg	1,500	6,5000	0,00010	1,40000	0,09750
Emulsão asfáltica	t	10,500	6,5000	0,00068	-	0,00068
<b>Lama asfáltica</b>	<b>m²</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

#### 2.8.1.6 Operações de transporte

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



**Tabela 72 - Serviços empregados nas operações de transporte - lama asfáltica**

Código SICRO	Descrição	Código SICRO	Descrição
M0222	Filer calcário	5914654	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 9 t - carga e descarga manuais
		5914404	Transporte com caminhão carroceria de 9 t - rodovia em leito natural
		5914419	Transporte com caminhão carroceria de 9 t - rodovia em revestimento primário
		5914434	Transporte com caminhão carroceria de 9 t - rodovia pavimentada
-	Areia média, pó de pedra e pedrisco	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga com carregadeira de 3,40 m <sup>3</sup> (exclusa) e descarga livre
		5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
		5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
		5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada
-	Brita produzida e areia extraída	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga com carregadeira de 3,40 m <sup>3</sup> e descarga livre
		5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
		5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
		5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada

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

**Tabela 73 - Conversão para transporte - lama asfáltica**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0222	Filer calcário	0,00100 t/kg
M0028	Areia média	1,50000 t/m <sup>3</sup>
M1135	Pó de pedra	1,50000 t/m <sup>3</sup>
M1103	Pedrisco	1,50000 t/m <sup>3</sup>
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m <sup>3</sup> /h	1,50000 t/m <sup>3</sup>
4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	1,50000 t/m <sup>3</sup>

### 2.8.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de lama asfáltica deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente executada.

### 2.8.2 Microrrevestimento a frio

O serviço consiste na execução de revestimento com emprego de microrrevestimento a frio com emulsão modificada por polímero.



### 2.8.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 035/2018: *Pavimentação Asfáltica - Microrrevestimento asfáltico*.

### 2.8.2.2 Metodologia executiva

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

- abastecimento da usina móvel com os insumos: água por meio de caminhão tanque, agregados por meio de carregadeira de pneus e emulsão asfáltica por meio de tanques de estocagem;
- dosagem e homogeneização dos materiais por meio de usina móvel;
- distribuição da mistura por meio de usina móvel;
- acabamento manual da mistura em pista.

### 2.8.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina móvel para lama asfáltica e microrrevestimento: líder de equipe;
- caminhão tanque;
- carregadeira de pneus;
- tanque de estocagem de asfalto.

#### a) usina móvel para lama asfáltica e microrrevestimento

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

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

onde:

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

C<sub>ap</sub> representa a capacidade do silo de agregados, em quilogramas;

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

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

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

#### b) caminhão tanque

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



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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

Q representa o consumo, em litros por metro quadrado;

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

#### c) carregadeira de pneus

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

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

onde:

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

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

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

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$F_{cv}$  representa o fator de conversão, em metros cúbicos por metro quadrado;

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

#### d) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

#### 2.8.2.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 servente para auxiliar no abastecimento de água da usina móvel com o caminhão tanque;
- 2 serventes para auxiliar no abastecimento de agregado da usina móvel com a carregadeira;
- 1 servente para auxiliar no abastecimento de emulsão da usina móvel com o caminhão tanque;
- 2 serventes para auxiliar a usina móvel no espalhamento de material na pista;
- 4 serventes para executar o acabamento do material espalhado.



### 2.8.2.5 Materiais e atividades auxiliares

#### a) usinagem de agregados para microrrevestimento a frio

Consiste nas operações de homogeneização dos agregados em usina.

A tabela 74 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 74 - Consumos de usinagem de agregados - microrrevestimento a frio**

Espessura	Tipo de brita	Código SICRO	Descrição	Consumo (m³/m²)
0,80 cm	Comercial	6416036	Usinagem de agregados para microrrevestimento a frio - faixa II - brita comercial	0,00800
	Produzida	6416038	Usinagem de agregados para microrrevestimento a frio - faixa II - brita produzida	
1,50 cm	Comercial	6416037	Usinagem de agregados para microrrevestimento a frio - faixa III - brita comercial	0,01500
	Produzida	6416035	Usinagem de agregados para microrrevestimento a frio - faixa III - brita produzida	
2,00 cm	Comercial	6416037	Usinagem de agregados para microrrevestimento a frio - faixa III - brita comercial	0,02000
	Produzida	6416035	Usinagem de agregados para microrrevestimento a frio - faixa III - brita produzida	

#### b) filer calcário

Consiste em material de enchimento, obtido por meio do processo de moagem do calcário, apresentando granulometria fina.

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

$$Q = T_x \times M$$

onde:

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

$T_x$  representa a taxa média de adição de filer, em porcentagem;

M representa a massa de agregados, em quilogramas por metro quadrado.

A tabela 75 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 75 - Consumo de filer - microrrevestimento a frio**

Espessura (cm)	Volume de agregados (m³/m²)	Massa específica dos agregados (kg/m³)	Massa total de agregados (kg/m²)	Taxa média de adição de filer (%)	Consumo de filer (kg/m²)
0,80	0,00800	1.500,00	12,0000	1,50	0,18000
1,50	0,01500	1.500,00	22,5000	1,50	0,33750
2,00	0,02000	1.500,00	30,0000	1,50	0,45000



c) emulsão com polímero para microrrevestimento a frio

Consiste em ligante constituído pela dispersão entre uma fase asfáltica e outra aquosa, por meio da ação de agente emulsificador, modificada por polímero.

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

$$Q = \frac{T_x \times M}{1.000 \times \varphi}$$

onde:

Q representa o consumo de emulsão, em toneladas por metro quadrado;  
 $T_x$  representa a taxa média de asfalto residual sobre a massa de agregados, em porcentagem;

M representa a massa de agregados, em quilogramas por metro quadrado;  
 $\varphi$  representa o teor de asfalto residual da emulsão, em porcentagem.

A tabela 76 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 76 - Consumos de emulsão - microrrevestimento a frio**

Espessura (cm)	Taxa de asfalto residual (%)	Massa de agregados (kg/m <sup>2</sup> )	Teor de asfalto residual (%)	Consumo de emulsão (t/m <sup>2</sup> )
0,80	9,250	12,0000	62,00	0,00179
1,50	6,500	22,5000	62,00	0,00236
2,00	6,500	30,0000	62,00	0,00315

#### 2.8.2.6 Operações de transporte

A tabela 77 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 77 - Serviços empregados nas operações de transporte - microrrevestimento a frio**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0222	Filer calcário	0,00100 t/kg	5914654	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 9 t - carga e descarga manuais
			5914404	Transporte com caminhão carroceria de 9 t - rodovia em leito natural
			5914419	Transporte com caminhão carroceria de 9 t - rodovia em revestimento primário
			5914434	Transporte com caminhão carroceria de 9 t - rodovia pavimentada





Tabela 77 - Serviços empregados nas operações de transporte - microrrevestimento a frio (2/2)

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de agregados para microrrevestimento a frio	1,50000 t/m <sup>3</sup>	5915406	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga em usina de 60 t/h (PMF) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada

### 2.8.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de microrrevestimento asfáltico a frio deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente executada.

### 2.8.3 Micro pré-misturado a quente

O serviço consiste na execução de revestimento com emprego de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero.

#### 2.8.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNER ES 388/1999: *Pavimentação - Micro pré-misturado a quente com asfalto polímero.*

#### 2.8.3.2 Metodologia executiva

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

- usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero;
- descarga da mistura em vibroacabadora por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio da vibroacabadora;
- compactação primária por meio do rolo liso vibratório;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.

#### 2.8.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:



- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido;
- vibroacabadora de asfalto sobre esteiras.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da usina de asfalto.

a) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
 $F_{cv}$  representa o fator de conversão, em toneladas por metro cúbico;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 $Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

b) vibroacabadora de asfalto

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_{cv} \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;  
e representa a espessura, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de avanço, em metros por minuto;  
 $F_{cv}$  representa o fator de conversão, em toneladas por metro cúbico;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência.

#### 2.8.3.4 Mão de obra

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

- 8 serventes para auxiliar no espalhamento do material.



### 2.8.3.5 Materiais e atividades auxiliares

#### a) usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero

Consiste nas operações de homogeneização de agregado, material de enchimento (filer) e cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero em usina.

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

### 2.8.3.6 Operações de transporte

A tabela 78 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 78 - Serviços empregados nas operações de transporte - micro pré-misturado a quente**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero	1,00000 t/t	5914649	Carga, manobra e descarga de mistura betuminosa a quente em caminhão basculante de 10 m³ - carga em usina de asfalto 100/140 t/h e descarga em vibroacabadora
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

### 2.8.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero deve ser realizada em toneladas, em função da massa da mistura efetivamente executada.

### 2.8.4 Concreto asfáltico reciclado em usina com adição de asfalto

O serviço consiste na execução de revestimento com emprego de mistura asfáltica reciclada em usina a quente.

#### 2.8.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 033/2021: *Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico reciclado em usina a quente*;



- IPR 720/2006: *Manual de restauração de pavimentos asfálticos - 2ª edição.*

#### 2.8.4.2 Metodologia executiva

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

- usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente;
- descarga da mistura em vibroacabadora por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio da vibroacabadora;
- compactação primária por meio do rolo liso vibratório;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.

#### 2.8.4.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido;
- vibroacabadora de asfalto sobre esteiras.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da usina de asfalto reciclado.

##### a) rolos compactadores

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

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

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

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

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



## b) vibroacabadora de asfalto

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_{cv} \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

e representa a espessura, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

$F_{cv}$  representa o fator de conversão, em toneladas por metro cúbico;

$F_e$  representa o fator de eficiência.

## 2.8.4.4 Mão de obra

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

- 8 serventes para auxiliar no espalhamento do concreto asfáltico.

## 2.8.4.5 Materiais e atividades auxiliares

## a) usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente

Consiste nas operações de homogeneização de agregado graduado, material fresado, de enchimento e cimento asfáltico de petróleo, em usina.

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

## 2.8.4.6 Operações de transporte

A tabela 79 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 79 - Serviços empregados nas operações de transporte - concreto asfáltico reciclado em usina com adição de asfalto**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
-	Usinagem de concreto asfáltico reciclado em usina fixa com adição de material fresado e brita	1,00000 t/t	5914649	Carga, manobra e descarga de mistura betuminosa a quente em caminhão basculante de 10 m³ - carga em usina de asfalto 100/140 t/h e descarga em vibroacabadora
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada



#### 2.8.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de concreto asfáltico deve ser realizada em toneladas, em função da massa da mistura efetivamente executada.

#### 2.8.5 Reestabilização de base sem adição

O serviço consiste na reestabilização da camada de base existente sem adição de material.

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

Não se aplica a este serviço.

##### 2.8.5.2 Metodologia executiva

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

- escarificação da camada de base e conformação da superfície por meio da motoniveladora;
- destorroamento e homogeneização do material escarificado por meio do trator com grade de discos;
- correção do teor de umidade do material por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.

##### 2.8.5.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido: líder de equipe;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- caminhão tanque;
- trator agrícola;
- grade de discos rebocável;
- motoniveladora.

#### a) rolos compactadores

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

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



onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 $Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

b) caminhão tanque

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 $C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;  
 $T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

c) trator agrícola com grade de discos rebocável

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 $Q_p$  representa a quantidade de passadas do trator agrícola.

A grade de discos é acoplada ao trator agrícola, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

d) motoniveladora

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



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

onde:

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

D representa a distância, em metros;

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil da lâmina, em metros;

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

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;

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

#### 2.8.5.4 Mão de obra

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

- 3 serventes para auxiliar a execução da reestabilização de base.

#### 2.8.5.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.

#### 2.8.5.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.8.5.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reestabilização de base sem adição de material deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.8.6 Reestabilização de base com adição de material fresado

O serviço consiste na reestabilização da camada de base por meio da incorporação de material fresado.

##### 2.8.6.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

##### 2.8.6.2 Metodologia executiva

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

- escarificação da camada de base por meio de motoniveladora;
- descarga do material fresado na pista por meio de caminhão basculante;





- espalhamento do material e conformação da superfície pela motoniveladora;
- homogeneização do material por meio do trator com grade de discos;
- correção do teor de umidade do material por meio do caminhão tanque;
- compactação primária por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- compactação secundária por meio do rolo de pneus;
- acabamento por meio do rolo de pneus e motoniveladora.

### 2.8.6.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- motoniveladora: líder de equipe;
- caminhão tanque;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido;
- trator agrícola;
- grade de discos rebocável.

#### a) motoniveladora

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

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

onde:

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

D representa a distância, em metros;

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil da lâmina, em metros;

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

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;

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

#### b) caminhão tanque

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

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



onde:

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

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

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

Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;

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

#### c) rolos compactadores

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

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

#### d) trator agrícola com grade de discos rebocável

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do trator agrícola.

A grade de discos é acoplada ao trator agrícola, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

#### 2.8.6.4 Mão de obra

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



- 3 serventes para auxiliar a execução da reestabilização de base.

#### 2.8.6.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) material fresado

Consiste em resíduo oriundo do processo de fresagem do pavimento.

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

$$Q = \frac{\rho_m \times T_x}{\rho_f}$$

onde:

Q representa o consumo de material fresado, em metros cúbicos por metro cúbico;

$\rho_m$  representa a massa específica da mistura, em toneladas por metro cúbico;

$T_x$  representa a taxa média de adição de material fresado, em porcentagem;

$\rho_f$  representa a massa específica do material fresado no estado solto, em toneladas por metro cúbico.

A tabela 80 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 80 - Consumo de material fresado - reestabilização de base com adição de material fresado**

Massa específica da mistura (t/m³)	Massa específica do material fresado no estado solto (t/m³)	Taxa média de adição de material fresado (%)	Consumo de material fresado (m³/m³)
2,06300	1,50000	30,00	0,41260

#### 2.8.6.6 Operações de transporte

A tabela 81 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

**Tabela 81 - Serviços empregados nas operações de transporte - reestabilização de base com adição de material fresado**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M2093	Material fresado	1,50000 t/m³	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural



**Tabela 81 - Serviços empregados nas operações de transporte - reestabilização de base com adição de material fresado (2/2)**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M2093	Material fresado	1,50000 t/m <sup>3</sup>	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada

#### 2.8.6.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reestabilização de base com material fresado deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.8.7 Reestabilização de base com adição de brita

O serviço consiste na reestabilização da camada de base com incorporação de brita por meio de recicladora a frio.

##### 2.8.7.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

##### 2.8.7.2 Metodologia executiva

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

- distribuição da brita na pista por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- homogeneização da camada de base por meio da recicladora a frio, com auxílio de caminhão tanque para fornecimento de água;
- pré-compactação por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- regularização dos perfis transversais e longitudinais da camada por meio de motoniveladora;
- correção do teor de umidade do material por meio do caminhão tanque;
- compactação propriamente dita por meio do rolo compactador pé de carneiro;
- acabamento por meio do rolo de pneus.

##### 2.8.7.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- recicladora a frio: líder de equipe;
- motoniveladora;
- caminhão tanque;



- distribuidor de agregados autopropelido;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido.

a) recicladora a frio

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 e representa a espessura, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 v representa a velocidade de operação, em metros por minuto;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

b) motoniveladora

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 D representa a distância, em metros;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil da lâmina, em metros;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;  
 T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

c) caminhão tanque

São empregadas duas unidades de caminhão tanque no desenvolvimento do serviço, com as seguintes funções:

- uma unidade compõe o trem de reciclagem, operando em conjunto com a recicladora, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade;
- uma unidade realiza o umedecimento da superfície durante as operações de compactação.



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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;

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

A utilização operativa é estabelecida por meio da média obtida entre os caminhões tanque.

#### d) distribuidor de agregados autopropelido

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

$F_e$  representa o fator de eficiência.

#### e) rolos compactadores

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.



f) rolo compactador pé de carneiro vibratório

São empregadas duas unidades de rolo compactador pé de carneiro vibratório no desenvolvimento do serviço, com as seguintes funções:

- uma unidade compõe o trem de reciclagem, operando em conjunto com a recicladora, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade;
- uma unidade realiza o a compactação propriamente dita.

#### 2.8.7.4 Mão de obra

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

- 3 serventes para auxiliar a execução da reestabilização de base.

#### 2.8.7.5 Materiais e atividades auxiliares

a) dente de corte para recicladora

Consiste em ferramenta de corte utilizada em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_t}{V_u \times L \times e}$$

onde:

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

$Q_t$  representa a quantidade de dentes de corte, em unidades;

$V_u$  representa a vida útil, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

e representa a espessura, em metros.

A tabela 82 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 82 - Consumo de dente de corte - reestabilização de base com adição de brita**

Quantidade de dentes (un)	Vida útil (m)	Largura útil (m)	Espessura (m)	Consumo (un/m³)
114	5.000,00	2,40	0,20	0,04750

b) porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio

Consiste em dispositivo para fixação da ferramenta de corte em equipamento de reciclagem a frio.



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

$$Q = \frac{Q_{tp}}{P \times V_u}$$

onde:

Q representa o consumo de porta dente de corte, em unidades por metro cúbico;

$Q_{tp}$  representa a quantidade de porta dente de corte, em unidades;

P representa a produtividade do serviço de reestabilização de base com adição, em metros cúbicos por hora;

$V_u$  representa a vida útil, em horas.

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

**Tabela 83 - Consumo de porta dente de corte - reestabilização de base com adição de brita**

Quantidade de porta dente (un)	Produtividade (m³/h)	Vida útil (h)	Consumo (un/m³)
114	119,52	2.400,00	0,00040

c) brita

A brita consiste em agregado graúdo incorporado à camada de base por meio da recicladora.

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

$$Q = \frac{\rho_m \times T_x}{\rho_b}$$

onde:

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

$\rho_m$  representa a massa específica da mistura, em toneladas por metro cúbico;

$T_x$  representa a taxa média de adição de brita, em porcentagem;

$\rho_b$  representa a massa específica da brita, em toneladas por metro cúbico.

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

**Tabela 84 - Consumo de brita - reestabilização de base com adição de brita**

Massa específica da mistura (t/m³)	Massa específica da brita (t/m³)	Taxa de adição de brita (%)	Consumo de brita (m³/m³)
2,06300	1,50000	30,00	0,41260





### 2.8.7.6 Operações de transporte

A tabela 85 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 85 - Serviços empregados nas operações de transporte - reestabilização de base com adição de brita**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0191	Brita 1	1,50000 t/m³	5914651	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga em distribuidor autopropelido
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	1,50000 t/m³	5915411	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga em distribuidor autopropelido
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

### 2.8.7.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reestabilização de base com adição de brita deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

### 2.8.8 Reestabilização de base com adição de cimento

O serviço consiste na reestabilização da camada de base com incorporação de cimento por meio de recicladora a frio.

#### 2.8.8.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

#### 2.8.8.2 Metodologia executiva

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



- distribuição da brita na pista por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- homogeneização da camada de base por meio da recicladora a frio, com auxílio de caminhão tanque para fornecimento de água;
- pré-compactação por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- regularização dos perfis transversais e longitudinais da camada por meio de motoniveladora;
- correção do teor de umidade do material por meio do caminhão tanque;
- compactação propriamente dita por meio do rolo compactador pé de carneiro;
- acabamento por meio do rolo de pneus.

### 2.8.8.3 *Produção horária e equipe mecânica*

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- recicladora a frio: líder de equipe;
- distribuidor de cimento;
- caminhão tanque;
- motoniveladora
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido.

#### a) recicladora a frio

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 e representa a espessura, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 v representa a velocidade de operação, em metros por minuto;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

#### b) motoniveladora

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

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



onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 D representa a distância, em metros;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil da lâmina, em metros;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;  
 T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

#### c) caminhão tanque

São empregadas duas unidades de caminhão tanque no desenvolvimento do serviço, com as seguintes funções:

- uma unidade compõe o trem de reciclagem, operando em conjunto com a recicladora, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade;
- uma unidade realiza o umedecimento da superfície durante as operações de compactação.

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

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

onde:

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

A utilização operativa é estabelecida por meio da média obtida entre os caminhões tanque.

#### d) caminhão distribuidor de cimento

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 C<sub>ap</sub> representa a capacidade, em litros;



$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q$  representa o consumo de cal, em litros por metro cúbico;

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

#### e) rolos compactadores

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

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

onde:

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

$v$  representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;

$e$  representa a espessura da camada, em metros;

$L$  representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### f) rolo compactador pé de carneiro vibratório

São empregadas duas unidades de rolo compactador pé de carneiro vibratório no desenvolvimento do serviço, com as seguintes funções:

- uma unidade compõe o trem de reciclagem, operando em conjunto com a recicladora, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade;
- uma unidade realiza o a compactação propriamente dita.

#### 2.8.8.4 Mão de obra

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

- 3 serventes para auxiliar a execução da reestabilização de base.

#### 2.8.8.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) dente de corte para recicladora

Consiste em ferramenta de corte utilizada em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_t}{V_u \times L \times e}$$



onde:

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

$Q_t$  representa a quantidade de dentes de corte, em unidades;

$V_u$  representa a vida útil, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

e representa a espessura, em metros.

A tabela 86 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 86 - Consumo de dente de corte - reestabilização de base com adição de cimento**

Quantidade de dentes (un)	Vida útil (m)	Largura útil (m)	Espessura (m)	Consumo (un/m³)
114	5.000,00	2,40	0,20	0,04750

b) porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio

Consiste em dispositivo para fixação da ferramenta de corte em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_{tp}}{P \times V_u}$$

onde:

Q representa o consumo de porta dente de corte, em unidades por metro cúbico;

$Q_{tp}$  representa a quantidade de porta dente de corte, em unidades;

P representa a produtividade do serviço de reestabilização de base com adição, em metros cúbicos por hora;

$V_u$  representa a vida útil, em horas.

A tabela 87 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 87 - Consumo de porta dente de corte - reestabilização de base com adição de cimento**

Quantidade de porta dente (un)	Produtividade (m³/h)	Vida útil (h)	Consumo (un/m³)
114	119,52	2.400,00	0,00040

c) cimento Portland CP II - 32 a granel

Consiste em insumo aglomerante utilizado na mistura para melhorar suas propriedades físicas.

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



$$Q = \rho_m \times T_x \times 1.000$$

onde:

Q representa o consumo de cimento, em quilogramas por metro cúbico;  
 $\rho_m$  representa a massa específica da mistura, em toneladas por metro cúbico;  
 $T_x$  representa a taxa de cimento em relação à massa da mistura, em porcentagem.

A tabela 88 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 88 - Consumo de cimento - reestabilização de base com adição de cimento**

Massa específica da mistura (t/m³)	Taxa de cimento (%)	Consumo de cimento (kg/m³)
2,06300	3,00	61,89000

#### 2.8.8.6 Operações de transporte

A tabela 89 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

**Tabela 89 - Serviços empregados nas operações de transporte - reestabilização de base com adição de cimento**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1954	Cimento Portland CP II - 32 a granel	0,00100 t/kg	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m³
			5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em leito natural
			5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia pavimentada

#### 2.8.8.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reestabilização de base com adição deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.8.9 Reciclagem simples com incorporação do revestimento asfáltico à base

O serviço consiste na reciclagem do revestimento existente, incorporando-o à camada de base, sem a adição de material.

##### 2.8.9.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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



- IPR 720/2006: *Manual de restauração de pavimentos asfálticos - 2ª edição.*

#### 2.8.9.2 Metodologia executiva

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

- homogeneização da camada de base por meio da recicladora a frio, com auxílio de caminhão tanque para fornecimento de água;
- pré-compactação por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- regularização dos perfis transversais e longitudinais por meio de motoniveladora;
- correção do teor de umidade do material por meio do caminhão tanque;
- compactação propriamente dita por meio do rolo liso vibratório;
- acabamento por meio do rolo de pneus.

#### 2.8.9.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- recicladora a frio: líder de equipe;
- caminhão tanque com capacidade de 10.000 l;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido;
- motoniveladora;
- rolo compactador liso vibratório.

##### a) recicladora a frio

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de operação, em metros por minuto;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

##### b) caminhão tanque

São empregadas duas unidades de caminhão tanque no desenvolvimento do serviço, com as seguintes funções:



- uma unidade compõe o trem de reciclagem, operando em conjunto com a recicladora, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade;
- uma unidade realiza o umedecimento da superfície durante as operações de compactação.

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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;

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

A utilização operativa é estabelecida por meio da média obtida entre os caminhões tanque.

#### c) rolos compactadores de pneus e liso vibratório

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### d) motoniveladora

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

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





onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 D representa a distância, em metros;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil da lâmina, em metros;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;  
 T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

e) rolo compactador pé de carneiro vibratório

É empregada uma unidade do rolo compactador pé de carneiro para pré-compactação, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

#### 2.8.9.4 Mão de obra

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

- 6 serventes para auxiliar na execução da reciclagem.

#### 2.8.9.5 Materiais e atividades auxiliares

a) dente de corte para recicladora

Consiste em ferramenta de corte utilizada em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_t}{V_u \times L \times e}$$

onde:

Q representa o consumo de dentes de corte, em unidades por metro cúbico;  
 Q<sub>t</sub> representa a quantidade de dentes de corte, em unidades;  
 V<sub>u</sub> representa a vida útil referencial, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 e representa a espessura, em metros.

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

**Tabela 90 - Consumo de dente de corte - reciclagem simples com incorporação do revestimento asfáltico à base**

Quantidade de dentes (un)	Vida útil (m)	Largura útil (m)	Espessura (m)	Consumo (un/m³)
114	2.500,00	2,40	0,20	0,09500



b) porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio

Consiste em dispositivo para fixação da ferramenta de corte em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_{tp}}{P \times V_u}$$

onde:

Q representa o consumo de porta dente de corte, em unidades por metro cúbico;

$Q_{tp}$  representa a quantidade de porta dente de corte, em unidades;

P representa a produtividade do serviço de reciclagem, em metros cúbicos por hora;

$V_u$  representa a vida útil, em horas.

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

**Tabela 91 - Consumo de porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio - reciclagem simples com incorporação do revestimento asfáltico à base**

Quantidade de porta dente (un)	Produtividade (m³/h)	Vida útil (h)	Consumo (un/m³)
114	90,84	1.200,00	0,00105

#### 2.8.9.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.8.9.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reciclagem simples com incorporação do revestimento asfáltico à base deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.8.10 Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de brita

O serviço consiste na reciclagem do revestimento existente, incorporando-o à camada de base, com a adição de brita.

##### 2.8.10.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- IPR 720/2006: *Manual de restauração de pavimentos asfálticos* - 2ª edição.



### 2.8.10.2 Metodologia executiva

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

- distribuição da brita por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- homogeneização da camada de base por meio da recicladora a frio, com auxílio de caminhão tanque para fornecimento de água;
- pré-compactação por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- regularização dos perfis transversais e longitudinais por meio de motoniveladora;
- correção do teor de umidade do material por meio do caminhão tanque;
- compactação propriamente dita por meio do rolo liso vibratório;
- acabamento por meio do rolo de pneus.

### 2.8.10.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- recicladora a frio: líder de equipe;
- caminhão tanque com capacidade de 10.000 l;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido;
- distribuidor de agregados autopropelido;
- motoniveladora;
- rolo compactador liso vibratório.

#### a) recicladora a frio

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de operação, em metros por minuto;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

#### b) caminhão tanque

São empregadas duas unidades de caminhão tanque no desenvolvimento do serviço, com as seguintes funções:



- uma unidade compõe o trem de reciclagem, operando em conjunto com a recicladora, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade;
- uma unidade realiza o umedecimento da superfície durante as operações de compactação.

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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;

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

A utilização operativa é estabelecida por meio da média obtida entre os caminhões tanque.

#### c) rolos compactadores de pneus e liso vibratório

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### d) distribuidor de agregados autopropelido

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$



onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

e) motoniveladora

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 D representa a distância, em metros;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil da lâmina, em metros;  
 F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
 Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;  
 T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.

f) rolo compactador pé de carneiro vibratório

É empregada uma unidade do rolo compactador pé de carneiro para pré-compactação, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

#### 2.8.10.4 Mão de obra

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

- 6 serventes para o auxiliar na execução da reciclagem.

#### 2.8.10.5 Materiais e atividades auxiliares

a) dente de corte para recicladora

Consiste em ferramenta de corte utilizada em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_t}{V_u \times L \times e}$$



onde:

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

$Q_t$  representa a quantidade de dentes de corte, em unidades;

$V_u$  representa a vida útil referencial, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

e representa a espessura, em metros.

A tabela 92 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 92 - Consumo de bit para recicladora - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de brita**

Quantidade de dentes (un)	Vida útil (m)	Largura útil (m)	Espessura (m)	Consumo (un/m³)
114	2.500,00	2,40	0,20	0,09500

b) porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio

Consiste em dispositivo para fixação da ferramenta de corte em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_{tp}}{P \times V_u}$$

onde:

Q representa o consumo de porta dente de corte, em unidades por metro cúbico;

$Q_{tp}$  representa a quantidade de porta dente de corte, em unidades;

P representa a produtividade do serviço de reciclagem, em metros cúbicos por hora;

$V_u$  representa a vida útil, em horas.

A tabela 93 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 93 - Consumo de porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de brita**

Quantidade de porta dente (un)	Produtividade (m³/h)	Vida útil (h)	Consumo (un/m³)
114	90,84	1.200,00	0,00105

c) brita

A brita consiste em agregado graúdo incorporado à camada de base por meio da recicladora.



O consumo referencial adotado é de 0,25000 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

#### 2.8.10.6 Operações de transporte

A tabela 94 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 94 - Serviços empregados nas operações de transporte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de brita**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0191	Brita 1	1,50000 t/m <sup>3</sup>	5914651	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga com carregadeira de 3,40 m <sup>3</sup> (exclusa) e descarga em distribuidor autopropelido
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m <sup>3</sup> /h	1,50000 t/m <sup>3</sup>	5915411	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - carga com carregadeira de 3,40 m <sup>3</sup> e descarga em distribuidor autopropelido
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m <sup>3</sup> - rodovia pavimentada

#### 2.8.10.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de brita deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.8.11 Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento e brita

O serviço consiste na reciclagem do revestimento existente, incorporando-o à camada de base, com a adição de brita e cimento.

##### 2.8.11.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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



- IPR 720/2006: *Manual de restauração de pavimentos asfálticos - 2ª edição*;
- DNIT ES 167/2013: *Pavimentação - Reciclagem profunda de pavimentos in situ com adição de cimento Portland*.

#### 2.8.11.2 Metodologia executiva

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

- distribuição da brita por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- distribuição do cimento por meio de caminhão distribuidor;
- homogeneização da camada de base por meio da recicladora a frio, com auxílio de caminhão tanque para fornecimento de água;
- pré-compactação por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- regularização dos perfis transversais e longitudinais por meio de motoniveladora;
- correção do teor de umidade do material por meio do caminhão tanque;
- compactação primária propriamente dita por meio do rolo liso vibratório;
- acabamento por meio do rolo de pneus.

#### 2.8.11.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- recicladora a frio: líder de equipe;
- caminhão tanque com capacidade de 10.000 l;
- caminhão distribuidor de cimento;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- distribuidor de agregados autopropelido;
- motoniveladora;
- rolo compactador liso vibratório;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido.

##### a) recicladora a frio

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

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





L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de operação, em metros por minuto;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência.

#### b) caminhão tanque

São empregadas duas unidades de caminhão tanque no desenvolvimento do serviço, com as seguintes funções:

- uma unidade compõe o trem de reciclagem, operando em conjunto com a recicladora, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade;
- uma unidade realiza o umedecimento da superfície durante as operações de compactação.

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 $C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;  
 $T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

A utilização operativa é estabelecida por meio da média obtida entre os caminhões tanque.

#### c) caminhão distribuidor de cimento

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 $C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
Q representa o consumo de cal, em litros por metro cúbico;  
 $T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.



## d) rolos compactadores de pneus e liso vibratório

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

## e) distribuidor de agregados autopropelido

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

## f) motoniveladora

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
D representa a distância, em metros;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil da lâmina, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas da motoniveladora;  
T<sub>c</sub> representa o tempo total de ciclo, em minutos.



g) rolo compactador pé de carneiro vibratório

É empregada uma unidade do rolo compactador pé de carneiro para pré-compactação, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

#### 2.8.11.4 Mão de obra

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

- 6 serventes para o auxiliar na execução da reciclagem.

#### 2.8.11.5 Materiais e atividades auxiliares

a) dente de corte para recicladora

Consiste em ferramenta de corte utilizada em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_t}{V_u \times L \times e}$$

onde:

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

$Q_t$  representa a quantidade de dentes de corte, em unidades;

$V_u$  representa a vida útil referencial, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

e representa a espessura, em metros.

A tabela 95 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 95 - Consumo de bit para recicladora - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento e brita**

Quantidade de dentes (un)	Vida útil (m)	Largura útil (m)	Espessura (m)	Consumo (un/m³)
114	2.500,00	2,40	0,20	0,09500

b) porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio

Consiste em dispositivo para fixação da ferramenta de corte em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_{tp}}{P \times V_u}$$



onde:

Q representa o consumo de porta dente de corte, em unidades por metro cúbico;

$Q_{tp}$  representa a quantidade de porta dente de corte, em unidades;

P representa a produtividade do serviço de reciclagem, em metros cúbicos por hora;

$V_u$  representa a vida útil, em horas.

A tabela 96 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 96 - Consumo de porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento e brita**

Quantidade de porta dente (un)	Produtividade ( $m^3/h$ )	Vida útil (h)	Consumo (un/ $m^3$ )
114	90,84	1.200,00	0,00105

#### c) cimento Portland CP II - 32 a granel

Consiste em insumo aglomerante utilizado na mistura para melhorar suas propriedades físicas.

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

$$Q = \rho_m \times T_x \times 1.000$$

onde:

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

$\rho_m$  representa a massa específica da mistura, em toneladas por metro cúbico;

$T_x$  representa a taxa de cimento em relação à massa da mistura, em porcentagem.

A tabela 97 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 97 - Consumo de cimento - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento e brita**

Massa específica da mistura ( $t/m^3$ )	Taxa de cimento (%)	Consumo ( $kg/m^3$ )
2,20000	3,00	66,00000

#### d) brita

A brita consiste em agregado graúdo incorporado à camada de base por meio da recicladora.

O consumo referencial adotado é de 0,25000  $m^3$  por unidade de serviço executado.



### 2.8.11.6 Operações de transporte

A tabela 98 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 98 - Serviços empregados nas operações de transporte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento e brita**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0191	Brita 1	1,50000 t/m³	5914651	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga em distribuidor autopropelido
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	1,50000 t/m³	5915411	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga em distribuidor autopropelido
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
M1954	Cimento Portland CP II - 32 a granel	0,00100 t/kg	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m³
			5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em leito natural
			5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia pavimentada

### 2.8.11.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento e brita deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.



### 2.8.12 Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento

O serviço consiste na reciclagem do revestimento existente, incorporando-o à camada de base, com a adição de cimento.

#### 2.8.12.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- IPR 720/2006: *Manual de restauração de pavimentos asfálticos - 2ª edição*;
- DNIT ES 167/2013: *Pavimentação - Reciclagem profunda de pavimentos in situ com adição de cimento Portland*.

#### 2.8.12.2 Metodologia executiva

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

- distribuição da brita por meio do distribuidor de agregados autopropelido;
- distribuição do cimento por meio de caminhão distribuidor;
- homogeneização da camada de base por meio da recicladora a frio, com auxílio de caminhão tanque para fornecimento de água;
- pré-compactação por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- regularização dos perfis transversais e longitudinais por meio de motoniveladora;
- correção do teor de umidade do material por meio do caminhão tanque;
- compactação primária propriamente dita por meio do rolo liso vibratório;
- acabamento por meio do rolo de pneus.

#### 2.8.12.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- recicladora a frio: líder de equipe;
- caminhão tanque com capacidade de 10.000 l;
- caminhão distribuidor de cimento;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- motoniveladora;
- rolo compactador liso vibratório;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido.



## a) recicladora a frio

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de operação, em metros por minuto;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

## b) caminhão tanque

São empregadas duas unidades de caminhão tanque no desenvolvimento do serviço, com as seguintes funções:

- uma unidade compõe o trem de reciclagem, operando em conjunto com a recicladora, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade;
- uma unidade realiza o umedecimento da superfície durante as operações de compactação.

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

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

onde:

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

A utilização operativa é estabelecida por meio da média obtida entre os caminhões tanque.

## c) caminhão distribuidor de cimento

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



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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 $C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 Q representa o consumo de cal, em litros por metro cúbico;  
 $T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

d) rolos compactadores de pneus e liso vibratório

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil, em metros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 $Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

e) motoniveladora

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
 D representa a distância, em metros;  
 e representa a espessura da camada, em metros;  
 L representa a largura útil da lâmina, em metros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 $Q_p$  representa a quantidade de passadas da motoniveladora;  
 $T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

f) rolo compactador pé de carneiro vibratório

Ao passo que equipamento permanece ligado durante a execução das atividades, é imputada a utilização operativa integral.





#### 2.8.12.4 Mão de obra

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

- 6 serventes para o auxiliar na execução da reciclagem.

#### 2.8.12.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) dente de corte para recicladora

Consiste em ferramenta de corte utilizada em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_t}{V_u \times L \times e}$$

onde:

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

$Q_t$  representa a quantidade de dentes de corte, em unidades;

$V_u$  representa a vida útil referencial, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

e representa a espessura, em metros.

A tabela 99 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 99 - Consumo de bit para recicladora - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento**

Quantidade de dentes (un)	Vida útil (m)	Largura útil (m)	Espessura (m)	Consumo (un/m³)
114	2.500,00	2,40	0,20	0,09500

##### b) porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio

Consiste em dispositivo para fixação da ferramenta de corte em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_{tp}}{P \times V_u}$$

onde:

Q representa o consumo de porta dente de corte, em unidades por metro cúbico;

$Q_{tp}$  representa a quantidade de porta dente de corte, em unidades;



P representa a produtividade do serviço de reciclagem, em metros cúbicos por hora;

$V_u$  representa a vida útil, em horas.

A tabela 100 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 100 - Consumo de porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento**

Quantidade de porta dente (un)	Produtividade ( $m^3/h$ )	Vida útil (h)	Consumo ( $un/m^3$ )
114	90,84	1.200,00	0,00105

c) cimento Portland CP II - 32 a granel

Consiste em insumo aglomerante utilizado na mistura para melhorar suas propriedades físicas.

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

$$Q = \rho_m \times T_x \times 1.000$$

onde:

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

$\rho_m$  representa a massa específica da mistura, em toneladas por metro cúbico;

$T_x$  representa a taxa de cimento em relação à massa da mistura, em porcentagem.

A tabela 101 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 101 - Consumo de cimento - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento**

Massa específica da mistura ( $t/m^3$ )	Taxa de cimento (%)	Consumo ( $kg/m^3$ )
2,20000	3,00	66,00000

#### 2.8.12.6 Operações de transporte

A tabela 102 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.



**Tabela 102 - Serviços empregados nas operações de transporte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1954	Cimento Portland CP II - 32 a granel	0,00100 t/kg	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m³
			5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em leito natural
			5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia pavimentada

#### 2.8.12.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.8.13 Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento

O serviço consiste na reciclagem do revestimento existente, incorporando-o à camada de base, com a adição de espuma de asfalto e cimento.

##### 2.8.13.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- IPR 720/2006: *Manual de restauração de pavimentos asfálticos - 2ª edição*;
- DNIT ES 166/2013: *Pavimentação - Reciclagem de pavimento a frio in situ com adição de espuma de asfalto*.

##### 2.8.13.2 Metodologia executiva

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

- distribuição do cimento por meio de caminhão distribuidor;
- homogeneização da camada de base por meio da recicladora a frio, com auxílio de caminhão tanque para fornecimento de água e caminhão tanque de asfalto para injeção da espuma;
- pré-compactação por meio do rolo pé de carneiro vibratório;
- regularização dos perfis transversais e longitudinais da camada por meio de motoniveladora;



- correção do teor de umidade do material por meio do caminhão tanque;
- compactação propriamente dita por meio do rolo liso vibratório;
- acabamento por meio do rolo de pneus.

### 2.8.13.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- recicladora a frio: líder de equipe;
- caminhão tanque com capacidade de 10.000 l;
- caminhão tanque de asfalto;
- caminhão distribuidor de cimento;
- motoniveladora;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido;
- rolo compactador liso vibratório.

#### a) recicladora a frio

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

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

e representa a espessura, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

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

$F_e$  representa o fator de eficiência.

#### b) caminhão tanque

São empregadas duas unidades de caminhão tanque no desenvolvimento do serviço, com as seguintes funções:

- uma unidade compõe o trem de reciclagem, operando em conjunto com a recicladora, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade;
- uma unidade realiza o umedecimento da superfície durante as operações de compactação.

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



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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

Q representa o consumo, em litros por metro cúbico;

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

A utilização operativa é estabelecida por meio da média obtida entre os caminhões tanque.

#### c) caminhão tanque de asfalto

Ao passo que equipamento permanece ligado durante a execução das atividades, é imputada a utilização operativa integral.

#### d) caminhão distribuidor de cimento

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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

Q representa o consumo de cal, em litros por metro cúbico;

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

#### e) motoniveladora

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

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

onde:

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

D representa a distância, em metros;

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil da lâmina, em metros;



$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas da motoniveladora;

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

f) rolos compactadores de pneus e liso vibratório

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

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

onde:

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

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

e representa a espessura da camada, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

g) rolo compactador pé de carneiro vibratório

Ao passo que equipamento permanece ligado durante a execução das atividades, é imputada a utilização operativa integral.

#### 2.8.13.4 Mão de obra

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

- 6 serventes para auxiliar na execução da reciclagem.

#### 2.8.13.5 Materiais e atividades auxiliares

a) dente de corte para recicladora

Consiste em ferramenta de corte utilizada em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_t}{V_u \times L \times e}$$

onde:

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

$Q_t$  representa a quantidade de dentes de corte, em unidades;

$V_u$  representa a vida útil referencial, em metros;



L representa a largura útil, em metros;  
e representa a espessura, em metros.

A tabela 103 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 103 - Consumo de dente de corte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento**

Quantidade de dentes (un)	Vida útil (m)	Largura útil (m)	Espessura (m)	Consumo (un/m³)
114	2.500,00	2,40	0,20	0,09500

b) porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio

Consiste em dispositivo para fixação da ferramenta de corte em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_{tp}}{P \times V_u}$$

onde:

Q representa o consumo de porta dente de corte, em unidades por metro cúbico;

$Q_{tp}$  representa a quantidade de porta dente de corte, em unidades;

P representa a produtividade do serviço de reciclagem, em metros cúbicos por hora;

$V_u$  representa a vida útil, em horas.

A tabela 104 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 104 - Consumo de porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento**

Quantidade de porta dente (un)	Produtividade (m³/h)	Vida útil (h)	Consumo (un/m³)
114	90,84	1.200,00	0,00105

c) cimento asfáltico de petróleo - CAP 50/70

Consiste em ligante asfáltico com comportamento termoplástico, semissólido ou sólido à temperatura ambiente, obtido para apresentar características específicas para o emprego na construção de pavimentos por meio de processo a quente, utilizado para produção da espuma de asfalto.

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

$$Q = \rho_m \times T_{xa}$$



onde:

Q representa o consumo de cimento asfáltico, em toneladas por metro cúbico;  
 $\rho_m$  representa a massa específica da mistura, em toneladas por metro cúbico;  
 $T_{xa}$  representa a taxa de cimento asfáltico em relação à massa da mistura, em porcentagem.

A tabela 105 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 105 - Consumo de cimento asfáltico - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento**

Massa específica da mistura (t/m <sup>3</sup> )	Taxa de cimento asfáltico (%)	Consumo de cimento asfáltico (t/m <sup>3</sup> )
2,20000	3,00	0,06600

d) cimento Portland CP II - 32 a granel

Consiste em insumo aglomerante utilizado na mistura para melhorar suas propriedades físicas.

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

$$Q = \rho_m \times T_x \times 1.000$$

onde:

Q representa o consumo de cimento, em quilogramas por metro cúbico;  
 $\rho_m$  representa a massa específica da mistura, em toneladas por metro cúbico;  
 $T_x$  representa a taxa de cimento em relação à massa da mistura, em porcentagem.

A tabela 106 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 106 - Consumo de cimento - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento**

Massa específica da mistura (t/m <sup>3</sup> )	Taxa de cimento (%)	Consumo (kg/m <sup>3</sup> )
2,20000	1,00	22,00000

#### 2.8.13.6 Operações de transporte

A tabela 107 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrantes do serviço.





**Tabela 107 - Serviços empregados nas operações de transporte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1954	Cimento Portland CP II - 32 a granel	0,00100 t/kg	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m³
			5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em leito natural
			5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia pavimentada

#### 2.8.13.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.8.14 Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra

O serviço consiste na reciclagem do revestimento existente, incorporando-o à camada de base, com a adição de espuma de asfalto, cimento e pó de pedra.

##### 2.8.14.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- IPR 720/2006: *Manual de restauração de pavimentos asfálticos - 2ª edição*;
- DNIT ES 166/2013: *Pavimentação - Reciclagem de pavimento a frio in situ com adição de espuma de asfalto*.

##### 2.8.14.2 Metodologia executiva

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

- distribuição do cimento por meio de caminhão distribuidor;
- homogeneização da camada de base por meio da recicladora a frio, com auxílio de caminhão tanque para fornecimento de água e caminhão tanque de asfalto para injeção da espuma;
- pré-compactação por meio do rolo pé de carneiro vibratório;



- regularização dos perfis transversais e longitudinais da camada por meio de motoniveladora;
- correção do teor de umidade do material por meio do caminhão tanque;
- compactação propriamente dita por meio do rolo liso vibratório;
- acabamento por meio do rolo de pneus.

#### 2.8.14.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- recicladora a frio: líder de equipe;
- caminhão distribuidor de cimento;
- caminhão tanque;
- caminhão tanque de asfalto;
- distribuidor de agregados autopropelido;
- motoniveladora;
- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador liso vibratório;
- rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido.

##### a) recicladora a frio

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de operação, em metros por minuto;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

##### b) caminhão distribuidor de cimento

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
C<sub>ap</sub> representa a capacidade, em litros;



$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q$  representa o consumo de cimento, em litros por metro cúbico;

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

#### c) caminhão tanque

São empregadas duas unidades de caminhão tanque no desenvolvimento do serviço, com as seguintes funções:

- uma unidade compõe o trem de reciclagem, operando em conjunto com a recicladora, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade;
- uma unidade realiza o umedecimento da superfície durante as operações de compactação.

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

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

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade, em litros;

$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q$  representa o consumo, em litros por metro cúbico;

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

A utilização operativa é estabelecida por meio da média obtida entre os caminhões tanque.

#### d) caminhão tanque de asfalto

Ao passo que equipamento permanece ligado durante a execução das atividades, é imputada a utilização operativa integral.

#### e) distribuidor de agregados autopropelido

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

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

$e$  representa a espessura da camada, em metros;

$L$  representa a largura útil, em metros;



v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência.

f) motoniveladora

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
D representa a distância, em metros;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil da lâmina, em metros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 $Q_p$  representa a quantidade de passadas da motoniveladora;  
 $T_c$  representa o tempo total de ciclo, em minutos.

g) rolos compactadores de pneus e liso vibratório

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
 $F_e$  representa o fator de eficiência;  
 $Q_p$  representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

h) rolo compactador pé de carneiro vibratório

Ao passo que equipamento permanece ligado durante a execução das atividades, é imputada a utilização operativa integral.

#### 2.8.14.4 Mão de obra

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

- 6 serventes para o auxiliar na execução da reciclagem.



#### 2.8.14.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) dente de corte para recicladora

Consiste em ferramenta de corte utilizada em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_t}{V_u \times L \times e}$$

onde:

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

$Q_t$  representa a quantidade de dentes de corte, em unidades;

$V_u$  representa a vida útil referencial, em metros;

L representa a largura útil, em metros;

e representa a espessura, em metros.

A tabela 108 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 108 - Consumo de dente de corte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra**

Quantidade de dentes (un)	Vida útil (m)	Largura útil (m)	Espessura (m)	Consumo (un/m³)
114	2.500,00	2,40	0,20	0,09500

##### b) porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio

Consiste em dispositivo para fixação da ferramenta de corte em equipamento de reciclagem a frio.

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

$$Q = \frac{Q_{tp}}{P \times V_u}$$

onde:

Q representa o consumo de porta dente de corte, em unidades por metro cúbico;

$Q_{tp}$  representa a quantidade de porta dente de corte, em unidades;

P representa a produtividade do serviço de reciclagem, em metros cúbicos por hora;

$V_u$  representa a vida útil, em horas.

A tabela 109 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.



**Tabela 109 - Consumo de porta dente de corte para fresadora e recicladora a frio - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra**

Quantidade de porta dente (un)	Produtividade (m³/h)	Vida útil (h)	Consumo (un/m³)
114	90,84	1.200,00	0,00105

c) cimento asfáltico de petróleo - CAP 50/70

Consiste em ligante asfáltico com comportamento termoplástico, semissólido ou sólido à temperatura ambiente, obtido para apresentar características específicas para o emprego na construção de pavimentos por meio de processo a quente, utilizado para produção da espuma de asfalto.

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

$$Q = \rho_m \times T_{xa}$$

onde:

Q representa o consumo de cimento asfáltico, em toneladas por metro cúbico;  
 $\rho_m$  representa a massa específica da mistura, em toneladas por metro cúbico;  
 $T_{xa}$  representa a taxa de cimento asfáltico em relação à massa da mistura, em porcentagem.

A tabela 110 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 110 - Consumo de cimento asfáltico - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra**

Massa específica da mistura (t/m³)	Taxa de cimento asfáltico (%)	Consumo (t/m³)
2,20000	3,00	0,06600

d) cimento Portland CP II - 32 a granel

Consiste em insumo aglomerante utilizado na mistura para melhorar suas propriedades físicas.

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

$$Q = \rho_m \times T_x \times 1.000$$

onde:

Q representa o consumo de cimento, em quilogramas por metro cúbico;  
 $\rho_m$  representa a massa específica da mistura, em toneladas por metro cúbico;  
 $T_x$  representa a taxa de cimento em relação à massa da mistura, em porcentagem.



A tabela 111 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 111 - Consumo de cimento - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra**

Massa específica da mistura (t/m³)	Taxa de cimento (%)	Consumo (kg/m³)
2,20000	1,00	22,00000

e) pó de pedra

Consiste em agregado miúdo resultante do processo de britagem de rocha.

O consumo referencial adotado é de 0,20000 m³ por unidade de serviço executado.

#### 2.8.14.6 Operações de transporte

A tabela 112 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

**Tabela 112 - Serviços empregados nas operações de transporte - reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1135	Pó de pedra	1,50000 t/m³	5914651	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga em distribuidor autopropelido
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
M1954	Cimento Portland CP II - 32 a granel	0,00100 t/kg	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m³
			5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em leito natural
			5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia pavimentada



#### 2.8.14.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.8.15 Reciclagem de revestimento asfáltico em usina com adição de espuma asfáltica, pó de pedra e cimento

O serviço consiste na reciclagem do revestimento existente, incorporando-o à camada de base, por meio de mistura com espuma de asfalto, em usina.

##### 2.8.15.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- IPR 720/2006: *Manual de restauração de pavimentos asfálticos - 2ª edição*;
- DNIT ES 169/2014: *Pavimentação - Reciclagem de pavimento em usina com espuma de asfalto*.

##### 2.8.15.2 Metodologia executiva

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

- usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto, agregado e cimento;
- descarga da mistura em vibroacabadora por meio de caminhão basculante;
- distribuição do material por meio da vibroacabadora;
- compactação primária por meio do rolo liso tandem vibratório;
- compactação secundária e acabamento por meio do rolo de pneus.

##### 2.8.15.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador de pneus autopropelido;
- rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido;
- vibroacabadora de asfalto sobre esteiras.

A produtividade do serviço está associada ao desempenho da usina.

a) rolos compactadores

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





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

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
v representa a velocidade de deslocamento, em metros por minuto;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência;  
Q<sub>p</sub> representa a quantidade de passadas do rolo compactador.

#### b) vibroacabadora de asfalto

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

$$P = 60 \times e \times L \times v \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;  
e representa a espessura da camada, em metros;  
L representa a largura útil, em metros;  
v representa a velocidade de avanço, em metros por minuto;  
F<sub>e</sub> representa o fator de eficiência.

#### 2.8.15.4 Mão de obra

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

- 6 serventes para auxiliar na execução da reciclagem de pavimento.

#### 2.8.15.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio

Consiste nas operações de homogeneização de agregado graduado, material fresado, cimento e espuma de asfalto, em usina.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m<sup>3</sup> por unidade de serviço executado.

#### 2.8.15.6 Operações de transporte

A tabela 113 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.



**Tabela 113 - Serviços empregados nas operações de transporte - reciclagem de revestimento asfáltico em usina com adição de espuma asfáltica, pó de pedra e cimento**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
6416289	Usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto, agregado comercial e cimento	2,30000 t/m³	5915408	Carga, manobra e descarga de mistura reciclada com espuma de asfalto em caminhão basculante de 10 m³ - carga em usina de reciclagem a frio e descarga em vibroacabadora
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
6416288	Usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto, agregado produzido e cimento	2,30000 t/m³	5915408	Carga, manobra e descarga de mistura reciclada com espuma de asfalto em caminhão basculante de 10 m³ - carga em usina de reciclagem a frio e descarga em vibroacabadora
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

#### 2.8.15.7 Critérios de medição

A medição do serviço de reciclagem de revestimento asfáltico em usina deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente executado.

#### 2.8.16 Manta sintética para recapeamento asfáltico

O serviço consiste na instalação de manta sintética sobre o pavimento a ser restaurado.

O material é aplicado sobre a pintura de ligação, cuja ação em conjunto possui por função absorver e dissipar as tensões provocadas pelas trincas existentes, retardando o mecanismo de reflexão, aumentando a vida útil do novo revestimento.

A película formada também funciona como uma membrana impermeável, impedindo a penetração da água na estrutura do pavimento, evitando o bombeamento de finos e o surgimento de deformações permanentes na pista.

##### 2.8.16.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- IPR 720/2006: *Manual de restauração de pavimentos asfálticos - 2ª edição.*



### 2.8.16.2 Metodologia executiva

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

- aplicação manual da manta com auxílio de carregadeira de pneus que mantém o rolo de geotêxtil elevado;
- compressão da manta sintética por meio de rolo compactador.

### 2.8.16.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- rolo compactador de pneus autopropelido: líder de equipe;
- carregadeira de pneus.

a) rolo compactador de pneus autopropelido

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

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

onde:

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

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

L representa a largura útil, em metros;

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

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

b) carregadeira de pneus

É empregada uma unidade de carregadeira de pneus para auxílio no posicionamento da manta sintética, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

### 2.8.16.4 Mão de obra

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

- 4 serventes para executar a aplicação do material geotêxtil;
- 2 serventes para auxiliar na adesão do material geotêxtil à pista.



### 2.8.16.5 Materiais e atividades auxiliares

#### a) geotêxtil não-tecido agulhado em poliéster

Consiste em manta sintética fabricada em material geotêxtil não-tecido.

O consumo referencial adotado é de 1,00 m<sup>2</sup> por unidade de serviço executado.

### 2.8.16.6 Operações de transporte

A tabela 114 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

**Tabela 114 - Serviços empregados nas operações de transporte - manta sintética para recapeamento asfáltico**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M2050	Geotêxtil não-tecido agulhado em poliéster - resistência à tração longitudinal de 9 kN/m	0,00018 t/m <sup>2</sup>	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

### 2.8.16.7 Critérios de medição

A medição do serviço de manta sintética para recapeamento asfáltico deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente aplicada.

### 2.8.17 Geogrelha bidirecional

O serviço consiste na instalação de geogrelha bidirecional para reforço estrutural de bases e sub-bases granulares.

A utilização do insumo proporciona a melhoria das propriedades mecânicas do pavimento por meio do confinamento dos materiais e pela introdução de elementos resistentes à tração, permitindo a redução da espessura da camada.

#### 2.8.17.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

#### 2.8.17.2 Metodologia executiva

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



- posicionamento manual da geogrelha.

### 2.8.17.3 Produção horária e equipe mecânica

A produção horária do serviço está vinculada ao desempenho da mão de obra, sendo a produtividade estabelecida por meio do método empírico baseado em referencial técnico especializado, correspondendo a 520,00 m<sup>2</sup>/h.

### 2.8.17.4 Mão de obra

São empregados no desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para desenrolar e posicionar a geogrelha.

### 2.8.17.5 Materiais e atividades auxiliares

a) geogrelha bidirecional em polipropileno extrudado

Consiste em geossintético utilizado para estabilização de solo, fornecendo maior rigidez, resistência à tração e aumento da capacidade de suporte de carga.

O consumo referencial adotado é de 1,05000 m<sup>2</sup> por unidade de serviço executado, já incorporada uma taxa de perda de 5,00% em função da sobreposição de camadas e recortes no material.

### 2.8.17.6 Operações de transporte

A tabela 115 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte associados ao tempo fixo, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas ao insumo integrante do serviço.

**Tabela 115 - Serviços empregados nas operações de transporte - geogrelha bidirecional**

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1446	Geogrelha bidirecional em polipropileno extrudado - resistência à tração de 30 kN/m, deformação inferior a 5% e malha de 36 x 34 mm	0,00020 t/m <sup>2</sup>	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada

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



#### 2.8.17.7 Critérios de medição

A medição do serviço de fornecimento e colocação de geogrelha bidirecional deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente aplicada.

### 2.9 Cura

#### 2.9.1 Cura com pintura asfáltica para camadas granulares com adição de cimento

O serviço consiste em realizar a pintura de cura em base reciclada com o uso de emulsão asfáltica RR-2C.

##### 2.9.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 167/2013: *Pavimentação - Reciclagem profunda de pavimentos in situ com adição de cimento Portland*;
- DNIT EM 165/2013: *Emulsões asfálticas para pavimentação - Especificação de material*.

##### 2.9.1.2 Metodologia executiva

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

- aplicação da emulsão asfáltica por meio de caminhão tanque distribuidor.

##### 2.9.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- caminhão tanque distribuidor de asfalto: líder de equipe;
- tanque de estocagem de asfalto.

a) caminhão tanque distribuidor de asfalto

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

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

onde:

P representa a produção horária, em metros quadrados por hora;  
C<sub>ap</sub> representa a capacidade, em litros;



$F_e$  representa o fator de eficiência;

$Q$  representa o consumo, em litros por metro quadrado;

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

#### b) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

#### 2.9.1.4 Mão de obra

Não se aplica a este serviço.

#### 2.9.1.5 Materiais e atividades auxiliares

##### a) emulsão asfáltica - RR-2C

Consiste em material utilizado como ligante asfáltico para a realização da pintura de cura.

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

$$Q = \frac{T_x}{\rho \times \varphi}$$

onde:

$Q$  representa o consumo de emulsão, em toneladas por metro quadrado;

$T_x$  representa a taxa de asfalto residual, em litros por metro quadrado;

$\rho$  representa a massa específica da emulsão, em litros por tonelada;

$\varphi$  representa o teor de asfalto residual da emulsão.

A tabela 116 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo consumo do material.

**Tabela 116 - Consumo de emulsão asfáltica - cura com pintura asfáltica para camadas granulares com adição de cimento**

Taxa de asfalto residual (l/m²)	Massa específica da emulsão (l/t)	Teor de asfalto residual da emulsão	Consumo (t/m²)
0,5000	1.000,00	0,67	0,00075

#### 2.9.1.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.9.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de cura para camadas granulares com adição de cimento deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente aplicada.



## 2.9.2 Cura para pavimento de concreto rolado

O serviço consiste na execução de cura de concreto compactado com rolo por meio de pintura asfáltica.

### 2.9.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

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

- DNIT ES 056/2013: *Pavimento rígido - Sub-base de concreto de cimento Portland compactada com rolo;*
- DNIT ES 059/2004: *Pavimento rígido - Pavimento de concreto de cimento Portland, compactado com rolo.*

### 2.9.2.2 Metodologia executiva

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

- aplicação da emulsão asfáltica por meio de caminhão tanque distribuidor.

### 2.9.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- caminhão tanque distribuidor de asfalto: líder de equipe;
- tanque de estocagem de asfalto.

a) caminhão tanque distribuidor de asfalto

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

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

onde:

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

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

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

Q representa o consumo, em litros por metro quadrado;

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

b) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.





#### 2.9.2.4 *Mão de obra*

Não se aplica a este serviço.

#### 2.9.2.5 *Materiais e atividades auxiliares*

##### a) emulsão asfáltica - RM-1C

Consiste em ligante constituído pela dispersão entre uma fase asfáltica e outra aquosa, por meio da ação de agente emulsificador.

O consumo referencial adotado é definido com base na taxa de aplicação de 1,1500 l/m<sup>2</sup>, correspondendo a 0,00115 t por unidade de serviço executado.

#### 2.9.2.6 *Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.

#### 2.9.2.7 *Crítérios de medição*

A medição do serviço de cura para pavimento de concreto deve ser realizada em metros quadrados, em função da área efetivamente aplicada.

### 2.10 **Material de jazida**

#### 2.10.1 Escavação e carga de material de jazida com trator e carregadeira

O serviço consiste nas operações para obtenção de material de jazida por meio de trator com lâmina e carregadeira.

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

Não se aplica a este serviço.

##### 2.10.1.2 *Metodologia executiva*

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

- escavação do material de jazida por meio do trator com lâmina;
- carga do material por meio da carregadeira de pneus.

##### 2.10.1.3 *Produção horária e equipe mecânica*

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

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



## a) carregadeira de pneus

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

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

onde:

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

## b) trator sobre esteiras com lâmina

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

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

onde:

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

*2.10.1.4 Mão de obra*

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

- 1 servente para auxiliar a execução do serviço.

*2.10.1.5 Materiais e atividades auxiliares*

Não se aplica a este serviço.

*2.10.1.6 Operações de transporte*

Não se aplica a este serviço.



#### 2.10.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de escavação e carga de material de jazida com trator e carregadeira deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume de material efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

#### 2.10.2 Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica

O serviço consiste nas operações para obtenção de material de jazida por meio de escavadeira hidráulica.

##### 2.10.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

Não se aplica a este serviço.

##### 2.10.2.2 Metodologia executiva

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

- escavação e carga do material de jazida por meio da escavadeira hidráulica sobre esteiras.

##### 2.10.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida exclusivamente pelo equipamento escavadeira hidráulica, incorrendo em sua liderança de equipe e na consequente atribuição da produção horária do serviço.

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

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

onde:

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

##### 2.10.2.4 Mão de obra

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

- 1 servente para auxiliar a execução do serviço.



#### 2.10.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Não se aplica a este serviço.

#### 2.10.2.6 Operações de transporte

Não se aplica a este serviço.

#### 2.10.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume de material efetivamente extraído, medido e avaliado no corte (volume *in natura*).

### 3 FATOR DE CARGA E CONVERSÃO PARA TRANSPORTE

#### 3.1 Parâmetros de insumos

##### 3.1.1 Massa unitária

Os parâmetros referenciais adotados foram obtidos por meio de referencial técnico especializado.

##### 3.1.2 Dimensões

A geogrelha é comercializada em bobinas, sendo a altura e o diâmetro dessa adotados no cálculo da capacidade de transporte, os quais são obtidos por meio de referencial técnico especializado.

#### 3.2 Parâmetros de transporte

##### 3.2.1 Quantidades transportadas

O dimensionamento dos insumos a serem transportados é baseado na geometria da carroceria e na capacidade de carga útil do equipamento transportador, limitados pelos dispositivos legais associados ao estabelecimento da altura máxima para cargas e o Peso Bruto Total – PBT.

##### 3.2.2 Massa transportada

A carga máxima é determinada a partir da quantidade de elementos a serem transportados, consoante às diretrizes técnicas e legais mencionadas no item anterior, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$M = Q_t \times A \times \gamma$$

onde:

M representa a carga máxima transportada, em toneladas;

$Q_t$  representa a quantidade efetivamente transportada, em unidades;



A representa a área de geogrelha por bobina, em metros quadrados por unidade;  $\gamma$  representa a massa unitária do elemento a ser transportado, em toneladas por metro quadrado.

### 3.3 Conversão para transporte

#### 3.3.1 Fator de carga

O fator de carga é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$F_{ca} = \frac{C_{ap}}{Q_t \times A \times \gamma}$$

onde:

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

$C_{ap}$  representa a capacidade de carga útil do equipamento transportador, em toneladas;

$Q_t$  representa a quantidade efetivamente transportada, em unidades;

A representa a área de geogrelha por bobina, em metros quadrados por unidade;

$\gamma$  representa a massa unitária do elemento a ser transportado, em toneladas por metro quadrado.

#### 3.3.2 Cálculo da conversão para transporte

O fator de conversão para unidade de momento de transporte é definido por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$F_{mt} = F_{ca} \times \gamma$$

onde:

$F_{mt}$  representa o fator de conversão para unidade de momento de transporte, em toneladas por metro quadrado;

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

$\gamma$  representa a massa do elemento a ser transportado, em toneladas por metro quadrado.

A tabela 117 apresenta os parâmetros referenciais adotados e o respectivo fator de conversão para unidade de momento de transporte.

**Tabela 117 - Conversão para unidade de momento de transporte de geogrelha**

Código SICRO	Descrição	Massa (t/m <sup>2</sup> )	Fator de carga	Conversão para transporte (t/m <sup>2</sup> )
M1446	Geogrelha bidirecional em polipropileno extrudado - resistência à tração de 30 kN/m, deformação inferior a 5% e malha de 36 x 34 mm	0,00020	2,15000	0,00043



## APÊNDICE A - RELAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS POR SUBGRUPO - PAVIMENTAÇÃO

A tabela 118 apresenta as composições de custos do grupo de serviços de pavimentação, relacionando o código SICRO ao respectivo subgrupo.

**Tabela 118 - Relação das composições de custos por subgrupo - pavimentação**

Subgrupo	Código SICRO
2.1.1 Regularização do subleito	4011209
2.1.2 Regularização do subleito com fresagem corte e controle automático de greide	4011210
2.2.1 Reforço do subleito	4011211
2.2.2 Reforço do subleito com solo melhorado com cal	4011304
2.3.1 Revestimento primário	4015612
2.4.1 Base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura	4011219 e 4011227
2.4.2 Base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura na pista	4011221, 4011228, 4011325, 4011320 e 4011321
2.4.3 Base e sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura em usina	4011226, 4011229, 4011327, 4011316, 4011317, 4011318 e 4011319
2.4.4 Base e sub-base de solo com adição de cimento com mistura na pista	4011287, 4011300 e 4011315
2.4.5 Base e sub-base de solo com adição de cimento com mistura em usina	4011291, 4011302 e 4011314
2.4.6 Base e sub-base de solo-cal	4011305 e 4011306
2.4.7 Base e sub-base de brita graduada (com e sem cimento)	4011275, 4011276, 4011277 e 4011278
2.4.8 Base e sub-base de brita graduada executada com vibroacabadora	4011548, 4011549, 4011560 e 4011561
2.4.9 Base e sub-base de macadame seco	4011279 e 4011280
2.4.10 Base e sub-base de macadame hidráulico	4011281 e 4011282
2.4.11 Sub-base de concreto compactado com rolo	4011213 e 4011214
2.4.12 Sub-base de concreto adensado por vibração	4011217 e 4011218
2.5.1 Varredura	4011212
2.5.2 Imprimação	4011351 e 4011352
2.5.3 Pintura de ligação	4011353 e 4011354
2.6.1 Tratamento superficial	4011355, 4011356, 4011357, 4011358, 4011359, 4011360, 4011361, 4011362, 4011363, 4011364, 4011365, 4011366, 4011367, 4011368, 4011369, 4011370, 4011371, 4011372, 4011373, 4011374, 4011375, 4011376, 4011377, 4011378, 4011379, 4011380, 4011381, 4011382, 4011383, 4011384, 4011385, 4011386, 4011387, 4011388, 4011389 e 4011390
2.6.2 Macadame betuminoso por penetração	4011391, 4011392, 4011393, 4011394, 4011395, 4011396, 4011397, 4011398, 4011399 e 4011400



Tabela 118 - Relação das composições de custos por subgrupo - pavimentação (2/3)

Subgrupo	Código SICRO
2.6.3 Pré-misturado a frio	4011417, 4011418, 4011419, 4011420, 4011421, 4011422, 4011423, 4011424, 4011425, 4011426, 4011427, 4011428, 4011429, 4011430, 4011431 e 4011432
2.6.4 Pré-misturado a quente com asfalto polímero	4011433, 4011434, 4011435, 4011436, 4011437, 4011438, 4011439, 4011440, 4011441 e 4011442
2.6.5 Areia asfalto a quente (com e sem polímero)	4011443, 4011444, 4011445, 4011446, 4011447, 4011448, 4011449, 4011450, 4011451 e 4011452
2.6.6 Concreto asfáltico	4011453, 4011454, 4011455, 4011456, 4011457, 4011458, 4011459, 4011460, 4011461, 4011462, 4011463, 4011464, 4011465, 4011466, 4011494, 4011495, 4011496 e 4011497
2.6.7 Concreto asfáltico com borracha	4011469, 4011470, 4011471, 4011472, 4011473, 4011474, 4011475 e 4011476
2.7.1 Pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte	4011507 e 4011520
2.7.2 Pavimento de concreto com equipamento fôrma-trilho	4011534 e 4011535
2.7.3 Pavimento de concreto com fôrmas deslizantes	4011532 e 4011533
2.7.4 Pavimento de concreto compactado com rolo	4011491 e 4011492
2.7.5 Serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio	4011537
2.7.6 Lona plástica para pavimento	4011536
2.8.1 Lama asfáltica	4011401, 4011402, 4011403, 4011404, 4011405 e 4011406
2.8.2 Microrrevestimento a frio	4011407, 4011408, 4011409, 4011410, 4011411 e 4011412
2.8.3 Micro pré-misturado a quente	4011415 e 4011416
2.8.4 Concreto asfáltico reciclado em usina com adição de asfalto	4011477 e 4011478
2.8.5 Reestabilização de base sem adição	4011346
2.8.6 Reestabilização de base com adição de material fresado	4011341
2.8.7 Reestabilização de base com adição de brita	4011342 e 4011344
2.8.8 Reestabilização de base com adição de cimento	4011347
2.8.9 Reciclagem simples com incorporação do revestimento asfáltico à base	4011481
2.8.10 Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de brita	4011483 e 4011484
2.8.11 Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento e brita	4011485 e 4011486
2.8.12 Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de cimento	4011482
2.8.13 Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica e cimento	4011488



**Tabela 118 - Relação das composições de custos por subgrupo - pavimentação (3/3)**

Subgrupo	Código SICRO
2.8.14 Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base e adição de espuma asfáltica, cimento e pó de pedra	4011487
2.8.15 Reciclagem de revestimento asfáltico em usina com adição de espuma asfáltica, pó de pedra e cimento	4011489 e 4011493
2.8.16 Manta sintética para recapeamento asfáltico	4011490
2.8.17 Geogrelha bidirecional	4011562
2.9.1 Cura com pintura asfáltica para camadas granulares com adição de cimento	4011539
2.9.2 Cura para pavimento de concreto rolado	4011538
2.10.1 Escavação e carga de material de jazida com trator e carregadeira	4016007 e 4016008
2.10.2 Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	4016096