TÍTULO

PROJETO DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Projeto. Pavimentação. Restauração.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

ÍNDICE

1 RESUMO 4
2 OBJETIVO 4
3 DEFINIÇÕES 4
3.1 Pavimento 4
3.2 Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos 5
3.3 Defeitos nos Pavimentos Rígidos 7
3.4 Classificação dos Serviços de Manutenção de Pavimento 10
3.5 Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos 10
3.6 Restauração de Pavimentos Rígidos 12
3.7 Tráfego 13
4 ETAPAS DE PROJETO 14
4.1 Projeto Básico 14
4.2 Projeto Executivo 15
5 ELABORAÇÃO DE PROJETO 15
5.1 Normas Gerais Aplicáveis 15
5.2 Materiais e Disposições Construtivas 16
5.3 Investigações Geológico-Geotécnicas 22
5.4 Avaliação Funcional e Estrutural de Pavimento 28
5.5 Critérios de Cálculo 29
5.6 Controle de Aceitação de Obra 50
5.7 Análise Técnico-Econômica e Ambiental 51
6 FORMA DE APRESENTAÇÃO 52
6.1 Projeto Básico 52
6.2 Projeto Executivo 53
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55
ANEXO A – VALORES DO PERCENTUAL $T_{0,90}$ EM FUNÇÃO DOS VALORES *N-1* 57
ANEXO B – EXEMPLOS DE PLANILHAS DE CÁLCULO DE NÚMERO “N” 59
ANEXO C – MODELOS DE PLANILHAS DE QUANTIDADES DOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO 62
ANEXO D – MODELO DE PLANILHA DE FICHA RESUMO 66
ANEXO E – MODELO DE APRESENTAÇÃO DE IMAGENS DAS SONDAGENS EXECUTADAS 68

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

1 RESUMO

Esta Instrução de Projeto apresenta os procedimentos, critérios e padrões a serem adotados, como os mínimos recomendáveis, para a elaboração de projeto de restauração de pavimento para o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, DER/SP.

2 OBJETIVO

Padronizar os procedimentos a serem adotados para elaboração de projeto de restauração de pavimento no âmbito do DER/SP.

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta instrução de projeto, são adotadas as seguintes definições:

3.1 Pavimento

Estrutura constituída por diversas camadas superpostas, de materiais diferentes, construída sobre o subleito, destinada a resistir e distribuir ao subleito simultaneamente esforços horizontais e verticais, bem como melhorar as condições de segurança e conforto ao usuário.

3.1.1 Pavimento Flexível

Pavimento flexível é constituído por revestimento asfáltico sobre camada de base granular ou sobre camada de base de solo estabilizado granulometricamente. Os esforços provenientes do tráfego são absorvidos pelas diversas camadas constituintes da estrutura do pavimento flexível.

3.1.2 Pavimento Semirrígido

Pavimento semirrígido é constituído por revestimento asfáltico e camadas de base ou sub-base em material estabilizado com adição de cimento. O pavimento semirrígido é conhecido como pavimento do tipo direto quando a camada de revestimento asfáltico é executada sobre camada de base cimentada e do tipo indireto ou invertido quando a camada de revestimento é executada sobre camada de base granular e sub-base cimentada.

3.1.3 Pavimento Rígido

Pavimento rígido é constituído por placas de concreto de cimento *Portland* assentes sobre camada de sub-base granular ou cimentada. Quando a sub-base for cimentada pode, adicionalmente, haver uma camada inferior de material granular. Os esforços provenientes do tráfego são absorvidos principalmente pelas placas de concreto de cimento *Portland*, resultando em pressões verticais bem distribuídas e aliviadas sobre a camada de sub-base ou sobre a camada de fundação.

3.1.4 Pavimento de Peças Pré-Moldadas de Concreto

Pavimento de peças pré-moldadas de concreto é constituído por revestimento em blocos pré-moldados de concreto de cimento *Portland* assentes sobre camada de base granular ou

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

cimentada. Pode ou não apresentar camada de sub-base granular quando a base for cimentada.

3.1.5 Pavimento Composto

Pavimento composto é constituído por revestimento asfáltico esbelto sobre placas de concreto de cimento *Portland* ou placas de concreto de cimento *Portland* sobre camada asfáltica.

3.2 Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos

3.2.1 Fenda

São denominadas de fendas quaisquer descontinuidades na superfície do pavimento, podendo assumir a feição de fissuras, trincas isoladas longitudinais ou transversais e trincas interligadas, tipo couro de jacaré ou em bloco.

3.2.2 Fissura

Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinalmente, transversalmente ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada a distâncias inferiores a 1,5 m, com abertura inferior a 1 mm.

3.2.3 Trinca

Fenda existente no revestimento, facilmente visível à vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

3.2.3.1 Trinca isolada

f) trinca transversal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente perpendicular ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 1 m é denominada trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 1 m, denomina-se trinca transversal longa.

g) trinca longitudinal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 1 m é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 1 m, denomina-se trinca longitudinal longa.

h) trinca de retração

Trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado.

3.2.3.2 Trinca interligada

a) trincas tipo bloco

Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

b) trincas tipo couro de jacaré

Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Estas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas.

3.2.4 Afundamento

Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de pequena elevação do revestimento asfáltico, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

3.2.4.1 Afundamento plástico

Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de pequena elevação do revestimento asfáltico. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda ou flecha na trilha de roda.

3.2.4.2 Afundamento de consolidação

Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de pequena elevação do revestimento asfáltico. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda ou flecha na trilha de roda.

3.2.4.3 Afundamento na trilha de roda

Deformação permanente constituída de uma depressão longitudinal na superfície do pavimento no local das trilhas dos pneus dos veículos.

3.2.5 Ondulação ou Corrugação

Deformação caracterizada por pequenas irregularidades longitudinais, com pequenos comprimentos de onda e amplitude irregular, acompanhadas ou não de escorregamentos, resultando em sensíveis vibrações para os veículos em movimento.

3.2.6 Irregularidade Longitudinal

Desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via.

3.2.7 Escorregamento

Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de trincas em forma de meia-lua.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

3.2.8 Exsudação

Excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento.

3.2.9 Desgaste

Efeito do arrancamento progressivo do ligante e do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais.

3.2.10 Panela

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas, inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o desplacamento das camadas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento e provocar a desagregação dessas camadas.

3.2.11 Remendo

É a correção, em área localizada, de defeito do pavimento. Considera-se remendo superficial quando houver apenas correção do revestimento; ou profundo quando, além do revestimento, forem corrigidas uma ou mais camadas inferiores, podendo atingir o subleito.

3.3 Defeitos nos Pavimentos Rígidos

3.3.1 Alçamento das Placas

Desnivelamento das placas nas juntas ou nas fissuras transversais e, eventualmente, na proximidade de canaletas de drenagem ou de intervenções realizadas no pavimento.

3.3.2 Fissura de Canto

Fissura que intercepta as juntas à distância menor ou igual à metade do comprimento das bordas ou juntas longitudinais e transversais do pavimento, medindo-se a partir do seu canto. A fissura geralmente atinge toda a espessura da placa.

3.3.3 Placa Dividida

Placa que apresenta fissuras dividindo-se em quatro ou mais partes.

3.3.4 Escalonamento ou Degrau nas Juntas

Caracteriza-se pela ocorrência de deslocamentos verticais diferenciados e permanentes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta.

3.3.5 Falha da Selagem das Juntas

Avaria no material selante que possibilita o acúmulo de material incompressível na junta ou que permite a infiltração de água. As principais falhas observadas no material selante são:

- rompimento, por tração ou compressão;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

- extrusão do material;
- crescimento de vegetação;
- endurecimento, oxidação do material;
- perda de aderência às placas de concreto;
- quantidade deficiente de selante nas juntas.

3.3.6 Desnível entre Pista de Rolamento e Acostamento

Degrau formado entre o acostamento e a borda do pavimento da pista de rolamento, geralmente acompanhado de uma separação dessas bordas.

3.3.7 Fissuras Lineares

Fissuras que atingem toda a espessura da placa de concreto, dividindo-a em duas ou três partes. Quando as fissuras dividem a placa em quatro ou mais partes, o defeito é denominado de placa dividida.

Como fissuras lineares enquadram-se:

- fissuras transversais que ocorrem na direção da largura da placa, perpendicularmente ao eixo longitudinal do pavimento;
- fissuras longitudinais que ocorrem na direção do comprimento da placa, paralelamente ao eixo longitudinal do pavimento;
- fissuras diagonais, que são fissuras inclinadas que interceptam as juntas do pavimento à distância maior do que a metade do comprimento dessas juntas ou bordas.

3.3.8 Reparo Grande

Entende-se como reparo grande a correção da área do pavimento original maior do que 0,45 m².

3.3.9 Reparo Pequeno

Entende-se como reparo grande a correção da área do pavimento original menor ou igual a 0,45 m².

3.3.10 Desgaste Superficial

Caracteriza-se pelo descolamento da argamassa superficial, fazendo com que os agregados aflorem na superfície do pavimento e, com o tempo, fiquem com a sua superfície polida.

3.3.11 Bombeamento

Consiste na expulsão de finos plásticos existentes no solo de fundação do pavimento, através das juntas, bordas ou trincas, quando da passagem das cargas solicitantes. Os finos bombeados têm a forma de lama fluida, identificados pela presença de manchas terrosas ao longo das

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

juntas, bordas ou trincas.

3.3.12 Quebras Localizadas

Áreas das placas que se mostram trincadas e partidas em pequenos pedaços, tendo formas variadas, situando-se geralmente entre uma trinca e uma junta ou entre duas trincas próximas entre si.

3.3.13 Fissuras Superficiais e Escamação

Fissuras capilares que ocorrem apenas na superfície da placa, tendo profundidade entre 6 mm e 13 mm, que apresentam a tendência de se interceptarem, formando ângulos de 120º.

A escamação caracteriza-se pelo descolamento da camada superficial fissurada, podendo, no entanto, ser proveniente de outros defeitos, tal como o desgaste superficial.

3.3.14 Fissuras de Retração Plástica

Fissuras superficiais de pequena abertura, inferior a 0,5 mm, e de comprimento limitado. Sua incidência costuma ser aleatória e se desenvolvem formando ângulo de 45º a 60º com o eixo longitudinal da placa.

3.3.15 Esborcinamento ou Quebra de Canto

Quebra que aparece no canto da placa, tendo forma de cunha, que ocorre em distância não superior a 60 cm do canto da placa.

Este defeito difere da fissura de canto, pelo fato de interceptar a junta em um determinado ângulo, quebra em cunha, ao passo que a fissura de canto ocorre verticalmente em toda a espessura da placa.

3.3.16 Esborcinamento de Juntas

O esborcinamento de juntas se caracteriza pela quebra das bordas da placa de concreto, quebra em cunha nas juntas, com o comprimento máximo de 60 cm, não atingindo toda a espessura da placa.

3.3.17 Placa Bailarina

Placa cuja movimentação vertical é visível sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas.

3.3.18 Assentamento

Caracteriza-se pelo afundamento do pavimento, originando ondulação superficial de grande extensão, podendo ocasionar permanência da integridade do pavimento.

3.3.19 Buracos

Reentrâncias côncavas observadas na superfície da placa, provocadas pela perda de concreto

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

no local, apresentando área e profundidade bem definidas.

3.4 Classificação dos Serviços de Manutenção de Pavimento

A manutenção de pavimentos consiste em um conjunto de medidas destinadas a recompor a serventia do pavimento e a adaptar a rodovia às condições de tráfego atual e futuro, prolongando seu período de vida.

Os serviços de manutenção englobam os seguintes tipos de intervenções:

3.4.1 Conservação de Rotina

É o conjunto de operações que normalmente são executadas uma ou mais vezes a cada ano e que têm por objetivo reparar ou sanar os defeitos.

3.4.2 Conservação Especial

É o conjunto de serviços que são executados sem a obrigatoriedade de elaboração de projetos e que visam melhorar as condições funcionais e de rolamento da rodovia, prolongando a vida remanescente da estrutura existente em estágio avançado de degradação, até o momento oportuno de execução de obras de restauração mediante a obrigatoriedade de elaboração de projeto.

3.4.3 Reabilitação

É o conjunto de serviços destinados a restituir as condições originais do pavimento por meio de serviços como remendos seletivos, reforços estruturais ou aplicação de camadas de regularização.

3.4.4 Reconstrução

É a renovação completa da estrutura do pavimento. Pode envolver a remoção parcial ou total da estrutura existente e substituição por materiais novos, processo tradicional, ou ainda o aproveitamento do material através de processo de reciclagem *in situ* ou em usina.

3.4.5 Restauração

A restauração contempla o conjunto de serviços necessários para restaurar a condição da capacidade estrutural do pavimento e a qualidade de rolamento da rodovia, por meio da execução de atividades de reabilitação e, também, se necessário, de reconstrução do pavimento existente em um mesmo projeto.

3.5 Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos

3.5.1 Camada de Reforço Estrutural

Aplicação de uma ou mais camadas, geralmente asfálticas, sobre a estrutura do pavimento existente, as quais responderão pelo aumento da capacidade estrutural e pela correção de deficiências superficiais existentes. Este serviço é denominado recapeamento.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

3.5.2 Fresagem

Remoção de uma ou mais camadas superficiais do pavimento existente, geralmente deterioradas, empregando equipamento específico.

3.5.3 Microfresagem

Remoção da superfície do pavimento para correção de irregularidade, com a utilização de equipamento específico. Diferentemente do equipamento de fresagem convencional, o tambor de microfresagem possui espaçamento entre os materiais de corte igual a 6 mm.

3.5.4 Reciclagem

Processo de recuperação de material existente, cujas funções estejam comprometidas para seu emprego, com ou sem adição de outros materiais. A reciclagem dos materiais do pavimento existente pode ser executada *in situ* ou em usina.

3.5.5 Camada Antirreflexão de Trincas

Camada que atua como interface ou membrana atenuadora, dissipando as tensões desenvolvidas pela propagação das trincas existentes na superfície do pavimento a ser reabilitado para a nova camada asfáltica aplicada.

3.5.6 Imprimação Asfáltica Ligante

Filme de emulsão asfáltica lançado sobre a superfície existente para garantir a aderência entre esta superfície e a camada de mistura asfáltica superior.

3.5.7 Imprimação Asfáltica Impermeabilizante

Espargimento de material asfáltico diluído sobre a superfície, concedendo-lhe características de impermeabilidade após penetração na sua parte superior.

3.5.8 Selagem

Aplicação de material asfáltico em estado líquido em trincas existentes no revestimento asfáltico, com a finalidade de evitar a infiltração de água.

3.5.9 Capa Selante

Aplicação de emulsão asfáltica seguida de lançamento de agregado miúdo que age como rejuvenescedora da superfície do pavimento, além de selar as trincas eventualmente presentes.

3.5.10 Remendo Superficial

Correção, em área localizada, de defeito na superfície do pavimento, por meio de fresagem e reposição do revestimento asfáltico.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

3.5.11 Remendo Profundo

Correção, em área localizada, de defeito da estrutura do pavimento, por meio da reposição do revestimento e de uma ou mais camadas inferiores.

3.5.12 Tapa-Buraco

Correção emergencial, em área localizada, de defeito no pavimento por meio de lançamento de mistura asfáltica sobre o local afetado, com reduzido controle de qualidade do serviço realizado.

3.5.13 Enchimento

Complementação, com mistura asfáltica, de área localizada, com finalidade de nivelamento da superfície, sem função estrutural.

3.5.14 *Whitetopping*

Camada de concreto de cimento *Portland* superposta à estrutura de pavimento flexível existente.

3.6 Restauração de Pavimentos Rígidos

3.6.1 Camada de Reforço Estrutural

O reforço estrutural do pavimento de concreto simples de cimento *Portland* consiste na execução de camada de concreto asfáltico superposta ao pavimento rígido existente ou de execução de novas placas de concreto de cimento *Portland* superpostas ao pavimento rígido existente. A superposição do pavimento rígido existente por meio de execução de novas placas de concreto simples de cimento *Portland* pressupõe, como nos pavimentos de concreto simples usuais, que as tensões solicitantes são suportadas tão somente pelo próprio concreto, não havendo qualquer tipo de armadura distribuída.

3.6.2 Cepilhamento

Micronivelamento da superfície do pavimento de concreto com a remoção de entorno de 4 a 6 mm da superfície, não comprometendo a resistência estrutural das placas que, em geral, possuem 20 a 24 cm de espessura.

3.6.3 Reparos nos Pavimentos de Concreto de Cimento *Portland*

Os reparos nos pavimentos de concreto simples de cimento *Portland* consistem em serviços rotineiros de caráter preventivo, referentes ao tratamento dos defeitos verificados nas placas de concreto. Os defeitos podem ser do tipo: fissura de canto, alçamento da placa, placa dividida, escalonamento ou degrau nas juntas, falha de selagem, desnível entre pista e acostamento, fissuras lineares, desgaste superficial, bombeamento, quebras localizadas, fissuras superficiais e escamação, fissuras de retração plástica, esborcinamento, placa bailarina, buracos etc.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Em função do tipo de defeito, o reparo pode ser superficial ou profundo, atingindo toda a espessura da placa, além de ser executado em área parcial ou total da placa.

O critério para o reparo da área da placa a ser corrigida dever ser baseado na abrangência do defeito, como se segue:

- reparo parcial, se o defeito estiver localizado no interior da placa, de forma centralizada, cuja demarcação para enquadramento do defeito esteja a pelo menos 1,2 m das quatro bordas da placa;
- reparo parcial, se o defeito estiver localizado na lateral da placa próxima a uma das bordas, na direção longitudinal, cuja demarcação para enquadramento do defeito seja no mínimo de 1,5 m e no máximo a metade da largura da placa. Caso a largura remanescente seja inferior a 1,5 m, reconstrói-se toda a placa;
- reparo parcial, se o defeito estiver localizado na lateral da placa próxima a uma das bordas, na direção transversal, cuja demarcação para enquadramento do defeito seja no mínimo de 1,5 m e no máximo a metade da comprimento da placa. Caso a largura remanescente seja inferior a 1,5 m, reconstrói-se toda a placa;
- reparo total, se o defeito abranger mais da metade da área da placa.

O critério para o reparo em relação à profundidade da correção deve ser como se segue:

- reparo superficial, quando da existência de defeitos, tais como fissura superficial, desgaste e escamação acentuada, desagregação superficial e localizada do concreto, substituição do selante;
- reparo profundo, quando da existência de defeitos não abrangidos na alínea anterior.

3.6.4 Restauração da Fundação do Pavimento de Concreto de Cimento *Portland*

A restauração da fundação do pavimento de concreto de cimento *Portland* consiste na remoção total das placas de concreto e da camada de sub-base, executando novo preparo e melhoria do subleito, nova camada de sub-base e novas placas de concreto de cimento Portland. Em casos específicos e mediante estudos detalhados, poderão ser consideradas alternativas de grouteamento de fundação.

3.7 Tráfego

3.7.1 Fator de Eixo – FE

Coeficiente que, multiplicado pelo volume total de tráfego comercial que solicitará o pavimento durante o período de projeto, fornece a estimativa do número de eixos que solicitarão o pavimento no mesmo período de projeto.

3.7.2 Fator de Equivalência Operacional

Coeficiente que, multiplicado pelo número de operações de uma determinada carga de eixo, simples ou tandem, fornece o número equivalente de operações do eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN.

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

3.7.3 Fator de Carga – FC

Coeficiente que, multiplicado pelo número de eixos que solicitarão o pavimento durante o período de projeto, fornece o número equivalente de operações do eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN.

3.7.4 Fator de Veículo – FV

Coeficiente que, multiplicado pelo volume total de tráfego comercial que solicita o pavimento durante o período de projeto, fornece o número equivalente de operações do eixo simples padrão no mesmo período, ou seja: $FV = FE \times FC$.

3.7.5 Fator Climático Regional – FR

Coeficiente que considera as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano.

3.7.6 Período de Projeto

Período adotado para o dimensionamento da estrutura do pavimento, de tal forma a desempenhar sua função de proporcionar trafegabilidade, conforto e segurança aos usuários durante este período. Adota-se, normalmente, período de projeto igual a 10 anos para pavimentos flexíveis e semirrígidos, e 20 anos para pavimentos rígidos.

4 ETAPAS DE PROJETO

O projeto de restauração de pavimento deve ser elaborado em duas etapas, descritas a seguir.

4.1 Projeto Básico

Inicialmente realizam-se levantamentos de dados de geotecnia existentes, da estrutura do pavimento existente, de hidrologia, do estado de conservação do pavimento existente e de tráfego disponíveis no site do DER/SP. A partir da análise desses dados, realiza-se a programação dos levantamentos de campo e de ensaios laboratoriais para a elaboração do projeto básico de restauração do pavimento existente. Deve-se apresentar o estudo de alternativas de restauração, com grau de detalhamento suficiente para permitir a análise comparativa, objetivando a seleção da melhor solução técnica e econômica para a obra.

O projeto básico deve constituir-se de relatórios técnicos de avaliação funcional e estrutural de pavimento e de geotecnia do subleito, com levantamento da estrutura do pavimento existente através de poços de inspeção, bem como dos resultados dos ensaios geotécnicos das amostras de solos coletadas do subleito

O projeto básico deve constituir-se também de memorial de cálculo com resultados da pesquisa de tráfego, cálculo do número “N” de solicitações do eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN, resultados resumidos dos levantamentos de campo, segmentação homogênea e dimensionamento estrutural de restauração do pavimento existente com soluções alternativas, sendo a seleção da alternativa baseada em análise técnico-econômico, além de desenhos de seção-tipo transversal de pavimento e planilha de quantidades com

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

orçamento dos serviços de pavimentação.

4.2 Projeto Executivo

Nesta etapa, a solução selecionada no projeto básico deve ser detalhada a partir dos dados atualizados e complementares dos levantamentos de campo com relação à deflectometria e à geotecnia do subleito.

O projeto executivo deve constituir-se de relatórios técnicos incluindo a verificação das estruturas dos pavimentos existentes.

O projeto executivo deve constituir-se também de memorial de cálculo com resumo dos resultados dos levantamentos de campo, com pesquisas de tráfego complementares, se necessárias, e cálculo do número "N" de solicitações do eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN, segmentação homogênea, dimensionamento estrutural de restauração do pavimento existente, retroanálise dos módulos de elasticidade das camadas do pavimento existente, análise mecanicista, controle deflectométrico de execução de camadas, desenhos de seção-tipo transversal de pavimento, planta de localização dos tipos de pavimentos, detalhes construtivos acompanhados de notas referentes a cuidados construtivos, especificações de serviços e planilha de quantidades com orçamento dos serviços de pavimentação.

5 ELABORAÇÃO DE PROJETO

O projeto de pavimentação deve ser elaborado segundo os critérios apresentados a seguir.

Caso alguma norma necessária ao desenvolvimento do projeto não conste no referido item, a projetista deve incluí-la nos estudos e projetos após aprovação pelo DER/SP. A especificação do material ou serviço deverá ser apresentada como "Especificação Técnica Complementar" e deve demonstrar suficientemente os serviços e equipamentos necessários para a execução, assim como uma cotação de no mínimo três empresas de expertise comprovada na referida técnica, para a elaboração dos custos unitários do DER/SP.

Ressalta-se ainda que as investigações dos materiais e da estrutura do pavimento, assim como o projeto, devem ser locados de acordo com o estaqueamento proveniente do levantamento topográfico ou do projeto de geometria, este último se houver. Assim, o estaqueamento da topografia deve estar relacionado a pontos referenciais como os marcos quilométricos, com o intuito de haver precisão na elaboração dos projetos de pavimentação e facilitar a execução das obras. Não deverá haver diferenças entre posições de estacas, distâncias determinadas por odômetro de equipamentos em levantamentos e referências aos marcos quilométricos. As eventuais defasagens que ocorrerem devem ser corrigidas de maneira a manter a perfeita corrção de valores.

5.1 Normas Gerais Aplicáveis

5.1.1 Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos

Para a elaboração dos projetos básico e executivo de restauração de pavimentos flexíveis e semirrígidos devem ser adotados os procedimentos DNER-PRO 011/79[(1)] e DNER-PRO 269/94[(2)] constantes também no manual de restauração de pavimentos asfálticos DNIT IPR-

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

720[3]. No caso de reconstrução da estrutura de pavimento deve ser seguida a orientação da Instrução de Projeto de Pavimentação do DER/SP.

Deve ser realizada a verificação mecanicista da solução proposta de restauração obtida pelos procedimentos DNER-PRO 011/79[1] e DNER-PRO 269/94[2] através do emprego de programa computacional. Na utilização de programas computacionais para a verificação mecanicista, devem ser fornecidos a descrição sucinta do programa computacional, as hipóteses de cálculo utilizadas, as simplificações adotadas e os resultados obtidos. O programa base a ser utilizado é o Elsym5 e diferenças de resultados devem ser devidamente justificados.

Para os reparos de pavimento, devem ser seguidas as indicações e recomendações dos desenhos de projeto padrão da série P00 do DER/SP.

5.1.2 Pavimentos Rígidos

Para a elaboração dos projetos básico e executivo de restauração de pavimentos rígidos de concreto de cimento *Portland* devem ser adotadas as diretrizes contidas no manual de *whitetopping* do DNER[4], da especificação de serviços de reparos de pavimentação do DER/SP. No caso de reconstrução do pavimento devem ser seguidas as orientações da Instrução de Projeto de Pavimentação do DER/SP.

Para os reparos de pavimento devem ser seguidas as indicações e recomendações dos desenhos de projeto padrão da série P00 do DER/SP.

5.2 Materiais e Disposições Construtivas

Os materiais e serviços de pavimentação devem atender às especificações técnicas de serviço de pavimentação do DER/SP.

Os serviços de restauração englobam os serviços de reabilitação e de reconstrução.

Os materiais ou misturas de materiais empregados nas diversas camadas constituintes da estrutura do pavimento devem atender também às seguintes prescrições.

5.2.1 Serviços de Reconstrução

5.2.1.1 Solos do subleito

Para a camada de melhoria e preparo do subleito, os solos devem apresentar as seguintes propriedades geotécnicas:

- capacidade de suporte medida pelo Índice de Suporte Califórnia (ISC) superior ou igual à 2%;
- expansão máxima de 2%;
- grau de compactação mínimo de 100% do Proctor Normal. Para solos finos lateríticos ou para solos granulares pode ser utilizada a energia de 100% do Proctor Intermediário.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

No caso de ocorrência de solos com ISC inferior a 2%, deve-se efetuar substituição destes solos, na espessura a ser definida de acordo com os critérios adotados nos estudos geotécnicos.

Para subleito com solos de expansão superior a 2%, deve ser determinada, experimentalmente, a sobrecarga necessária para o solo apresentar expansão menor que 2%. O peso próprio do pavimento projetado deve transmitir para o subleito pressão igual ou maior do que a determinada pelo ensaio. Caso o peso próprio da estrutura não seja suficiente para proporcionar pressão maior ou igual à pressão determinada no ensaio de sobrecarga, deve-se efetuar a substituição de solos em espessura definida nos estudos geotécnicos.

As medidas de tratamento de solo que podem ser empregadas para facilitar a construção em subleitos incluem:

- drenagem do subleito;
- escavação e substituição de solo mole por material estável;
- execução de camada em material pétreo coberto por uma camada impermeável de reforço (ex: rachão, macadame seco, etc.);
- estabilização química da camada final de terraplenagem usando cal e/ou cimento;
- execução de uma camada de concreto magro, ou rolado;
- uso de geotêxteis;
- uma combinação das medidas anteriores.

Para os resultados dos ensaios de ISC realizados nas amostras obtidas, durante o controle de campo, que eventualmente apresentar ocorrência de locais com valores de ISC inferior ao ISC_P (Índice de Suporte Califórnia de Projeto) e/ou expansão superior a 2%, deve ser realizada a substituição do solo local por material com melhores propriedades geológico-geotécnicas. Para a determinação das espessuras necessárias de substituição devem ser executados ensaios de ISC com sobrecarga, conforme método de ensaio.

A escolha do material e da solução de substituição de solo utilizada devem ser suficientes para que sejam obtidos os níveis máximos de deflexão indicados no controle deflectométrico do projeto (referente ao ISC_P). As localizações das substituições de solo devem ser compatibilizadas com o projeto de terraplenagem.

5.2.1.2 Materiais para reforço do subleito

Os solos apropriados para camada de reforço do subleito são os de ISC superior ao do subleito e expansão máxima de 1%.

5.2.1.3 Materiais para camadas de sub-base e base

Os solos, misturas de solos, solos estabilizados quimicamente, materiais pétreos ou misturas de solos e materiais pétreos, quando empregados na camada de sub-base do pavimento, devem apresentar as seguintes propriedades geotécnicas:

- capacidade de suporte, ISC, superior ou igual a 30%;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

- expansão máxima de 1%.

Estes materiais ou misturas de materiais, quando empregados na camada de base do pavimento, devem apresentar as seguintes propriedades geotécnicas:

- capacidade de suporte, ISC, superior ou igual a 80%;
- expansão máxima de 1%.

Para misturas de solo-cimento, a resistência característica à compressão simples deve ser maior ou igual a 2,1 MPa, avaliada aos 7 dias de idade.

Para misturas de solo melhorado com cimento, a resistência característica à compressão simples, avaliada aos 7 dias de idade, deve atender aos seguintes limites:

- sub-base: 1,2 a 2,1 MPa;
- base: 1,5 a 2,1 MPa.

Para brita graduada tratada com cimento, a mistura deve ser dosada de modo a obter resistência característica à compressão simples, avaliada aos 28 dias de idade, superior ou igual a 4,0 MPa e inferior a 6,2 MPa. A resistência à tração indireta no ensaio de compressão diametral, avaliada aos 28 dias de idade, deve ser superior ou igual a 0,7 MPa e inferior a 1,0 MPa.

Para concreto compactado com rolo, a mistura deve ter consumo mínimo de cimento variando de 85 kg/m^3 a 130 kg/m^3, e a resistência à compressão simples, avaliada aos 7 dias de idade, deve ser superior ou igual a 5 MPa.

Para misturas recicladas com cimento, a resistência à compressão simples, avaliada aos 7 dias de idade, deve ser superior ou igual a 2,1 MPa e inferior a 2,5 MPa. A resistência à tração indireta no ensaio de compressão diametral, avaliada aos 7 dias de idade, deve ser superior ou igual a 0,25 MPa e inferior a 0,35 MPa.

Para misturas recicladas com espuma de asfalto, a taxa de de expansão e meia-vida, assim como a resistência à tração indireta por compressão diametral devem atender, obrigatoriamente, às especificações técnicas de pavimentação do DER/SP.

A estabilização com espuma de asfalto depende da fração fina do material para dispersar o betume e a plasticidade elevada pode ocasionar conglomerados que se estabelecem como pontos fracos na camada reciclada. Dessa forma, se o índice de plasticidade do material a ser reciclado for superior a 10, recomenda-se o tratamento prévio com cal hidratada, separando as partículas e eliminando a plasticidade do material.

5.2.1.4 Materiais para camadas de rolamento e de ligação ou *binder*

Para as camadas de rolamento e de ligação ou *binder*, tanto os agregados quanto os materiais asfálticos e a mistura resultante de concreto asfáltico usinado a quente ou pré-misturado a quente ou pré-misturado a frio devem atender, obrigatoriamente, às especificações técnicas do DER/SP.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

A seleção do ligante asfáltico utilizado na mistura deve evitar a aplicação de ligantes moles em regiões com altas temperaturas, de modo a reduzir o fenômeno de deformação permanente impulsionado pela viscoelasticidade do material. De maneira análoga, em locais mais frios o ligante asfáltico deve ser escolhido com atenção ao fenômeno de trincamento por fadiga.

Para atender aos requisitos estruturais e funcionais, as camadas de rolamento e de ligação ou *binder* podem apresentar misturas asfálticas com ligante modificado. A modificação não é um meio de corrigir o ligante asfáltico de má qualidade, mas sim um aprimoramento das propriedades do ligante convencional e que deve ser aplicada com consideração cuidadosa.

Alguns dos benefícios que justificam a utilização de ligantes modificados são: aumento da rigidez das misturas em altas temperaturas, minimizando a deformação permanente; diminuição da rigidez em baixas temperaturas, melhorando a resistência à fadiga; melhoria da adesividade do ligante ao agregado; melhoria da resistência ao envelhecimento; dentre outros.

5.2.1.5 Concreto de cimento *Portland*

Os pavimentos de concreto simples de cimento *Portland* devem ser dotados de barras de ligação e de transferência. As placas de concreto devem ser retangulares, com exceção das placas de concordância, que devem ser dotadas de armadura simples distribuída descontínua ou com adição de fibras de polipropileno. As placas devem possuir juntas longitudinais de articulação e transversais de retração conforme indicado no projeto.

As juntas de articulação e retração devem ser preenchidas com material do tipo polietileno, isopor, cortiça ou similar e preenchidas com selante. Estes materiais devem atender às exigências impostas pela especificação técnica de serviço do DER/SP.

Todos os materiais a serem utilizados na confecção do pavimento, tais como: cimento, agregados, água, aditivos e aço devem atender às exigências impostas pela especificação técnica de serviço do DER/SP.

O material para cura do concreto deve atender às exigências impostas pela especificação técnica de serviço do DER/SP.

O concreto deve ser dosado experimentalmente por qualquer método que correlacione resistência, durabilidade e fator água e cimento, levando-se em conta a trabalhabilidade específica para cada caso, e deve atender, simultaneamente, às seguintes resistências características:

- tração por flexão igual ou superior a 4,5 MPa, aos 28 dias de idade;
- compressão axial igual ou superior a 33 MPa, aos 28 dias de idade.

5.2.1.6 Peças pré-moldadas de concreto

As peças pré-moldadas de concreto de cimento *Portland* devem atender às exigências impostas pela especificação NBR 9781[(5)] e pela especificação técnica de serviço do DER/SP.

A resistência característica à compressão simples, aos 28 dias de idade, deve ser superior ou

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

igual a 35 MPa para solicitações de veículos comerciais de linha e superior ou igual a 50 MPa quando houver tráfego de veículos especiais ou solicitações capazes de produzir acentuados efeitos de abrasão.

5.2.2 Serviços de Reabilitação

5.2.2.1 Aplicação de camada adicional de revestimento asfáltico ou recapeamento

O recapeamento, quando relacionado à melhoria da condição estrutural, é denominado reforço estrutural. Quando relacionado à função de melhoria funcional, o recapeamento é denominado camada de regularização.

A aplicação direta de camada de reforço estrutural sobre pavimento com elevado grau de deterioração, principalmente com presença de trincas interligadas do tipo couro de jacaré, pode apresentar em curto intervalo de tempo trincas de reflexão que se propagam da camada de revestimento asfáltico antiga para a nova camada de rolamento. Portanto, devem ser utilizadas técnicas de controle de propagação de trincas, que podem variar entre soluções mais ou menos custosas, tradicionais ou não, que incluem o uso de geossintéticos; camadas intermediárias de alívio de tensões; camadas de dissipação de trincas ou reciclagem do revestimento existente. A solução pode ser ainda a remoção do revestimento original por meio de fresagem.

Para o serviço de recapeamento de pavimento, com ou sem camadas antirreflexão de trincas, há diversos materiais asfálticos que podem ser empregados: concreto asfáltico usinado a quente, macadame asfáltico, pré-misturado a frio ou a quente, tratamentos superficiais simples, duplos ou triplos, camada porosa de atrito, micro revestimento a quente etc. Pode-se adicionar polímero às misturas dos materiais citados. O micro revestimento a quente com asfalto polímero é alternativa de utilização como camada antirreflexão de trincas subjacentes ao revestimento.

A faixa granulométrica e/ou tipo de material asfáltico a ser aplicado deverá atender as premissas indicadas na IP-DE-P00/001, que considera intervalos de valores aos números de solicitações do eixo-padrão.

5.2.2.2 Fresagem de revestimento asfáltico

A fresagem do revestimento asfáltico deteriorado é uma técnica interessante do ponto de vista de manutenção para extensas áreas trincadas de elevado grau de severidade ou com afundamentos plásticos em trilhas de roda associados ou não à escorregamento de massa.

O serviço de fresagem evita a elevação do greide da rodovia e permite executar recapeamento apenas na faixa de rolamento deteriorada, sem desnivelamento em relação às faixas adjacentes que não sofrerão intervenção, além de preservar os gabaritos e a geometria original. Desta forma, evitam-se interferências de reforços em meios-fios e calçamentos, dentre outros.

Após os serviços de fresagem podem ser empregados sobre a superfície remanescente quaisquer dos materiais citados no item 5.2.2.1.

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

5.2.2.3 Rejuvenescimento, impermeabilização e selagem

Os serviços de rejuvenescimento fazem parte de manutenção preventiva reduzindo a taxa de deterioração do pavimento. Estes serviços trazem reflexos na extensão da vida de serviço dos pavimentos e postergam a necessidade de restauração.

Os serviços de rejuvenescimento de pavimentos englobam selagem de trincas, banhos selantes, lamas asfálticas e massas asfálticas finas de concreto asfáltico, micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero, micro pré-misturado a quente com asfalto polímero, tratamentos superficiais com ou sem adição de polímeros ou areia asfalto a quente com asfalto polímero.

5.2.2.4 Reciclagem

A adoção de técnicas de reciclagem permite a restauração das condições geométricas existentes, a conservação dos agregados, de ligantes e de energia, além da preservação do meio ambiente. A aplicação dessas técnicas deve ser considerada sempre que possível.

A reciclagem de pavimentos asfálticos é recomendada para as situações de elevado processo de deterioração dos pavimentos, onde não seriam mais recomendadas intervenções do tipo reabilitação, ou seja, situações em que ocorrem diversos tipos de defeitos em elevado grau de severidade, tais como: trincas interligadas em extensões consideráveis, deformações plásticas, panelas, ondulações, desgaste acentuado, remendos sucessivos comprometidos etc. Para o caso de deformações de consolidação acentuadas acompanhadas de deflexões elevadas recomenda-se o procedimento de reconstrução do pavimento existente.

A reciclagem pode ser executada por meio de procedimento contemplando a camada de revestimento em conjunto com a camada de base granular quando na camada de revestimento forem detectados defeitos provenientes da camada de base. Nestes casos a reciclagem deve abranger toda a espessura da base comprometida, sem remanescer lamelas que possam comprometer o desempenho do pavimento. Quando forem detectados defeitos superficiais, e a camada de revestimento apresentar espessura suficiente de concreto asfáltico, a reciclagem pode ser executada por meio de procedimento contemplando apenas a camada de revestimento. Ao final do processo de reciclagem deve-se aplicar nova camada de revestimento asfáltico sobre a camada reciclada.

A reciclagem a frio ou a quente *in situ* consiste na remoção e simultânea trituração, por fresagem, do revestimento asfáltico do pavimento, podendo abranger também a base granular do pavimento existente.

No caso de reciclagem apenas do revestimento asfáltico, durante o processamento, a mistura asfáltica pode receber adições de agentes regeneradores, ricos em maltenos, além de teor de asfalto virgem complementar, eventualmente adicionando agregados e material de enchimento, como o fíler. Já no caso de reciclagem do revestimento e da base granular, podem ser adicionados à mistura reciclada agregados ou mistura de agregados e cimento, com o objetivo de melhorar a qualidade do material, atendendo às especificações desta camada que deve ser a nova base ou sub-base da estrutura de pavimento.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Há, também, os procedimentos de reciclagem em misturas realizadas em usina, ou seja, o material da estrutura de pavimento existente é fresado e transportado para a usina aonde é reciclado, com adição de novos materiais, adequando-o à granulometria e à especificação de material, ficando posteriormente disponível para utilização no mesmo local de sua origem ou em outra obra.

5.2.2.5 Serviços de remendos superficiais e de tapa-buraco

Os serviços de tapa-buraco consistem somente no emprego de concreto asfáltico, pré-misturado a quente ou pré-misturado a frio, para preenchimento do buraco previamente limpo e imprimado com pintura de ligação.

Indica-se o emprego de rejuvenescedores de material fresado para aplicações de misturas à frio em serviços de tapa-buraco. A utilização dessa tecnologia permite o reaproveitamento de ligante asfáltico presente no material fresado e a economia de energia, de materiais e no transporte do fresado.

Os remendos superficiais pressupõem a reconstituição do revestimento do pavimento de uma forma mais ordenada, em área mais extensa do que em um buraco, com o emprego de materiais de maneira controlada e com equipamentos convencionais.

5.3 Investigações Geológico-Geotécnicas

As investigações geológico-geotécnicas devem ser realizadas em função das necessidades de detalhamento de cada etapa dos projetos básico e executivo.

Os estudos geológicos e geotécnicos devem ser executados de acordo com as instruções de projeto de Estudos Geológicos e de Estudos Geotécnicos.

5.3.1 Projeto Básico

Na etapa de projeto básico devem ser realizadas as seguintes atividades:

5.3.1.1 Realização de sondagens e ensaios geotécnicos com solos do subleito

A amostragem para os estudos geotécnicos deve ser realizada por meio de furos de sondagens, com espaçamento máximo entre dois furos consecutivos, no sentido longitudinal, de 1000 m. Os furos de sondagem devem ser locados e amarrados ao sistema de estaqueamento do projeto e posicionados nos bordos projetados. Portanto, os furos de sondagens devem ser locados após a aprovação do projeto funcional e deverão ser posicionados nas bordas projetadas.

As sondagens para reconhecimento táctil-visual, coleta de amostras dos solos do subleito, traçado do perfil geotécnico do subleito e anotação da cota do nível d’água, se constado, devem ser executadas com auxílio de equipamentos manuais do tipo: trado espiral, cavadeira, pá, picareta etc.

A coleta de amostras dos solos de subleito através das sondagens deve considerar o material necessário para a realização do ensaio de módulo de resiliência, conforme orientação da fiscalização.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

A profundidade das amostras em relação ao greide acabado de terraplenagem deve ser de 1,5 m ou mais no caso de ocorrência de solos inadequados sujeitos a remoção.

Os ensaios geotécnicos devem ser realizados de forma a avaliar os materiais entre 0,0 m e 1,5 m abaixo da cota do greide final de terraplenagem, por meio da coleta de amostras de solos por horizonte verificado no furo executado. Caso haja mais de um horizonte avaliado na análise táctil-visual, devem ser coletadas e ensaiadas amostras representativas de cada horizonte.

Os solos do subleito devem ser estudados conforme os seguintes ensaios geotécnicos:

a) ensaios *in situ*: massa específica aparente do solo e teor de umidade natural;
b) ensaios de laboratório:
   - compactação de solos com equipamento miniatura;
   - determinação da perda de massa por imersão de solos compactados em equipamento miniatura;
   - Índice de Suporte Califórnia (ISC) e expansão;
   - análise granulométrica completa de solos, incluindo ensaio de sedimentação;
   - limites de Atterberg e classificação HRB;

Com os resultados do ensaio de compactação de solos com equipamento miniatura e do ensaio de determinação de perda de massa por imersão, classifica-se o solo de acordo com a Classificação Miniatura Compactada Tropical – MCT proposta por Nogami & Villibor[(7)].

5.3.1.2 Realização de sondagens e ensaios geotécnicos com solos das áreas de empréstimo

A amostragem da jazida na etapa de projeto básico deve ser realizada por meio de, no mínimo, três furos de sondagens locados de forma a abranger toda a área da jazida de solos julgada aproveitável na inspeção de campo.

As áreas de empréstimos devem ser cadastradas pela topografia amarrando-se as coordenadas das sondagens executadas, bem como das cotas da superfície da área, a localização e a distância em relação à rodovia em análise.

Deve ser coletada em cada furo e para cada horizonte de solo detectado, uma amostra suficiente para a realização de todos os ensaios geotécnicos de caracterização. Devem ser anotadas as cotas de mudança de camadas, adotando-se denominação expedita que as caracterizem.

A área de empréstimo deve ser considerada satisfatória para a prospecção definitiva na etapa de projeto executivo quando os materiais coletados e ensaiados ou, pelo menos, parte dos materiais existentes satisfizerem às especificações vigentes, ou quando houver a possibilidade de correção por mistura com materiais de outras jazidas.

Os solos das áreas de empréstimo devem ser estudados conforme os ensaios geotécnicos

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

citados no item 5.3.1.1.

As sondagens do projeto básico devem ser estudadas conforme os ensaios correntes do tipo: *In situ*, compactação, Índice de Suporte Califórnia (ISC), perda de massa, análise granulométrica, limites de Atterberg e classificação HRB.

As jazidas do projeto básico devem ser estudadas conforme ensaios correntes com a adição do ensaio de Módulo de Resiliência (MR) a critério da fiscalização.

5.3.1.3 Pesquisa de ocorrência de material pétreo

Na etapa de projeto básico devem ser coletadas amostras de rochas por meio de sondagens rotativas no paredão rochoso da pedreira inventariada para serem submetidas aos ensaios:

- abrasão *Los Angeles*;
- sanidade;
- adesividade;
- análise petrográfica, se solicitada pela fiscalização;
- compressão uniaxial;
- índices físicos;
- índice de forma de fragmentos;
- análise granulométrica.

No caso de utilização no projeto de pedreira comercial, devem ser anexadas as licenças de instalação, exploração e operação da empresa.

5.3.1.4 Realização de Poços de Inspeção

A amostragem da rodovia na etapa de projeto básico, para fins de verificação da estrutura do pavimento existente, deve ser realizada por meio de poços de inspeção ou broqueamento, com espaçamento máximo entre dois furos consecutivos, no sentido longitudinal, de 1000 m. Devem ser anotadas as espessuras e os materiais constituintes das diversas camadas do pavimento existente. A sua abertura deverá ter dimensões mínimas de 0,70 x 0,70m, abranger o pavimento tanto da pista quanto do acostamento e ser suficiente para a entrada de uma pessoa em seu interior para proceder as avaliações previstas, como ilustra as Figuras 1 e 2. A profundidade do poço deve ser de 1,50m a partir da superfície do revestimento. A apresentação das imagens deve obedecer aos modelos do Anexo E. Devem ser tiradas fotografias que claramente se visualize as camadas e espessuras constituintes do pavimento, ter boa iluminação e constar de trena para identificação da espessura. O fechamento do poço de inspeção deve ser compatível com os materiais que estavam no local.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

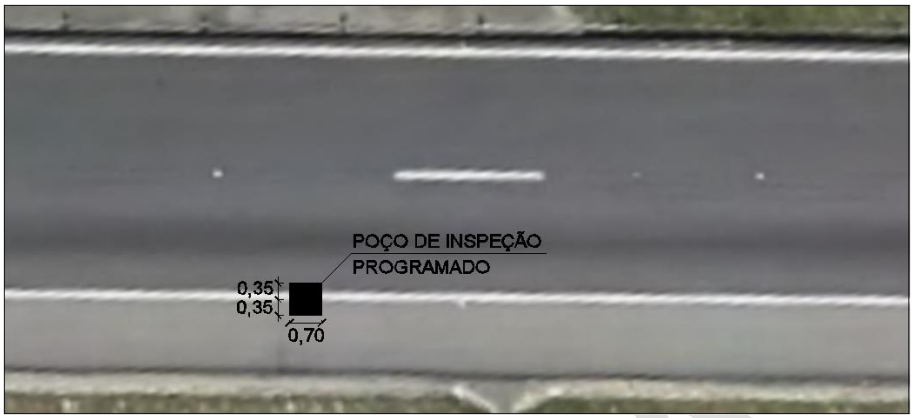


Figura 1 – Posicionamento Poço de Inspeção programado na interface pista e acostamento pavimentado

Figura 2 - Posicionamento Poço de Inspeção programado na interface da pista e acostamento não pavimentado

5.3.2 Projeto Executivo

Na etapa de projeto executivo, as investigações devem ser complementadas para atender às necessidades de detalhamento da solução de pavimentação selecionada no projeto básico. Portanto, na etapa de projeto executivo devem ser realizadas atividades descritas a seguir.

5.3.2.1 Realização de sondagens e ensaios geotécnicos com solos do subleito

A amostragem da rodovia, para fins geotécnicos, na etapa de projeto executivo deve ser realizada por meio de furos de sondagens, com espaçamento máximo entre dois furos consecutivos, no sentido longitudinal, de 500 m. Os furos de sondagem devem ser locados e amarrados ao sistema de estaqueamento do projeto. Poderá ser admitido um espaçamento diferente desde que aprovado pela fiscalização. Obrigatoriamente deverá ser apresentado ao menos um poço para cada segmento homogêneo definido por avaliação da deflectometria do pavimento existente e preferencialmente posicionado em local onde se constate a deflexão máxima local semelhante à deflexão característica calculada.

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

É fundamental a indicação correta das posições dos furos de sondagens e as suas profundidades de coleta de amostras. Desta forma, tenta-se evitar que ocorram situações onde os resultados dos ensaios geotécnicos das amostras de solos estudadas sejam inutilizados devido aos erros cometidos quando da programação dos furos de sondagens pela não observância de detalhes do projeto geométrico. As referências devem ser apresentadas pelo estaqueamento de projeto e seu correspondente em quilômetros da via.

Os ensaios a serem realizados nas amostras de solos coletadas no subleito na etapa de projeto executivo são idênticos aos apresentados no item 5.3.1.1, somando-se o ensaio de Módulo de Resiliência em, no mínimo, 10% das amostras coletadas das sondagens à trados e poços de inspeção do projeto executivo, sendo à critério da fiscalização a solicitação de quantidade superior de amostras a serem ensaiadas.

5.3.2.2 Realização de sondagens e ensaios geotécnicos com solos das áreas de empréstimo

Deve ser realizado o estudo definitivo na etapa de projeto executivo quando verificada a possibilidade de aproveitamento técnico-econômico de uma área de empréstimo, com base nos resultados dos ensaios laboratoriais realizados nas amostras de solos da jazida ensaiada na etapa de projeto básico.

A partir do levantamento topográfico da área a ser explorada lança-se um reticulado com malha de 50 m de lado, dentro dos limites da ocorrência selecionada, onde devem ser executados novos furos de sondagem.

Deve ser coletada em cada furo e para cada horizonte de solo detectado, uma amostra suficiente para a realização de todos os ensaios geotécnicos de caracterização. Devem ser anotadas as cotas de mudança de camadas, adotando-se uma denominação expedita que as caracterize.

Os ensaios geotécnicos a serem realizados nas amostras de solos coletadas nas jazidas na etapa de projeto executivo são idênticos aos apresentados no item 5.3.1.1.

As jazidas do projeto executivo devem ser estudadas conforme ensaios correntes com a adição do ensaio de Módulo de Resiliência (MR) em todos dos furos.

5.3.2.3 Pesquisa de ocorrência de material pétreo

Na etapa de projeto executivo, se necessário, deve ser providenciado o lançamento de um reticulado com malha de 20 m de lado, dentro dos limites da ocorrência selecionada, onde devem ser realizado novos furos de sondagens rotativas.

Os ensaios laboratoriais a serem realizados na etapa de projeto executivo são idênticos aos apresentados no item 5.3.1.3.

No caso de utilização no projeto de pedreira comercial, devem ser anexadas as licenças de instalação, exploração e operação da empresa.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

5.3.2.4 Pesquisa de ocorrência de areais

Na etapa de projeto executivo devem ser realizados ensaios laboratoriais com o objetivo de obtenção de informações a respeito das propriedades geotécnicas de areais a serem utilizadas na obra.

As informações com relação às propriedades geotécnicas do areal devem ser obtidas por certificados fornecidos pelos proprietários ou pela de coleta de amostras e posterior realização de ensaios laboratoriais.

Os ensaios laboratoriais que devem ser apresentados para o areal são:

- composição granulométrica;
- módulo de finura;
- diâmetro máximo;
- massa específica real;
- massa específica aparente;
- teor de argila.

No caso de utilização no projeto de areal comercial devem ser anexadas as licenças de instalação, exploração e operação da empresa.

5.3.2.5 Realização de ensaios especiais

Os ensaios especiais que se tornarem necessários para o detalhamento do projeto executivo podem ser solicitados pelo DER/SP

Os ensaios especiais usualmente necessários na etapa de elaboração do projeto executivo são:

- dosagem de misturas cimentadas como solo melhorado com cimento, solo-cimento, solo-brita-cimento, brita graduada tratada com cimento, concreto compactado com rolo, para a determinação do teor ótimo de cimento *Portland* e da resistência obtida da mistura;
- dosagem de misturas de solo e brita para a determinação do ISC e da porcentagem de brita necessária na mistura;
- dosagem de misturas recicladas para a determinação do ISC ou resistência, e da porcentagem de brita necessária na mistura ou para a determinação do teor ótimo de cimento *Portland* ou pata determinação do teor de betume da mistura asfáltica a ser reciclada ;
- ensaio *Marshall* para a determinação da estabilidade e da fluência do concreto asfáltico;
- ensaio de módulo de resiliência de misturas de solo-brita, solo melhorado com cimento, solo-cimento, solo-brita-cimento, brita graduada tratada com cimento, base estabilizada granulometricamente, reforço do subleito com solos selecionados, concreto asfáltico, mistura reciclada etc.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

5.3.2.6 Realização de poços de inspeção

A amostragem da rodovia na etapa do projeto executivo, para fins de verificação da estrutura do pavimento existente, deve ser realizada por meio de poços de inspeção ou broqueamento, com espaçamento máximo entre dois furos consecutivos, no sentido longitudinal, de 500 m. Devem ser anotadas as espessuras e os materiais constituintes das diversas camadas do pavimento existente. A sua abertura deverá ter dimensões mínimas de 0,70 x 0,70m e ser suficiente para a entrada de uma pessoa em seu interior para proceder as avaliações previstas. Devem ser tiradas fotografias que claramente se visualize as camadas e espessuras constituintes do pavimento.

Poderá ser admitido um espaçamento diferente desde que aprovado pela fiscalização. Obrigatoriamente deverá ser apresentado ao menos um poço para cada segmento homogêneo definido por avaliação da deflectometria do pavimento existente e preferencialmente posicionado em local onde se constate a deflexão máxima local semelhante à deflexão característica calculada.

5.4 Avaliação Funcional e Estrutural de Pavimento

A avaliação funcional e estrutural de pavimento deve ser realizada conforme descrita na Instrução de Projeto de Avaliação Funcional e Estrutural de Pavimento.

Os procedimentos e critérios para execução da avaliação funcional e estrutural estão descritos na Instrução de Projeto de Avaliação Funcional e Estrutural de Pavimento. Também são indicadas as metodologias para determinação de segmentos homogêneos e a forma de apresentação dos resultados.

5.4.1 Avaliação Funcional

É a determinação da capacidade de desempenho funcional momentânea, serventia, que o pavimento proporciona ao usuário, ou seja, o conforto em termos de qualidade de rolamento. O desempenho funcional refere-se à capacidade do pavimento de satisfazer sua função principal, que é fornecer superfície com serventia adequada quanto à qualidade de rolamento.

A avaliação funcional de pavimentos flexíveis e semirrígidos são realizados por meio dos seguintes serviços:

- avaliação de defeitos da superfície por meio de levantamento visual contínuo – LVC;
- avaliação de defeitos da superfície por meio de levantamento visual detalhado – LVD;
- avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos;
- irregularidade longitudinal de pavimentos;
- cadastro contínuo de reparos superficiais e profundos.

A avaliação funcional de pavimentos rígidos pode ser realizada por meio dos seguintes serviços:

- avaliação subjetiva de pavimentos rígidos;

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

- avaliação objetiva de pavimentos rígidos;
- inspeção visual de pavimentos rígidos;
- irregularidade longitudinal de pavimentos rígidos.

5.4.2 Avaliação Estrutural

É a determinação da capacidade de desempenho estrutural, que por sua vez é a capacidade do pavimento de manter sua integridade estrutural. A avaliação estrutural de pavimentos consiste na análise das medidas de deslocamentos verticais recuperáveis da superfície do pavimento quando submetido a determinado carregamento.

A avaliação estrutural de pavimentos flexíveis, semirrígidos e rígidos pode ser realizada por meio dos seguintes serviços:

- avaliação das deflexões recuperáveis com a viga *Benkelman*;
- avaliação das deflexões com o deflectômetro de impacto do tipo *Falling Weight Deflectometer* – FWD.

A avaliação estrutural de pavimentos flexíveis e semirrígidos poderá também ser realizada com equipamentos do tipo deflectógrafo *Lacroix* ou Curviâmetro, desde que haja a anuência da fiscalização.

Em virtude da obrigatoriedade da execução da retroanálise das camadas do pavimento, faz-se necessária a determinação da bacia deflectométrica, respeitando o espaçamento e o número de geofones conforme o equipamento tipo FWD.

5.5 Critérios de Cálculo

5.5.1 Concepção da Estrutura de Restauração do Pavimento Existente

A restauração de estrutura de pavimento existente pode abranger soluções de reabilitação, reconstrução, ou ambas. A solução deve ser concebida considerando as características dos esforços solicitantes provenientes do tráfego, as propriedades geotécnicas dos solos do subleito, as condições funcionais e estruturais do pavimento existente, as condições climáticas da região da obra, os materiais e recursos disponíveis na região, ou de acordo com outras necessidades, por exemplo: prazo disponível para a execução da obra.

Para segmentos de reconstrução, as estruturas de pavimento podem ser do tipo flexível, semirrígido ou rígido, de acordo, preferencialmente, com o tipo de estrutura do pavimento existente. Na região de transição entre o segmento reconstruído e o pavimento existente, reabilitado ou não, deve-se ter cuidado especial na concordância entre os níveis de greide, bem como das camadas das estruturas, devido às características dos materiais, permitindo boa drenagem subsuperficial.

Para segmentos de reabilitação, as estruturas de pavimento podem ser restauradas com material flexível (asfáltico) ou rígido (concreto de cimento Portland), sobre pavimentos flexível, semirrígido e rígido existentes. Pode ser empregado material asfáltico sobre

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

pavimento com revestimento asfáltico existente ou sobre placas de concreto de cimento *Portland* existente. A restauração pode, também, ser realizada com a aplicação de camada de concreto de cimento *Portland* sobre pavimento com revestimento asfáltico existente, *whitetopping*, ou sobre placas de concreto de cimento *Portland* existentes.

5.5.2 Parâmetros de Projeto

5.5.2.1 Capacidade de suporte do subleito

A capacidade de suporte do subleito é medida através do ensaio de penetração conhecido como Índice de Suporte Califórnia, e o valor de capacidade de suporte de projeto, ISC_P, é utilizado para o dimensionamento da estrutura do pavimento.

A programação de sondagens deve ser definida indicando a locação da coleta de amostras para a realização dos ensaios de ISC e buscando caracterizar o subleito do pavimento a ser implantado. Para trechos contíguos onde se possa caracterizar o subleito com sondagens a trado, deve-se utilizar espaçamento máximo de 200 m entre pontos analisados. A programação deverá ser apresentada e aprovada pelo DER/SP antes da realização da coleta.

Após a coleta das amostras programadas, os resultados devem ser analisados pelo projetista e recomenda-se que, previamente à segmentação homogênea, os resultados sejam agrupados em função do tipo de solo, conforme a classificação MCT, a fim de se identificar locais que apresentem características similares para auxiliar na determinação do tipo de estrutura a ser implantada. A classificação do solo também poderá ser realizada de acordo com a classificação HRB, SUCS ou outra, desde que aprovada previamente pelo DER/SP.

Na sequência, o trecho rodoviário deverá ser dividido em segmentos homogêneos com relação ao valor da capacidade de suporte do subleito. Para isso, pode-se realizar a segmentação homogênea dos trechos com base nos valores de ISC utilizando o método das diferenças acumuladas da AASHTO[8]. Por fim, para cada segmento homogêneo realiza-se o cálculo do valor de ISC_P que deverá ser utilizado no dimensionamento da estrutura de pavimento.

As amostras de solos para a determinação da capacidade de suporte de projeto devem ser coletadas nas áreas de cortes e nas caixas de empréstimo que devem ser utilizadas para a execução das últimas camadas dos aterros.

O ISC_P é determinado através da seguinte expressão matemática:

$$ISC_p = \overline{ISC} - \frac{\sigma \, x \, t_{0,90}}{\sqrt{n-1}}$$

Onde:

$\overline{ISC}$: média aritmética dos valores de ISC das “n” amostras ensaiadas;

$t_{0,90}$: coeficiente de Student relativo ao intervalo de confiança de 90%;

σ : desvio padrão da população dos valores de ISC das “n” amostras ensaiadas.

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

$$\overline{ISC} = \frac{\sum ISC_i}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (ISC_i - \overline{ISC})^2}{n}}$$

O resultado de ISC_P deve ser um número inteiro com arredondamento para baixo, de modo que sua consideração no projeto seja sempre a favor da segurança.

Os valores do percentual $t_{0,90}$ em função dos valores de *n-1* são mostrados no Anexo A.

Para o cálculo do ISC_P, valores individuais de ISC acima de 20% devem ser limitados, de tal forma que qualquer amostra com valor excedente deve ser considerada no cálculo com seu valor substituído por 20%.

O cálculo do ISC_P contemplará todas as amostras ensaiadas, mas para os locais cujo ISC é inferior ao resultado do ISC_P, um tratamento específico deverá ser realizado a fim de melhorar a capacidade de suporte do solo local e atender ao ISC_P.

O projetista deve selecionar o valor de ISC_P de modo a garantir a solução mais econômica, ou seja, evitar custos excessivos com tratamento de solo e garantir uma estrutura que melhor se adeque as solicitações climáticas e de tráfego durante a vida útil do pavimento.

Para o caso de dimensionamento de pavimentos flexíveis e pavimentos semirrígidos através do método da resiliência ou para o caso de projetos de restauração de pavimentos flexíveis através da metodologia do DNER PRO-269/94[(2)], é necessário além do conhecimento da capacidade de suporte dos solos do subleito, classificar os solos do subleito quanto à resiliência.

Os solos finos coesivos são os solos que apresentam mais de 35% do material, em peso, passando na peneira de 0,075 mm, que com frequência encontram-se em subleitos ou em camadas de reforço do subleito. São classificados, de acordo com os parâmetros de resiliência determinados em ensaios triaxiais dinâmicos, nos seguintes tipos:

- solos tipo I: solos com baixo grau de resiliência que apresentam bom comportamento como subleito e reforço de subleito, com possibilidade de utilização em camada de sub-base.
- solos tipo II: solos com grau de resiliência intermediário que apresentam comportamento regular como subleito. Seu uso como reforço de subleito requer estudos e ensaios especiais.
- solos tipo III: solos com grau de resiliência elevado, cujo emprego em camadas de pavimentos não é aconselhável. Requerem cuidados e estudos especiais para uso como subleito.

A Tabela 1 permite classificar o solo em função da porcentagem de silte na fração fina, *S*, ou seja, fração que passa na peneira de abertura de 0,075 mm e o valor ISC correspondente.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela 1 – Classificação dos Solos Finos Quanto à Resiliência

ISC (%)	*S* (%)		
	≤ 35	35 a 65	> 65
≥ 10	I	II	III
6 a 9	II	II	III
2 a 5	III	III	III

$$S = 100 - \left(\frac{P_1}{P_2} \times 100 \right)$$

Onde:

S: porcentagem de silte na fração fina que passa na peneira de abertura de 0,075 mm;

P_1: porcentagem, em peso, de material cujas partículas tenham diâmetro inferior a 0,005 mm, determinada na curva de distribuição granulométrica;

P_2: porcentagem, em peso, de material cujas partículas tenham diâmetro inferior a 0,075 mm, determinada na curva de distribuição granulométrica.

Os ensaios de granulometria com sedimentação devem ser realizados para os solos contendo mais de 35% de material, em peso, passando na peneira de 0,075 mm de abertura.

5.5.2.2 Tráfego

O tráfego para o dimensionamento de restauração de pavimentos pode ser caracterizado de várias formas. A mais utilizada é a determinação do número "N" de equivalentes de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN para um determinado período de projeto. Também, no caso de dimensionamento de pavimento rígido utiliza-se o número acumulado de repetições dos vários tipos de eixos e cargas obtido para um determinado período de projeto.

No Brasil, os principais modelos e métodos de dimensionamentos de pavimento utilizam o número "N", excetuando-se o procedimento de dimensionamento de pavimento rígido da *Portland Cement Association* – PCA que utiliza o número acumulado de repetições dos vários tipos de eixos e cargas.

O número "N" de equivalentes de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN é a transformação de todos os tipos de eixos e cargas dos veículos comerciais que trafegarão sobre o pavimento em um eixo simples padrão de rodas duplas equivalente de 80 kN. Consideram-se apenas os veículos comerciais no cálculo do número "N", visto que os automóveis possuem carga de magnitude desprezível em relação aos veículos comerciais.

O número "N" é calculado pela expressão:

$$N = 365 \times VDM_T \times FV \times FR \times Fp \times Ff \times D \times 10^{Zc \times S_0}$$

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Onde:

N: número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto;

VDM_T: volume diário médio de veículos comerciais total acumulado no período de projeto nos dois sentidos de tráfego;

FV: fator de veículo;

FR: fator climático regional;

Fp: porcentagem de veículos comerciais na faixa de projeto (%);

Ff: fator de frota (%), que é a porcentagem de veículos comerciais na faixa de projeto;

D: distribuição direcional (%);

Z_C: desvio normal padrão associado a um nível de confiabilidade;

S_0: desvio padrão da previsão do tráfego.

Para a determinação do volume total acumulado de veículos comerciais que trafegará nos dois sentidos da via durante o período de projeto é utilizada a seguinte expressão:

$$VDM_T = VDM_0 \times \left[\frac{(1+t)^P - 1}{t}\right]$$

Onde:

VDM_0 : volume diário médio de veículos comerciais no início do primeiro ano do período de projeto;

t: taxa anual de crescimento do tráfego (%);

P: período de projeto igual a 10 anos para pavimento flexível ou semirrígido e 20 anos para pavimento rígido.

O número "N" considera a variabilidade dos parâmetros que o compõe a partir de um nível de confiabilidade e o desvio padrão (S_0), que devem ser determinados em função do tipo de via e do volume diário médio de veículos comerciais, conforme especificado na Tabela 2.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela 2 – Nível de Confiabilidade e Desvio Padrão do Tráfego em Função da Classe da Via

Classe da Via	Nível Recomendado de Confiabilidade (%)	Desvio padrão - S_0	
		Pav. Flexível	Pav. Rígido
Autoestrada	95 - 97,5	0,45	0,35
Rodovia: VDM > 2000	90 - 97,5	0,45	0,35
Rodovia: VDM ≤ 2000	85 - 95	0,45	0,35
Arteriais: VDM > 500	85 - 95	0,40	0,35
Outras: VDM ≤ 500	80 - 90	0,40	0,35

Os valores de Z_C em função dos níveis de confiabilidade podem ser obtidos em uma Tabela de Distribuição Normal Padrão e são apresentados, resumidamente, na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de Z_C em Função dos Níveis de Confiabilidade

Confiabilidade	Z
50%	0,000
55%	0,126
60%	0,266
65%	0,384
70%	0,524
75%	0,674
80%	0,842
85%	1,037
90%	1,282
95%	1,645
99%	2,326
99,9%	3,090

O volume diário médio de veículos comerciais, VDM_0, na etapa de estudo preliminar deve ser baseado na Estatística de Tráfego do DER/SP. Já nas etapas de projetos básico e executivo devem ser realizadas contagens de tráfego, bem como estimativas de taxa de crescimento anual, de acordo com a Instrução de Projeto de Elaboração de Estudos de Tráfego.

O fator de veículo da frota, *FV*, multiplicado pelo volume de veículos comerciais que trafega na via, fornece o número de eixos equivalentes de operações do eixo padrão.

Para a determinação do *FV* é necessário se conhecer a composição do tráfego assim como as várias cargas por tipo de eixo que atuarão sobre o pavimento. Para tanto é necessário a

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

realização de pesquisas de contagem de tráfego ou de pesagem na área de influência do projeto.

Para o cálculo do *FV* é utilizada a seguinte expressão:

$$FV = \sum_{i=1}^{i=k} FV_i$$

Onde:

i: categoria do veículo, variando de 1 a k;

FV_i: fator de veículo da categoria i.

A determinação dos fatores de veículos individuais ocorrem conforme a expressão abaixo.

$$FV_i = \sum_{j=1}^{j=m} FEO_j$$

Onde:

j: tipo de eixo, variando de 1 a m;

m: número de eixos do veículo i;

FEO: fator de equivalência de operações correspondente ao eixo j do veículo i.

Quando se dispõe apenas de dados de contagem de veículos, deve-se estimar o percentual de veículos trafegando na carga máxima legal e vazios. Recomenda-se a consideração de até 30% de veículos vazios.

O cálculo do *FV* da frota depende da determinação inicial dos fatores de equivalência de operação (FEO) de cada um dos veículos que trafegarão sobre o pavimento. A determinação do FEO possui duas metodologias: a da *United States Army Corps of Engineers* – USACE preconizada pelo DNIT (Tabela 4), e a da *American Association of State Highway and Transportation Officials* – AASHTO (Tabela 5).

Tabela 4 – Fatores de Equivalência de Operação (FEO) da USACE

Tipos de Eixo	Faixas de Cargas (tf)	Equações (P em tf)
Eixo simples	0 – 8	$FEO = 2{,}0782 \times 10^{-4} \times P^{4{,}0175}$
	≥ 8	$FEO = 1{,}8320 \times 10^{-6} \times P^{6{,}2542}$
Eixo tandem duplo	0 – 11	$FEO = 1{,}5920 \times 10^{-4} \times P^{3{,}4720}$
	≥ 11	$FEO = 1{,}5280 \times 10^{-6} \times P^{5{,}4840}$
Eixo tandem triplo	0 – 18	$FEO = 8{,}0359 \times 10^{-5} \times P^{3{,}3549}$
	≥ 18	$FEO = 1{,}3229 \times 10^{-7} \times P^{5{,}5789}$
P = Peso bruto total sobre o eixo		

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela 5 – Fatores de Equivalência de Operação (FEO) da AASHTO

Tipos de Eixo	Equações (P em tf)
Simples de rodagem simples	$FEO = \left(\frac{P}{7{,}77}\right)^{4{,}32}$
Simples de rodagem dupla	$FEO = \left(\frac{P}{8{,}17}\right)^{4{,}32}$
Tandem duplo (rodagem dupla)	$FEO = \left(\frac{P}{15{,}08}\right)^{4{,}14}$
Tandem triplo (rodagem dupla)	$FEO = \left(\frac{P}{22{,}95}\right)^{4{,}22}$
P = Peso bruto total sobre o eixo	

Quando se tem dados de pesagem, o *FV* pode ser determinado pelo produto entre o fator de eixo, *FE*, e o fator de carga, *FC*. O *FE* é um número que, multiplicado pelo número de veículos correspondentes, representa o número de eixos. O *FC* é o número que, multiplicado pelo número de eixos que operam, resulta no número de eixos equivalentes ao eixo padrão.

Para a consideração do efeito causado pelas variações de umidade dos materiais constituintes do pavimento durante as diversas estações do ano, o que se traduz em variações da capacidade de suporte dos materiais, multiplica-se o número "N" por um coeficiente denominado fator climático regional, *FR*. No Brasil, adota-se *FR* igual a 1,0, considerando os resultados de pesquisas desenvolvidas pelo DNER.

No Anexo B estão ilustrados exemplos de planilhas de cálculo do número "N" de equivalentes de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN.

Para os pavimentos rígidos, o tráfego é determinado a partir do número de repetições de carga dos diferentes tipos de eixo, grupados em intervalos de carga para o período de projeto.

É necessário, portanto, o conhecimento do volume de tráfego de veículos comerciais, classificados por tipo de veículo, ano a ano, para o período de projeto; do percentual do tráfego que atua na faixa mais solicitada; e da carga por tipo de eixo dos veículos comerciais, por intervalo de carga, feita por pesquisa de cargas por eixo.

Para se conhecerem os vários tipos de eixos e suas respectivas cargas que atuarão sobre o pavimento a ser projetado é necessária a realização de pesquisas de pesagem na área de influência do projeto para posterior estudo.

Entretanto, caso não se consigam dados de pesagens de veículos e se autorizados pela fiscalização do DER/SP, podem ser adotados os valores de cargas por tipo de eixo conforme exemplo no Anexo B.

5.5.2.3 Drenagem

A drenagem superficial da rodovia deve ser suficientemente adequada para escoar a água de forma rápida para fora da plataforma não permitindo o acúmulo de água e, consequentemente, a infiltração para o interior da estrutura do pavimento.

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Caso seja necessária, deve ser prevista a utilização de dispositivos de drenagem subsuperficial na estrutura de pavimento.

O lençol d'água subterrâneo deve estar rebaixado a, pelo menos, 1,5 m em relação ao greide da terraplenagem acabada.

5.5.3 Dimensionamento Estrutural do Pavimento

5.5.3.1 Reconstrução

Para a elaboração de projetos de reconstrução de pavimentos flexíveis, semirrígidos, rígidos e de peças pré-moldadas de concreto devem ser seguidas as orientações e recomendações contidas na Instrução de Projeto de Pavimentação do DER/SP.

5.5.3.2 Reabilitação

A reabilitação de pavimento, consiste no reforço estrutural com a finalidade de restituir a capacidade estrutural do pavimento e a qualidade de rolamento. Os métodos de dimensionamentos usuais dependem do tipo do pavimento existente e do tipo de reforço estrutural a ser empregado, ou seja, se o pavimento existente é do tipo flexível, semirrígido ou rígido, e se o reforço estrutural é constituído por material asfáltico ou concreto de cimento *Portland.*

As soluções de reabilitação descritas a seguir são:

- reforço estrutural por meio de aplicação de camada asfáltica sobre pavimento flexível ou semirrígido;
- reforço estrutural por meio de aplicação de camada asfáltica sobre revestimento asfáltico existente reciclado;
- reforço estrutural por meio de aplicação de camada de concreto de cimento *Portland* sobre pavimento flexível ou semirrígido existente – *whitetopping*;
- reforço estrutural por meio de aplicação de camada asfáltica sobre pavimento rígido;
- reforço estrutural por meio de aplicação de camada de concreto de cimento *Portland* sobre pavimento rígido.

a) reforço estrutural por meio de aplicação de camada asfáltica sobre pavimento flexível ou semirrígido

Devem ser empregados os procedimentos do DNER-PRO 011/79[(1)] e DNER-PRO 269/94[(2)] para a elaboração de projetos de reabilitação de pavimento flexível ou semirrígido em concreto asfáltico, camadas integradas de concreto asfáltico e pré-misturado a quente ou a frio, tratamento superficial ou lama asfáltica. Pode ser empregado, ainda, o procedimento do DNER-PRO 159/85[(10)] para correção da irregularidade da camada de rolamento em projetos de reabilitação.

- procedimento DNER-PRO 011/79[(1)]

O procedimento DNER-PRO 011/79[(1)] foi desenvolvido baseado no critério de deformabilidade da estrutura do pavimento flexível, que é expresso, na prática, pelas

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

medidas de deslocamentos verticais recuperáveis da superfície do pavimento, denominado popularmente de deflexão.

Em virtude da grande variação de suporte estrutural que se observa nos pavimentos, inclusive naqueles bem construídos, usa-se critério estatístico para a interpretação das medidas.

Para o emprego do procedimento DNER-PRO 011/79[(1)], é necessário o conhecimento dos seguintes parâmetros:

- o diagnóstico dos resultados de avaliação funcional e estrutural realizados conforme descrito na Instrução de Projeto de Avaliação Funcional e Estrutural de Pavimento, inclusive já segmentado em segmentos homogêneos. Em referência aos deslocamentos verticais recuperáveis, isto é, deflexão, os valores devem ser corrigidos devido à influência da temperatura, do teor de umidade do subleito e da carga;
- estrutura do pavimento existente e das propriedades geotécnicas dos solos do subleito;
- número "N" equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto, utilizando a metodologia da USACE.

Com os dados relacionados acima, procede-se à análise global, para definição de nova segmentação homogênea devido ao diagnóstico associados de todos os parâmetros: avaliação funcional, avaliação estrutural, estrutura do pavimento, propriedades geotécnicas, número "N". Deve ser elaborado por meio de representação gráfica todos os parâmetros analisados para facilitar a visualização e compreensão da nova segmentação homogênea. Definidos os segmentos homogêneos, calcula-se a deflexão característica para cada segmento homogêneo.

Por motivos de ordem construtiva, sempre que possível, deve-se conferir aos segmentos homogêneos extensão mínima da ordem de 200 m. Não devem ser utilizados segmentos homogêneos com extensão superior a 2000 m. No entanto, os resultados das soluções podem apresentar segmentos com extensão superior a 2000 m.

A deflexão admissível é calculada através do conhecimento do número "N" equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto de 10 anos, conforme expressão matemática constante no procedimento DNER-PRO 011/79[(1)].

Se o pavimento, for constituído por estrutura flexível a deflexão admissível deve multiplicada por um.

No entanto, para estrutura de pavimento semirrígido com base de solo-cimento ou base de brita tratada com cimento, deve-se analisar a condição de fissuração da camada cimentada:

- se a camada estiver íntegra, adota-se como deflexão admissível o valor obtido pela expressão, multiplicado por 0,5;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

- se a camada estiver com fissuração, mas ainda com comportamento de estrutura semirrígida, adota-se como deflexão admissível o valor obtido pela expressão multiplicado por 0,7;
- se a camada estiver totalmente fissurada e deteriorada com comportamento de estrutura flexível, adota-se como deflexão admissível o valor obtido pela expressão, multiplicado por 0,85.
- a determinação da condição da integridade da camada de base deve ser feita a partir do módulo de resiliência retroanalisado, podendo ainda ser adaptados os coeficientes de redução da deflexão máxima, com a anuência da fiscalização.

Conhecendo-se a deflexão característica de projeto para cada segmento homogêneo e a deflexão admissível, determina-se a espessura de reforço em concreto asfáltico para cada segmento homogêneo.

De posse dos valores da deflexão característica de projeto, do raio de curvatura e da deflexão admissível, pode-se determinar o critério para cálculo do reforço, se deformabilidade ou resistência, podendo propor a medida corretiva mais adequada do ponto de vista técnico.

- procedimento DNER-PRO 269/94[(2)]

O procedimento DNER-PRO 269/94[(2)] permite considerar explicitamente as propriedades resilientes de solos e materiais que constituem as estruturas de pavimentos no Brasil. O procedimento é fundamentado em modelos de fadiga de misturas betuminosas, no comportamento resiliente típico de solos finos e materiais granulares e no cálculo de tensões e deformações, considerando a teoria da elasticidade não linear. Em virtude da grande variação de suporte estrutural que se observa nos pavimentos, inclusive naqueles bem construídos, usa-se critério estatístico para a interpretação das medidas.

Para a utilização do procedimento DNER-PRO 269/94[(2)],é necessário o conhecimento dos seguintes parâmetros:

- o diagnóstico dos resultados de avaliação funcional e estrutural realizados conforme descrito na Instrução de Projeto de Avaliação Funcional e Estrutural de Pavimento, inclusive já segmentado em segmentos homogêneos. Em referência aos deslocamentos verticais recuperáveis, os valores devem ser corrigidos devido à influência da temperatura, da umidade do subleito e da carga;
- estrutura do pavimento existente e das propriedades geotécnicas dos solos do subleito. Ressalta-se que no ensaio de granulometria deve-se executar ensaio de sedimentação para solos contendo mais de 35% em peso passando na peneira de 0,075 mm de abertura;
- número “N” equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto, utilizando a metodologia da USACE.

Com os dados relacionados acima, procede-se à análise global, para definição de nova segmentação homogênea devido ao diagnóstico associados de todos os parâmetros: avaliação funcional, avaliação estrutural, estrutura do pavimento,

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

propriedades geotécnicas, número "N". Deve ser elaborado por meio de representação gráfica todos os parâmetros analisados para facilitar a visualização e compreensão da nova segmentação homogênea. Definidos os segmentos homogêneos, calcula-se a deflexão característica para cada segmento homogêneo.

Por motivos de ordem construtiva, sempre que possível, deve-se conferir aos segmentos homogêneos extensão mínima da ordem de 200 m. Não devem ser utilizados segmentos homogêneos com extensão superior a 2000 m. No entanto, os resultados das soluções podem apresentar segmentos com extensão superior a 2000 m.

A deflexão admissível é calculada através do conhecimento do número "N" equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto de 10 anos, conforme expressão matemática constante no procedimento DNER-PRO 269/94[(2)].

Se o pavimento for constituído por estrutura flexível, a deflexão admissível deve ser multiplicada por um.

No entanto, para estrutura de pavimento semirrígido com base de solo-cimento ou base de brita tratada com cimento, deve-se analisar a condição de fissuração da camada cimentada:

- se a camada estiver íntegra, adota-se como deflexão admissível o valor obtido pela expressão, multiplicado por 0,5;
- se a camada estiver com fissuração, mas ainda com comportamento de estrutura semirrígida, adota-se como deflexão admissível o valor obtido pela expressão multiplicado por 0,7;
- se a camada estiver totalmente fissurada e deteriorada com comportamento de estrutura flexível, adota-se como deflexão admissível o valor obtido pela expressão, multiplicado por 0,85.
- a determinação da condição da integridade da camada de base deve ser feita a partir do módulo de resiliência retroanalisado, podendo ainda ser adaptados os coeficientes de redução da deflexão máxima, com a anuência da fiscalização.

b) reforço estrutural por meio de aplicação de camada asfáltica sobre revestimento asfáltico existente reciclado

Deve ser empregado o procedimento DNER-PRO 269/94[(2)] para o dimensionamento do reforço estrutural do pavimento contemplando reciclagem do revestimento asfáltico existente.

Para o dimensionamento do reforço do pavimento contemplando a reciclagem, requer-se o conhecimento dos mesmos parâmetros do procedimento convencional de dimensionamento de reforço estrutural do pavimento existente em concreto asfáltico.

A espessura do revestimento existente a ser reciclada e a de reforço complementar devem ser determinadas de acordo com as seguintes etapas:

- cálculo do módulo de resiliência efetivo do revestimento existente, conhecendo-se a deflexão característica de projeto de cada segmento homogêneo, as características resilientes dos solos do subleito e a espessura da camada asfáltica existente;

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

- cálculo da relação modular, relação entre o módulo de resiliência da mistura asfáltica reciclada e o módulo de resiliência efetivo do revestimento existente;
- cálculo da deflexão de projeto característica, após reciclagem;
- cálculo da espessura de reforço em concreto asfáltico.

c) reforço estrutural por meio de aplicação de camada de concreto de cimento *Portland* sobre pavimento flexível ou semirrígido existente – *whitetopping*

Para a elaboração do projeto de restauração de pavimento flexível ou semirrígido com reforço estrutural por meio de aplicação de camada de concreto de cimento *Portland*, procedimento denominado *whitetopping*, devem ser empregados os métodos de dimensionamento de pavimentos rígidos constantes na Instrução de Projeto de Pavimentação do DER/SP, considerando a estrutura existente como camada de sub-base do pavimento rígido a ser implantado.

O uso de camada rígida superposta a pavimento flexível não é prática comum em projetos de reabilitação de pavimento. Existem ocasiões, entretanto, que tal solução se apresenta como estratégia mais viável técnica e economicamente. Essa alternativa de reabilitação é, na maioria das vezes, mais econômica quando da ocorrência de pavimentos flexíveis seriamente danificados ou que estejam propensos a se deteriorar mais rapidamente sob tráfego pesado ou em meio ambiente agressivo. Em tais circunstâncias, executar os reparos profundos necessários e aplicar camada asfáltica nivelante sobre o pavimento existente para sanar as irregularidades da superfície, antes do lançamento do pavimento rígido superposto.

O pavimento superposto é concebido e dimensionado como novo pavimento rígido, no qual o pavimento flexível fará papel de fundação. Em consequência, a análise do dimensionamento consiste em determinar o módulo de reação equivalente e, em seguida, dimensionar a camada superposta como novo pavimento rígido.

A avaliação estrutural do pavimento existente deve ser realizada conforme descrito na Instrução de Projeto de Avaliação Funcional e Estrutural de Pavimento, por meio de medição deflectométrica com a viga *Benkelman* ou *Falling Weight Deflectometer* – FWD. As medidas deflectométricas devem ser correlacionadas com o valor de recalque K de fundação.

A forma ideal de obtenção do coeficiente de recalque k do sistema sub-base e subleito se dá por meio da realização do ensaio de prova de carga sobre placa. O ensaio é caracterizado por identificar pequenos recalques, representados pela curva de tensão *versus* deslocamento. A determinação do coeficiente de recalque para a avaliação do pavimento deve seguir o método de ensaio DNIT 055/2004-ME[(9)]. A frequência de execução do ensaio deve ser definida pela fiscalização de projeto do DER/SP, tendo em vista ser um ensaio bastante demorado.

Também deve ser consultado o manual de w*hitetopping* publicado pelo DNER[(4)].

d) reforço estrutural por meio de aplicação de camada asfáltica sobre pavimento rígido

Para a elaboração de projeto de reabilitação de pavimento rígido com reforço estrutural por aplicação de camada de concreto asfáltico, devem ser empregados os métodos de dimensionamento de pavimentos semirrígido constantes na Instrução de Projeto de

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Pavimentação do DER/SP. Devem-se considerar as placas de concreto de cimento *Portland* existentes como camada de base cimentada do revestimento asfáltico a ser implantado. Devem ser empregados técnica e procedimento adequados para minimizar e retardar o processo de reflexão de trincas provenientes das juntas transversais e longitudinais das placas de concreto de cimento *Portland*. Deve ser determinado o módulo elástico do pavimento rígido deteriorado que irá trabalhar como camada de base cimentada, por meio de correlação com o coeficiente de recalque do sistema, o qual é determinado diretamente por prova de carga estática sobre o pavimento rígido deteriorado.

e) reforço estrutural por meio de aplicação de camada de concreto de cimento *Portland* sobre pavimento rígido

Para a elaboração de projeto de reabilitação de pavimento rígido com reforço estrutural por meio de aplicação de camada de concreto de cimento *Portland*, devem ser empregados os métodos de dimensionamento de pavimentos rígidos constantes na Instrução de Projeto de Pavimentação do DER/SP, considerando as placas de concreto de cimento *Portland* existentes como camada de sub-base cimentada do pavimento rígido a ser implantado.

A reabilitação de pavimento rígido com reforço estrutural em concreto de cimento *Portland* requer, em muitas situações, a execução de camada de reperfilagem em concreto asfáltico.

O projeto de reabilitação de pavimento rígido existente por meio da execução de nova camada de concreto sobre o pavimento rígido existente deve ser complementado com a verificação da estrutura obtida pelos procedimentos convencionais constantes na Instrução de Projeto de Pavimentação do DER/SP.

Anteriormente à execução das novas placas de concreto de cimento *Portland*, devem ser executados os reparos necessários nas placas deterioradas, envolvendo o tratamento e a reconstituição parcial ou total das placas danificadas.

É imprescindível a determinação do coeficiente de recalque k do pavimento rígido existente por meio da realização do ensaio de prova de carga sobre placa. A determinação do coeficiente de recalque para a avaliação do pavimento deve seguir o método de ensaio DNIT 055/2004-ME[9]. A frequência de execução do ensaio deve ser definida pela fiscalização de projeto do DER/SP, tendo em vista ser um ensaio bastante demorado.

5.5.4 Verificação mecanicista

A verificação mecaniscista é realizada por meio da análise de deslocamentos, tensões e deformações geradas na estrutura quando solicitadas por uma carga qualquer, isto é, no caso o tráfego.

No caso de estrutura de pavimentos flexíveis são considerados críticos o deslocamento vertical recuperável máximo na superfície do revestimento asfáltico, a deformação horizontal específica de tração na fibra inferior do revestimento e a deformação vertical de compressão no topo do subleito. O deslocamento vertical recuperável na superfície do revestimento e a deformação horizontal de na fibra inferior da camada de revestimento estão relacionados com

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

a fadiga, e a deformação vertical de compressão no topo do subleito está relacionada com a deformação permanente ou plástica.

No caso de estrutura de pavimento semirrígido são considerados críticos o deslocamento vertical recuperável máximo na superfície do revestimento asfáltico, a deformação horizontal de tração na fibra inferior do revestimento asfáltico, a tensão horizontal de tração na fibra inferior da camada cimentada e a deformação vertical de compressão no topo do subleito.

Para a verificação mecanicista de estruturas de pavimentos podem ser utilizados diversos programas computacionais com métodos de análise de elementos finitos ou métodos das diferenças finitas. Entretanto os cálculos processados por computadores devem vir acompanhados dos documentos justificativos, a seguir discriminados:

- no caso de programas computacionais usualmente comercializados no mercado nacional: identificação do programa computacional; descrição do programa computacional utilizado, definindo os módulos elásticos utilizados, as hipóteses de cálculo utilizadas ou simplificações adotadas, dados de entrada, carregamento e resultados obtidos;
- no caso de programas computacionais de uso particular e exclusivo do projetista: identificação e descrição do programa computacional utilizado, com indicação da formulação teórica, hipóteses de cálculo utilizadas ou simplificações adotadas, dados de entrada, carregamento e resultados obtidos. O software de referência é o Elsym5, de forma que os resultados de processamento não devem ser discrepantes em relação aos determinados por aquele software. Caso isso ocorra, devem ser apresentadas justificativas técnicas coerentes ou recalculados pelo Elsym5.

Os valores de carga e coeficiente de Poisson dos materiais constituintes das camadas da estrutura do pavimento são aqueles indicados no item 5.5.4.1., bem como as equações de fadiga para estruturas de pavimentos flexível e semirrígida no item 5.5.4.2.

Em projetos de reabilitação, a verificação mecanicista deve ser feita em função das espessuras das camadas obtidas nos poços de inspeção e dos módulos resilientes obtidos com a retroanálise do pavimento existente.

Já para placa de concreto de cimento *Portland* devem ser utilizadas na análise mecanicista as equações de fadiga contidas na metodologia da PCA.

Caso a projetista opte pela adoção de outros modelos de fadiga, justificá-los.

5.5.5 Retroanálise das Bacias Deflectométricas do Pavimento Existente

A retroanálise é o procedimento analítico de obtenção dos módulos de elasticidade *in situ* das camadas do pavimento e do subleito, a partir da análise do formato e magnitude das bacias de deflexão obtidas com o ensaio deflectométrico na avaliação estrutural de um determinado pavimento.

Os módulos de elasticidade são obtidos na retroanálise a partir do conhecimento das espessuras das camadas e da deformada da superfície para a condição de solicitação imposta.

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Desse modo, os módulos obtidos representam os módulos de elasticidade das condições em campo.

Em serviços de reabilitação, deve-se obrigatoriamente realizar a retroanálise do pavimento existente a partir das bacias deflectométricas e das espessuras obtidas nos poços de inspeção, a fim de se obter os módulos de elasticidade das camadas que compõem a estrutura do pavimento existente.

Para a retroanálise podem ser utilizados diversos programas computacionais. Entretanto os cálculos processados por computadores devem vir acompanhados dos documentos justificativos, a seguir discriminados:

- no caso de programas computacionais usualmente comercializados no mercado nacional: identificação do programa computacional; descrição do programa computacional utilizado, definindo as hipóteses de cálculo utilizadas ou simplificações adotadas, dados de entrada, carregamento e resultados obtidos;

- no caso de programas computacionais de uso particular e exclusivo do projetista: identificação e descrição do programa computacional utilizado, com indicação da formulação teórica, hipóteses de cálculo utilizadas ou simplificações adotadas, dados de entrada, carregamento e resultados obtidos.

O erro da retroanálise é calculado pelo método da raiz do valor quadrático médio ou RMS (root mean square). O RMS é calculado a partir das diferenças encontradas entre as deflexões calculadas e as deflexões medidas. A equação do RMS é apresentada abaixo.

$$Erro\ (RMS) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{d_{calc} - d_{medido}}{d_{medido}}\right)^2$$

A retroanalise deve apresentar, preferencialmente, erro inferior a 10%. Quando o erro for superior a 10%, e inferior a 15%, deverá ser avaliada a retroanalise e apresentada justificativa.

5.5.5.1 Parâmetros de projeto para a verificação mecanicista

Para a verificação mecanicista da estrutura de pavimento, é necessário o conhecimento dos parâmetros relativos à capacidade de suporte dos solos do subleito e do tráfego previsto para o período de projeto, além das propriedades dos materiais constituintes das camadas da estrutura do pavimento e de modelos de fadiga para estes materiais.

As cargas a serem inseridas na análise mecanicista devem simular o eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN, utilizando quatro pontos de aplicação da carga de 20 kN cada e pressão de contato pneu-pavimento de 0,56 MPa. O eixo simulado deve possuir 32,4 cm de distância entre o centro geométrico de duas rodas e 181,0 cm de distância entre o centro geométrico dos pares de rodas.

Os pontos de análise da estrutura devem ser escolhidos com base na situação mais desfavorável com relação à aplicação da carga, de modo a serem obtidas as situações críticas de deformações, tensões e deslocamentos. Podem ser analisados, a critério da projetista, os

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

pontos localizados nas coordenadas indicadas na Tabela 6, conforme apresenta-se na Figura 3.

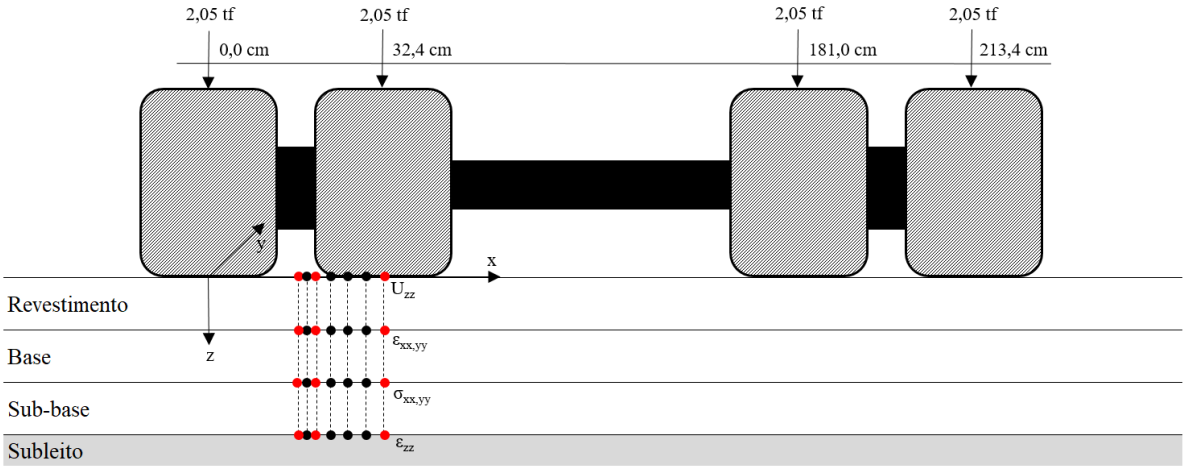


Figura 3 – Indicação dos pontos de análise da estrutura

Tabela 6 – Coordenada dos pontos de análise da estrutura

Ponto	Coordenada em cm (x,0,z)
1	x = 16,20
2	x = 18,23
3	x = 20,25
4	x = 23,29
5	x = 26,33
6	x = 29,36
7	x = 32,40

A análise da estrutura deve ser realizada, no mínimo, nos pontos localizados entre duas rodas, na borda carregada e sob uma das rodas internas do eixo (para x igual a 16,20, 20,25 e 32,40 cm, respectivamente).

Na Tabela 7, apresentam-se alguns valores recomendados para as propriedades dos materiais de pavimentação.

Tabela 7 – Valores Usuais de Coeficiente de *Poisson*

Material	Intervalo de Valores de Coeficiente de *Poisson*	Valor Recomendado de Coeficiente de *Poisson*
Concreto de cimento *Portland*	0,15 – 0,20	0,15
Misturas asfálticas	0,30 – 0,40	0,30
Materiais granulares	0,30 – 0,40	0,35
Solo cimento e solo melhorado com cimento	0,17 – 0,30	0,25

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Material	Intervalo de Valores de Coeficiente de *Poisson*	Valor Recomendado de Coeficiente de *Poisson*
Brita graduada tratada com cimento e Concreto compactado com rolo	0,20 – 0,25	0,20
Reciclado com cimento	0,20 – 0,30	0,25
Reciclado com espuma	0,30 – 0,40	0,35
Materiais estabilizados com cal	0,10 – 0,25	0,20
Solos arenosos	0,20 – 0,40	0,30
Areias compactadas	0,30 – 0,45	0,35
Solos finos	0,30 – 0,50	0,40
Argilas moles saturadas	0,40 – 0,50	0,45

Na Tabela 8, apresentam-se valores recomendados de módulo de resiliência de materiais novos de pavimentação.

Tabela 8 – Valores Usuais de Módulo de Resiliência ou Elasticidade

Material	Intervalos de Valores de Módulo de Resiliência (MPa)
Misturas asfálticas:	
- revestimento (CAP 50-70)	3000 – 6500
- revestimento (CAP 30-45)	2500 – 4500
- revestimento (ligante modificado com polímero)	3500 – 10500
- revestimento (ligante modificado com borracha)	1700 – 6500
- binder (CAP 50-70)	2000 – 3000
- binder (CAP 30-45)	2500 – 4000
- pré-misturado a quente	2000 – 2500
- pré-misturado a frio	1000 – 1400
Materiais granulares:	
- brita graduada sobre camada granular	200 – 380
- brita graduada sobre camada cimentada	350 – 450
- macadame seco	100 – 300
- solo-brita	150 – 350
Materiais estabilizados quimicamente:	
- brita graduada tratada com cimento	7000 – 15000
- reciclado com cimento	4000 – 7000
- reciclado com espuma	800 – 2000
- concreto compactado com rolo	7000 – 29500
Concreto de cimento *Portland*	30000 – 35000
Solos finos em base e sub-base	150 – 300
Solos finos em subleito e reforço do subleito	

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Material	Intervalos de Valores de Módulo de Resiliência (MPa)
- solos de comportamento laterítico LA, LA', LG' - solos de comportamento não laterítico	100 – 200 25 – 75
Solos finos melhorados com cimento para reforço de subleito	200 – 400

Para as misturas de estabilizadas quimicamente, a saber: solo-cimento, solo-brita-cimento, reciclagem com a adição de brita, reciclagem com brita e cimento, emulsão ou asfalto espumado, devem ser apresentados os ensaios de dosagem e módulo de resiliência e indicação da procedência dos materiais utilizados.

5.5.5.2 Modelos de análise para a verificação mecanicista

Para a análise mecanicista de estrutura de pavimento utilizam-se modelos experimentais de fadiga de materiais. Portanto, é necessário que o projetista tenha conhecimento de diversos modelos publicados em literatura técnica, suas vantagens em relação a outros modelos de fadiga e suas limitações.

Para a adoção de expressões matemáticas de fadiga de materiais constituintes da estrutura do pavimento na avaliação da qualidade e do desempenho de determinado pavimento, é necessário compreender como e em quais condições as expressões matemáticas de fadiga foram obtidas.

Para a verificação mecanicista de estruturas de pavimentos são recomendadas as seguintes equações de fadiga referentes aos materiais revestimento de concreto asfáltico, bases ou sub-bases cimentadas e do subleito.

a) superfície do revestimento

Os deslocamentos verticais recuperáveis de um pavimento representam a resposta das camadas estruturais e do subleito à aplicação do carregamento. Quando uma carga é aplicada em um ponto da superfície do pavimento, todas as camadas fletem devido às tensões e às deformações geradas pelo carregamento, sendo que o valor do deslocamento geralmente diminui com a profundidade e com o distanciamento do ponto de aplicação da carga.

Dessa forma, é conveniente verificar o valor do deslocamento vertical recuperável máximo da superfície do pavimento, comparando-o com o valor de projeto obtido pelas expressões matemáticas do DNER-PRO 011/79[(1)] ou DNER-PRO 269/94[(2)], que é função do número "N". Esclareça-se que é comum também denominar o deslocamento vertical recuperável máximo da superfície do pavimento como deflexão.

As expressões matemáticas são do tipo:

$$\log D_{adm} = k - n \times \log N$$

Onde:

N: número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

80 kN acumulado para o período de projeto;

k e *n*: coeficientes determinados por regressões lineares.

Recomenda-se empregar na análise mecanicista a equação cujos parâmetros são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Deslocamento Vertical Recuperável em Função do Número "N" para Pavimentos Flexíveis

Equação	Procedimento	K	n
1	DNER-PRO 011/79	3,01	0,176

Para pavimentos semirrígidos, recomenda-se a utilização da equação abaixo, cujos parâmetros são apresentados na Tabela 10.

$$N = k \times D^n$$

Onde:

N: número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto;

k e *n*: coeficientes determinados por regressões lineares.

Tabela 10 – Deslocamento Vertical Recuperável em Função do Número "N" para Pavimentos Semirrígidos

Equação	Procedimento	Ano	k	n
1	TRRL LR 375	1972	$9{,}314 \times 10^{15}$	-5,6

Deve-se considerar que o número "N" resultante é o obtido pela metodologia da USACE.

b) revestimento de concreto asfáltico

As deformações horizontais de tração, ε_t, nas fibras inferiores das camadas asfálticas, causadas pelos carregamentos na superfície dos pavimentos, podem causar sua ruptura por fadiga se forem excessivas.

Para materiais asfálticos existem dois tipos principais de ensaios: deformação ou tensão controladas. No entanto, qualquer que seja o método de ensaio, vale a seguinte expressão:

$$N = K \times \left(\frac{1}{\varepsilon_t}\right)^n$$

Onde:

N: número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto;

ε_t : deformação específica horizontal na tração;

K e n: coeficientes determinados por regressões lineares, particulares para cada tipo

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

de mistura asfáltica e modificados para refletir o desempenho no campo.

Os ensaios de fadiga apresentam grande dispersão dos resultados, particularmente no que diz respeito às misturas asfálticas, devido não só à inerente heterogeneidade do material, como também às técnicas de ensaio de preparação dos corpos de prova, tipos de ensaios etc.

Dentre as inúmeras equações de fadiga desenvolvidas por pesquisadores em estudos nacionais e internacionais, recomenda-se para a camada de revestimento de concreto asfáltico o emprego da expressão matemática cujos parâmetros são indicados na Tabela 11 para a análise mecanicista.

Tabela 11 – Número "N" em Função da Deformação Específica de Tração ε_t da Fibra Inferior da Camada de Concreto Asfáltico

Equação	Autor	Ano	*K*	*n*
1	FHWA (*Federal Highway Administration*)	1976	$1{,}092 \times 10^{-6}$	3,512

Deve-se considerar que o número "N" resultante é o obtido pela metodologia da AASHTO.

As expressões do *Asphalt Institute* encontradas na literatura, assim como qualquer outra, podem ser empregadas desde que as premissas e parâmetros adotados para a utilização do modelo sejam apresentados e previamente aprovados pelo DER/SP.

c) subleito

A análise é realizada por comparação da máxima deformação específica vertical de compressão, ε_v, atuante no topo do subleito, considerando-se sistema de camadas elásticas, com os valores admissíveis.

O critério de fadiga para deformações verticais de compressão do subleito é idêntico aos modelos adotados para a fadiga de misturas asfálticas e expresso por equação do tipo:

$$N = K \times \left(\frac{1}{\varepsilon_v} \right)^n$$

Onde:

N: número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto;

ε_v: deformação específica horizontal na tração;

K e n: coeficientes determinados por regressões lineares, particulares para cada tipo de mistura asfáltica e modificados para refletir o desempenho no campo.

Dentre as inúmeras equações de fadiga para deformações verticais de compressão do subleito desenvolvidas por pesquisadores em estudos nacionais e internacionais, recomenda-se o emprego na análise mecanicista da expressão matemática cujos parâmetros são indicados na Tabela 12.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela 12 – Número "N" em Função da Deformação Específica de Compressão ε_v do Topo da Camada do Subleito

Equação	Autor	Ano	*K*	*n*
1	Dormon & Metcalf	1965	$6{,}069 \times 10^{-10}$	4,762

Deve-se considerar que o número "N" resultante é o obtido pela metodologia da USACE.

5.6 Controle de Aceitação de Obra

No projeto devem ser especificados os valores limitantes de controle de obra para cada camada do pavimento com relação ao controle deflectométrico e para a camada de rolamento com relação à irregularidade e ao atrito.

Para a camada de rolamento, a execução pode sofrer um ajustamento de preço com base no controle de obra. Ajustamentos de preços para pagamento de 100% ou pagamentos reduzidos aplica-se à seções de pavimentos onde a execução da obra resulta em valores maiores aos valores limitantes indicados em projeto e trabalhos corretivos estejam completos.

5.6.1 Controle Deflectométrico de Execução de Camadas

A execução das camadas do pavimento deve atender às especificações técnicas e às espessuras dimensionadas. Para o controle de compactação e integridade das camadas, deve-se realizar o ensaio deflectométrico com a viga *Benkelman*, conforme a norma DNER-ME 024/94[(11)], a fim de se obter as deflexões máximas no subleito e em cada uma das demais camadas estruturais do pavimento, após o término do processo de compactação. A deflexão na camada de rolamento (final) do pavimento deve ser determinada por meio de equipamento tipo *FWD* (*Falling Weight Deflectometer*), de acordo com a norma DNER-PRO 273/96[(12)].

Esta etapa não deve ser confundida com as avaliações deflectométricas provenientes do monitoramento do pavimento, efetuadas exclusivamente com o equipamento tipo *FWD*.

O projeto deve apresentar obrigatoriamente o controle deflectométrico das camadas do pavimento com viga *Benkelman* e para a camada de revestimento com VB e *FWD*. As medidas de deflexão devem ser efetuadas conforme as especificações técnicas de cada camada.

5.6.2 Controle de Irregularidade

A execução da camada de rolamento deve atender ao controle de irregularidade da camada de rolamento, que deve indicar os valores máximos de irregularidade em função da velocidade de operação da via. No projeto executivo de pavimentação deve ser indicado o valor de IRI máximo a ser obtido para a aceitação do serviço.

Para pavimentos recém construídos, a superfície avaliada deve atender aos limites de *International Roughness Index* (IRI) constantes na Tabela 13, adaptados de Yu *et al.*[(13)].

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela 13 – Limites de IRI em função da velocidade de operação

Qualidade ao Rolamento	Limites de IRI para Diferentes Velocidades (em m/km)				
	120 km/h	100 km/h	80 km/h	70 km/h	60 km/h
Muito boa	< 1,50	< 1,80	< 2,25	< 2,70	< 3,00

5.6.3 Controle de Atrito

Para pavimentos asfálticos, o controle de atrito é condicionado às condições de macrotextura e microtextura da camada de rolamento e deve atender aos limites das respectivas especificações técnicas (ET-DE-P00) dos materiais de revestimento. A macrotextura e a microtextura são quantificados por meio dos índices HS (altura de mancha de areia), VRD (valor de resistência a derrapagem), GN (*Grip Number*) e IFI (*International Friction Index*).

5.7 Análise Técnico-Econômica e Ambiental

O tipo de pavimento a ser escolhido deve ser o que apresente melhor benefício técnico-econômico e gerar menor impacto ambiental.

Para a determinação da melhor solução técnica e econômica, deve-se:

- conhecer os materiais disponíveis na região da obra, que poderão ser utilizados no projeto;
- conhecer as características climáticas da região de implantação da obra, as variações máximas e mínimas de temperatura e os índices pluviométricos médios, que poderão afetar a execução da obra e o desempenho dos materiais ao longo do período de projeto;
- conhecer as características de solicitação do tráfego, bem como o crescimento ou sua variação futura;
- conhecer as características dos solos do local e da região da obra e verificar a necessidade da realização de sondagens e ensaios geotécnicos complementares;
- realizar estudos técnico-econômicos visando o máximo aproveitamento dos materiais disponíveis na área;
- compatibilizar o projeto de pavimento com os diversos projetos envolvidos;
- utilizar materiais e métodos construtivos compatíveis com as características regionais e demais partes da obra.

Para reduzir o impacto ambiental, pode-se:

- reduzir energia consumida e emissões geradas para a produção dos materiais, com a utilização de combustíveis alternativos para os equipamentos e materiais alternativos que exigem temperaturas de execução menores;
- aumentar a porcentagem de uso de material reciclado;
- aumentar a vida útil dos pavimentos, com a melhora no projeto das misturas, uso de misturas asfálticas modificadas, melhor controle de compactação das camadas, etc.;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

- aumentar a eficiência na usina;
- aumentar a qualidade inicial dos materiais de pavimentação;
- usar rejuvenescedores;
- melhorar a qualidade da construção;
- otimizar o uso de materiais reciclados por meio de testes e caracterização;
- processar os materiais *in situ*, que implica em reduções substanciais no consumo de combustível e nas emissões, além de reduções no tráfego e atrasos relacionados.

6 FORMA DE APRESENTAÇÃO

A apresentação dos documentos técnicos do tipo memorial, relatórios e outros elaborados no formato ABNT A-4 deve seguir as instruções descritas na IP-DE-A00/001 de Elaboração e Apresentação de Documentos Técnicos. Os desenhos técnicos devem ser apresentados e elaborados conforme a instrução IP-DE-A00/003 de Elaboração e Apresentação de Desenhos de Projeto em Meio Digital.

A codificação dos documentos técnicos e desenhos deve seguir a instrução IP-DE-A00/002 de Codificação de Documentos Técnicos.

6.1 Projeto Básico

6.1.1 Relatório de Estudo Geotécnico e de Poços de Inspeção

Deve ser apresentado o relatório de estudos geológicos e geotécnicos executados, contendo os resultados das sondagens e ensaios laboratoriais, pesquisas de jazidas pedreiras e areais. Também devem ser apresentados os resultados dos poços de inspeção realizados, mostrando as espessuras e materiais das diversas camadas constituintes da estrutura do pavimento existente, incluindo cadastro fotográfico conforme modelo apresentado no Anexo E.

6.1.2 Relatório de Avaliação Funcional e Estrutural

Devem ser apresentados o relatório de avaliação funcional e estrutural do pavimento existente, com os levantamentos de campo, a divisão em segmentos homogêneos, bem com o diagnóstico dos resultados. Deverão ser apresentadas as planilhas resumo conforme o anexo D, e as fichas conforme a IP-DE-P00/006.

6.1.3 Memorial de Cálculo

Deve conter a descrição dos serviços executados, as alternativas de soluções possíveis de restauração do pavimento e a alternativa selecionada pela projetista, todas acompanhadas de justificativas técnico-econômicas, resumo dos resultados de ensaios laboratoriais, dosagens, de levantamentos de campo e de pesquisas realizadas. A estimativa do tráfego deve ser detalhadamente apresentada, indicando as premissas adotadas, taxas de crescimento empregadas e cálculos realizados. Também deve ser apresentado o memorial de cálculo justificativo das soluções desenvolvidas no projeto, com todos os métodos de dimensionamentos realizados. Deve conter, ainda, cronograma estimado para a restauração

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

do pavimento, planilhas de quantidades com o orçamento da obra. Caso necessário, incluir etapas de procedimento das execuções, no caso de reciclagens.

6.1.4 Desenhos

Devem ser adotadas as seguintes escalas:

- série normal: 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500, 1:25, 1:20;
- série especial: 1:10, 1:5, 1:2, 1:1.

A série especial destina-se à representação de detalhes. Na série normal refere-se a apresentação de plantas de localização e seção- tipo transversal.

O projeto básico deve compreender detalhes gerais da obra, contendo no mínimo:

- plantas de distribuição dos tipos de estruturas de pavimento;
- seções-tipo transversal de pavimento, com todos os detalhes e notas necessárias para a execução adequada dos serviços de pavimentação.

6.1.5 Detalhes Complementares

Devem ser elaboradas planilhas de quantidades e orçamentos de serviços e materiais previstos para a execução da obra. Devem ser respeitadas, sempre que possível, a discriminação e as especificações que constam na Tabela de Preços Unitários – TPU do DER/SP. A TPU vigente deve ser sempre a última publicada anteriormente à entrega do documento final ao DER/SP.

Os serviços previstos que não se enquadrarem naqueles discriminados na TPU devem ser perfeitamente definidos e descritos. Caso necessário, deve ser elaborada Especificação de Serviço para acompanhar o projeto.

Também deve ser apresentado cronograma estimativo para execução da obra.

6.2 Projeto Executivo

É o conjunto de documentos, tais como: memorial descritivo, memorial de cálculo, desenhos, especificações e orçamentos perfeitamente definidos e completos, que tornam possível a perfeita execução da obra.

6.2.1 Relatório de Estudo Geotécnico

Deve ser apresentado o relatório de estudos geológicos e geotécnicos executados na etapa de projeto executivo, complementando o realizado no projeto básico, contendo os resultados das sondagens e ensaios laboratoriais, pesquisas de jazidas pedreiras e areais. Também deve ser apresentado os resultados das poços de inspeções realizadas, mostrando as espessuras e materiais das diversas camadas constituintes da estrutura do pavimento existente.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

6.2.2 Relatório de Avaliação Estrutural

Devem ser apresentados o relatório de avaliação funcional e estrutural do pavimento existente, realizado na etapa de projeto executivo, completando o realizado no projeto básico, com os levantamentos de campo, a divisão em segmentos homogêneos, bem com o diagnóstico dos resultados.

6.2.3 Memorial Descritivo

Devem conter a descrição dos serviços executados e o detalhamento da alternativa selecionada pela projetista, acompanhada de justificativa técnico-econômica, resumo dos resultados de ensaios laboratoriais, dos levantamentos de campo e de pesquisas realizadas. O memorial descritivo deve conter também planilhas de quantidades conforme modelos apresentados no Anexo C. Faz parte também do memorial descritivo, a ficha resumo conforme modelo apresentado no Anexo D, o cronograma estimado para restauração do pavimento e o orçamento dos serviços de pavimentação.

6.2.4 Memorial de Cálculo

De conter a descrição da solução desenvolvida no projeto, com todos os cálculos de dimensionamentos realizados. Deve ser apresentada, também, a verificação mecanicista da estrutura de pavimento dimensionada e proposta para a obra.

6.2.5 Desenhos

Devem ser adotadas as seguintes escalas:

- série normal: 1:1000, 1:500; 1: 250; 1:200; 1:25, 1:20;
- série especial: 1:10, 1:5, 1:2, 1:1.

A série especial destina-se à representação de detalhes. Na série normal refere-se a apresentação de plantas de localização e seção-tipo transversal.

O projeto executivo deve compreender detalhes gerais da obra, contendo no mínimo:

- plantas e perfil de distribuição dos tipos de estruturas de pavimento. No caso de pavimento rígido, deve conter a apresentação da geometria e tipos de juntas;
- detalhes construtivos de encaixes de pavimento, drenos rasos, lajes de transição, juntas longitudinais e transversais de pavimento rígido etc.;
- seções-tipo transversal de pavimento, com todos os detalhes e notas necessárias para a execução adequada dos serviços de pavimentação.

6.2.6 Detalhes Complementares

Devem ser apresentados os detalhes necessários à boa execução da obra e ao fácil entendimento do projeto.

Deve ser apresentado, também, cronograma estimativo para execução da obra.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Na etapa de projeto executivo, com objetivo de auxiliar o controle tecnológico de obra, deve ser apresentada tabela com os valores de deslocamento verticais recuperáveis máximos na superfície de cada camada da estrutura de pavimento nos desenhos de seções-tipo transversais de pavimento.

6.2.7 Planilhas Quantitativas e Orçamentárias

Na elaboração das planilhas de quantidade e orçamento dos serviços e materiais previstos para a execução da obra, deve-se respeitar, sempre que possível, a discriminação e as especificações que constam na Tabela de Preços Unitários – TPU vigente do DER/SP. A TPU vigente deve ser sempre a última publicada anteriormente à entrega do documento final ao DER/SP.

Os serviços previstos que não se enquadrarem naqueles discriminados na TPU devem ser perfeitamente definidos e descritos. Caso necessário, deve ser elaborada Especificação de Serviço para acompanhar o projeto.

Deve ser apresentada planilha com o memorial de quantificação, elaborada de forma de fácil entendimento para posterior verificação das quantidades previstas para a obra. Recomenda-se que as quantidades sejam indicadas por tipo de intervenção e por atividades de serviços previstos na TPU, segmentando por elementos de obra, tais como: revestimento, imprimação asfáltica ligante, imprimação asfáltica impermeabilizante, fresagem, etc., indicando comprimento, largura, espessura, área, volume etc.

As áreas podem ser obtidas dos desenhos utilizando os recursos do programa computacional de elaboração do desenho.

6.2.8 Projetos com Materiais Alternativos

A utilização no projeto de qualquer tipo de material não especificado pelas normas brasileiras ou pelo DER/SP somente será admitida mediante autorização prévia e expressa do DER/SP.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-PRO 011/79** – Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis – Procedimento “B”. Rio de Janeiro, 1979. 16 p.

2 ____. **DNER-PRO 269/94** – Projeto de restauração de pavimentos flexíveis – TECNAPAV. Rio de Janeiro, 1994. 17 p.

3 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT IPR-720 – Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Rio de Janeiro, 2006. 310 p.

4 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de whitetopping**. Rio de Janeiro, 1999. 4 Cap.

5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**. Peças de

MINUTA

concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

6 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 134-ME.** Pavimentação – Solos – Determinação do módulo de resiliência. Rio de Janeiro, 2018.

7 NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos.** Ed. Villibor. São Paulo, 1995.

8 AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Guide for Design of Pavement Structures**. Washington, D.C. 1993. 700 p.

9 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 055/2004 – ME.** Pavimento rígido – Prova de carga estática para determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base em projeto e avaliação de pavimento. Rio de Janeiro, 2004. 6 p.

10 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-PRO 159/85 – Projeto de restauração de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. Rio de Janeiro, 1985. 31 p.

11 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 024/94.** Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

12 ____. **DNER-PRO 273/96.** Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “falling weight deflectometer – FWD”. Rio de Janeiro, 1996.

13 YU J.; CHOU E.Y.J.; YAU J.T. **Development of Speed-Related Ride Quality Thresholds Using International Roughness Index.** Transportation Research Record. 2006;1974(1):47-53. doi:10.1177/0361198106197400106.

_____

/ANEXO A

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

MINUTA

ANEXO A – VALORES DO PERCENTUAL $T_{0,90}$ EM FUNÇÃO DOS VALORES *N-1*

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela A-1 – Valores do Porcentual $t_{0,90}$ em Função dos Valores n-1

n – 1	$t_{0,90}$	n – 1	$t_{0,90}$	n – 1	$t_{0,90}$	n – 1	$t_{0,90}$
1	3,08	11	1,36	21	1,32	40	1,30
2	1,89	12	1,36	22	1,32	60	1,30
3	1,64	13	1,35	23	1,32	120	1,29
4	1,53	14	1,34	24	1,32	∞	1,28
5	1,48	15	1,34	25	1,32		
6	1,44	16	1,34	26	1,32		
7	1,42	17	1,33	27	1,31		
8	1,40	18	1,33	28	1,31		
9	1,38	19	1,33	29	1,31		
10	1,37	20	1,32	30	1,31		

/ANEXO B

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

MINUTA

ANEXO B – EXEMPLOS DE PLANILHAS DE CÁLCULO DE NÚMERO “N”

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO "N" DE SOLICITAÇÕES DO EIXO SIMPLES PADRÃO - USACE E AASHTO

Projeto: _____
Trecho: _____

- Volume Diário Médio Unidirecional =>	1.500
- % de veíc. direcional =>	100%
- % de veíc. com. na faixa solicitada =>	100%
- fator climático regional =>	1,0
- taxas de crescimento tráfego =>	3,0%
- período de projeto (anos) =>	10

Classe	Nº de Eixos				Volume Diário Médio	Freq (%)	FV individual (USACE)		FVi*Freq (USACE)		FV frota	FV individual (AASHTO)		FVi*Freq (AASHTO)		FV frota
	Simples (roda simples)	Simples (roda dupla)	Tandem duplo (roda dupla)	Tandem triplo (roda dupla)			Vazio	CML	Vazio	CML	(USACE)	Vazio	CML	Vazio	CML	(AASHTO)
2C	1	1			690	46,00%	0,151	3,567	0,017	1,231	1,248	0,136	2,722	0,016	0,939	0,955
3C	1		1		510	34,00%	0,097	8,827	0,008	2,251	2,259	0,038	1,970	0,003	0,502	0,506
2S1	1	2			15	1,00%	0,284	6,857	0,001	0,051	0,052	0,256	5,116	0,001	0,038	0,039
2S2	1	1	1		45	3,00%	0,231	12,116	0,002	0,273	0,274	0,158	4,364	0,001	0,098	0,099
2S3	1	1		1	105	7,00%	0,279	12,867	0,005	0,676	0,680	0,156	4,282	0,003	0,225	0,228
3S3	1		1	1	52,5	3,50%	0,225	18,127	0,002	0,476	0,478	0,058	3,530	0,001	0,093	0,093
3D4	1		3		45	3,00%	0,257	25,924	0,002	0,583	0,585	0,082	5,255	0,001	0,118	0,119
3D6	1		4		15	1,00%	0,338	34,473	0,001	0,259	0,259	0,104	6,897	0,000	0,052	0,052
3T6	1		4		22,5	1,50%	0,338	34,473	0,001	0,388	0,389	0,104	6,897	0,000	0,078	0,078
					1.500	100,00%					6,226					2,168

N_{USACE} = 3,91E+07 solicitações do eixo padrão

N_{AASHTO} = 1,36E+07 solicitações do eixo padrão

VDM_0	1.500
VDMt	17196

Condição	%
Vazio	25%
CML	75%

Tipo	Peso (tf)		FEO (USACE)		FEO (AASHTO)	
	Vazio	CML	Vazio	CML	Vazio	CML
ESRS	3	6,0	0,017	0,278	0,016	0,327
ESRD	5	10,0	0,134	3,289	0,120	2,394
ETD	6	17,0	0,080	8,549	0,022	1,642
ETT	9	25,5	0,128	9,300	0,019	1,560

Figura B-1 – Modelo de Planilha de Determinação do Número "N"– USACE e AASHTO

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Projeto: _____
Trecho: _____

- Volume Médio Diário Bidirecional
- % de distribuição direcional =>
- % de veículos comerciais na faixa solicitada =>
- fator climático regional =>
- taxa de crescimento anual =>

D	50%
Fp	100%
FR	1
Tca	2%

Ano	VDM - Veículos Comerciais										
	2C	3C	3CD	2S1	2S2	2S3	3S3	3D4	3D6	Ônibus 2C	Ônibus 3CB
1	264	254	109	0	29	62	2	0	0	66	2
2	269	259	111	0	30	63	2	0	0	67	2
3	275	264	113	0	30	65	2	0	0	69	2
4	280	270	116	0	31	66	2	0	0	70	2
5	286	275	118	0	31	67	2	0	0	71	2
6	291	280	120	0	32	68	2	0	0	73	2
7	297	286	123	0	33	70	2	0	0	74	2
8	303	292	125	0	33	71	2	0	0	76	2
9	309	298	128	0	34	73	2	0	0	77	2
10	316	304	130	0	35	74	2	0	0	79	2
11	322	310	133	0	35	76	2	0	0	80	2
12	328	316	136	0	36	77	2	0	0	82	2
13	335	322	138	0	37	79	3	0	0	84	3
14	342	329	141	0	38	80	3	0	0	85	3
15	348	335	144	0	38	82	3	0	0	87	3
16	355	342	147	0	39	83	3	0	0	89	3
17	362	349	150	0	40	85	3	0	0	91	3
18	370	356	153	0	41	87	3	0	0	92	3
19	377	363	156	0	41	89	3	0	0	94	3
20	385	370	159	0	42	90	3	0	0	96	3
Total Anual Acumulado na Faixa de Projeto	1,17E+06	1,13E+06	4,83E+05	0,00E+00	1,29E+05	2,75E+05	8,87E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,93E+05	8,87E+03

Vti = VDM x 365 x D x Fp

Tipo de Eixo	**ESRS**	1,17E+06	1,13E+06	4,83E+05	0,00E+00	1,29E+05	2,75E+05	8,87E+03	0,00E+00	0,00E+00	2,93E+05	8,87E+03
	ESRD	1,17E+06	-	-	0,00E+00	1,29E+05	2,75E+05	-	-	-	2,93E+05	-
	ETD	-	1,13E+06	4,83E+05	-	1,29E+05	-	8,87E+03	0,00E+00	0,00E+00	-	8,87E+03
	ETT	-	-	-	-	-	-	8,87E+03	-	-	-	-

Tipo de Eixo	Carregamento		Distribuição	N° de repetições previstas
	Condição	Carga (t)		
ESRS	Vazio	3,0	10%	349.421
	75% CML	4,5	20%	698.841
	100% CML	6,0	40%	1.397.682
	110% CML	6,6	30%	1.048.262
ESRD	Vazio	5,0	10%	186.683
	75% CML	7,5	20%	373.366
	100% CML	10,0	40%	746.732
	110% CML	11,0	30%	560.049
ETD	Vazio	6,0	10%	175.598
	75% CML	12,8	20%	351.195
	100% CML	17,0	40%	702.389
	110% CML	18,7	30%	526.792
ETT	Vazio	9,0	10%	887
	75% CML	19,1	20%	1.774
	100% CML	25,5	40%	3.548
	110% CML	28,1	30%	2.661

Figura B-2 – Modelo de Planilha de Determinação do Número "N"– PCA

_____

/ANEXO C

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

MINUTA

ANEXO C – MODELOS DE PLANILHAS DE QUANTIDADES DOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

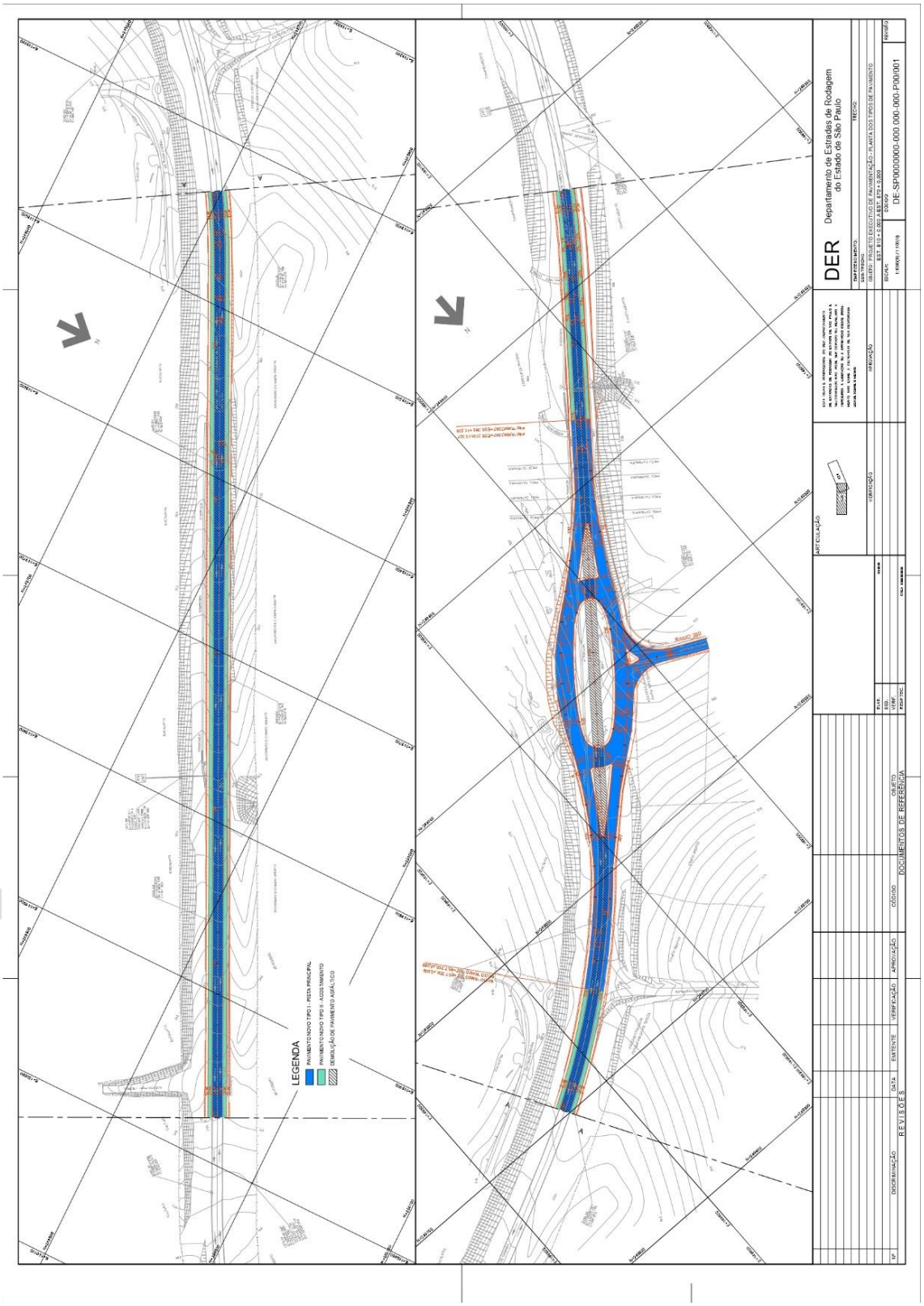


Figura C-1 – Modelo de Planta de Localização de Pavimento

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela C-1 – Modelo de Planilha de Quantidades – Distribuição de Soluções por Estacas

Solução de Projeto	Local	Entre Estacas				Extensão (m)	Largura (m)	Área Total (m^2)
		Inicial		Final				
		Int.	Frac.	Int.	Frac.			
PAVIMENTO NOVO TIPO I - PISTA PRINCIPAL	Pista	810	0,000	844	0,000	680,00	7,00	4.760,00
PAVIMENTO NOVO TIPO II - ACOSTAMENTO	Acostamento - LE	810	0,000	844	0,000	680,00	2,50	1.700,00
PAVIMENTO NOVO TIPO II - ACOSTAMENTO	Acostamento - LD	810	0,000	844	0,000	680,00	2,50	1.700,00
DEMOLIÇÃO DE PAVIMENTO	Pista	810	0,000	844	0,000	680,00	var.	4.930,97
PAVIMENTO NOVO TIPO I - PISTA PRINCIPAL	Dispositivo	844	0,000	862	10,600	370,60	var.	6.635,71
PAVIMENTO NOVO TIPO I - PISTA PRINCIPAL	Pista	862	10,600	870	0,000	149,40	7,00	1.045,80
PAVIMENTO NOVO TIPO II - ACOSTAMENTO	Acostamento - LE	862	10,600	870	0,000	149,40	2,50	373,50
PAVIMENTO NOVO TIPO II - ACOSTAMENTO	Acostamento - LD	862	10,600	870	0,000	149,40	2,50	373,50
DEMOLIÇÃO DE PAVIMENTO	Pista	862	10,600	870	0,000	149,40	var.	1.043,76

Tabela C-2 – Quadro Resumo por Soluções

Solução de Projeto	Local	Área (m^2)	Área Total (m^2)
PAVIMENTO NOVO TIPO I - PISTA PRINCIPAL	Pista	5.805,80	12.441,51
PAVIMENTO NOVO TIPO I - PISTA PRINCIPAL	Dispositivo	6.635,71	
PAVIMENTO NOVO TIPO II - ACOSTAMENTO	Acostamento - LE	2.073,50	4.147,00
PAVIMENTO NOVO TIPO II - ACOSTAMENTO	Acostamento - LD	2.073,50	
DEMOLIÇÃO DE PAVIMENTO	Pista	5.974,73	11.949,46
DEMOLIÇÃO DE PAVIMENTO	Pista	5.974,73	

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela C-3 – Quadro Resumo por Estrutura - PAVIMENTO NOVO TIPO I - PISTA PRINCIPAL

Item	Descrição	Und.	Coef. Sobr.	Área (m²)	Esp. (m)	Quant.
23.08.03.03	CAMADA ROLAMENTO - CBUQ - GRAD.C - COM DOP	m³	1,01	12441,51	0,06	752,89
23.05.02	IMPRIMADURA BETUMINOSA LIGANTE	m²	1,03	12441,51	-	12832,53
23.05.01	IMPRIMADURA BETUMINOSA IMPERMEABILIZANTE	m³	1,03	12441,51	-	12832,53
23.04.03.01	SUB-BASE OU BASE BRITA GRAD. SIMPLES	m³	1,05	12441,51	0,16	2098,71
23.02.02	MELH/PREPARO SUBLEITO - 100% EI	m²	1,08	12441,51	-	13401,28

Tabela C-4 – Quadro Resumo por Estrutura - PAVIMENTO NOVO TIPO II - ACOSTAMENTO

Item	Descrição	Und.	Coef. Sobr.	Área (m²)	Esp. (m)	Quant.
23.06.02	TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO	m³	1,00	4147	0,02	83,27
23.04.03.01	SUB-BASE OU BASE BRITA GRAD. SIMPLES	m²	1,11	4147	0,20	918,98
23.02.02	MELH/PREPARO SUBLEITO - 100% EI	m³	1,15	4147	-	4760,76

Tabela C-5 – Quadro Resumo por Estrutura - DEMOLIÇÃO DE PAVIMENTO

Item	Descrição	Und.	Coef. Sobr.	Área (m²)	Esp. (m)	Quant.
21.05.07	DEMOLICAO PAVIMENTOFLEXIVEL C/TRANSPORT	m3	1,00	11949,46	0,05	597,47
22.02.09	ESPALHAMENTO/REGULARIZACAO/COMPACTACAO DE MATERIAL EM BOTA-FORA.	m3	1,00	11949,46	-	11949,46
21.05.07	DEMOLICAO PAVIMENTOFLEXIVEL C/TRANSPORT	m3	1,00	11949,46	0,05	597,47

Tabela C-6 – Quadro Resumo Geral

Item	Descrição	Unidade	Quantidades
23.08.03.03	CAMADA ROLAMENTO - CBUQ - GRAD.C - COM DOP	m3	752,89
23.05.02	IMPRIMADURA BETUMINOSA LIGANTE	m2	12.832,53
23.05.01	IMPRIMADURA BETUMINOSA IMPERMEABILIZANTE	m2	12.832,53
23.04.03.01	SUB-BASE OU BASE BRITA GRAD. SIMPLES	m3	3.017,68
23.02.02	MELH/PREPARO SUBLEITO - 100% EI	m2	18.162,04
23.06.02	TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO	m3	83,27
21.05.07	DEMOLICAO PAVIMENTOFLEXIVEL C/TRANSPORT	m3	597,47
22.02.09	ESPALHAMENTO/REGULARIZACAO/COMPACTACAO DE MATERIAL EM BOTA-FORA.	m3	11.949,46

/ANEXO D

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

MINUTA

ANEXO D – MODELO DE PLANILHA DE FICHA RESUMO

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

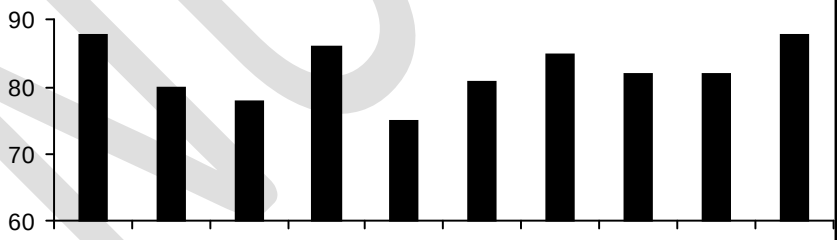
FICHA RESUMO DO PROJETO POR LOTE DE OBRA

RODOVIA: TRECHO: LOTE:
SUBTRECHO: EXTENSÃO: CONSULTORA:

TRÁFEGO	N (USACE):	6,90E+06	N (AASHTO):	2,56E+06

QUILOMETRAGEM		184,1	188,1	188,9	193,5	194,0	194,9	195,9	196,8	197,4	198,3
EXTENSÕES (km)		4,00	0,80	4,64	0,46	0,94	1,00	0,88	0,58	0,86	2,14
ESTAQUEAMENTO		0	200	240	472	495	542	636	665	708	815
PAVIMENTO EXISTENTE	REVEST. ATUAL										
	ESPESSURA										
	MÓDULO DE ELASTICIDADE										
	REVEST. ORIGIN.										
	ESPESSURA										
	MÓDULO DE ELASTICIDADE										
	BASE										
	ESPESSURA										
	MÓDULO DE ELASTICIDADE										
	SUB-BASE										
	ESPESSURA										
	MÓDULO DE ELASTICIDADE										
	REFORÇO DO SUBLEITO										
	ESPESSURA										
	MÓDULO DE ELASTICIDADE										
	ISC SUBLEITO										

DEFLEXÃO CARACTERÍSTICA (0,01 mm)



DEFLEXÕES (0,01 mm)		88	80	78	86	75	81	85	82	82	88
FC2 (%)		11	7	14	15	18	18	12	15	9	19
FC3 (%)		3	5	2	3	2	1	1	3	3	15
FLECHAS (mm)		3	2	3	4	2	2	4	2	2	1
IRI (mm/m)		4,9	3,8	4,2	5,4	4,1	3,8	3,9	3,0	4,2	4,8
IGG		80	43	90	98	112	102	90	89	62	150
SOLUÇÃO PROPOSTA	TIPO	RECAP	RECAP	RECAP	RECAP	RECAP	RECAP	RECAP	RECAP	RECAP	RECAP
	PISTA – CBUQ	6	5	5	5	5	5	5	5	5	6
	PISTA – FRESAGEM+RECOM.										4
	ACOST – CBUQ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	ACOST – BASE SB (60%)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	ACOST – REFORÇO	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	3ª FAIXA – CBUQ							8			
	3ª FAIXA – BASE SB (60%)							15			
	3ª FAIXA – REFORÇO							20			
LEGENDA	CA - CAMADA ASFÁLTICA; SB - SOLO BRITA; SS - SOLO SELECIONADO MÓDULOS DE ELASTICIDADE EM MPa E ESPESSURAS EM cm.										

Figura D-1 – Modelo de Planilha de Ficha Resumo

/ANEXO E

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

MINUTA

ANEXO E – MODELO DE APRESENTAÇÃO DE IMAGENS DAS SONDAGENS EXECUTADAS

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Registro Fotográfico - Cava de Pavimento

CLIENTE:
OBRA: -
DATA: -
FURO: Poço de Inspeção

INÍCIO DA EXECUÇÃO

ABERTURA DE CAVA

REVESTIMENTO

BASE / SUB-BASE

AMOSTRA

CAVA FECHADA

Figura E-1 – Modelo de Apresentação de Imagens das Sondagens Executadas

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.