



FATEC-SP

Faculdade de Tecnologia de São Paulo

Departamento de Transportes e Obras de Terra

THYAGO EDUARDO DE BRITO MATTOS

ETAPAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA RODOVIA

**SÃO PAULO
2014**

THYAGO EDUARDO DE BRITO MATTOS

ETAPAS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA RODOVIA

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Tecnólogo em Construção Civil na Modalidade de Movimento de Terra e Pavimentação.

Orientador: Prof. Odair de Oliveira Rosa

SÃO PAULO
2014

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus, pela força de não desistir mesmo com diversos percalços no caminho, depois aos meus pais, a minha noiva, aos meus irmãos e demais familiares, assim como meus amigos e professores, que me apoiaram nestes três anos de estudos e de aquisição de novos conhecimentos.

Thyago Eduardo de Brito Mattos

AGRADECIMENTO

Ao professor e orientador Odair de Oliveira Rosa, pela amizade e por todos os esforços e orientações fornecidas para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Aos professores Edson de Moura e Rogério Marques Sant'Anna, pois apesar de cada disciplina do curso ter fornecido embasamentos para o desenvolvimento deste trabalho, foram nas disciplinas lecionadas por estes professores que pude entender a importância de cada etapa de implantação de uma via, e como deve ser o relacionamento entre as etapas.

A todos os funcionários desta Instituição de Ensino por disponibilizar toda a estrutura física e burocrática na disposição permanente em ajudar, e particularmente a todos os Professores pela doação de seus conhecimentos, transmitidos de forma competente e esclarecedora.

A todos os colegas do curso, em especial ao Antonio Soares Diniz Junior, Guilherme Correa Barbosa, Thiago Lopes da Rocha e Vitor Oliveira Santos Vizini, pela convivência diária na sala de aula, pela ajuda nas soluções dos problemas apresentados, sejam eles educacionais, profissionais ou pessoais.

Àqueles que, direta ou indiretamente, estiveram envolvidos de alguma forma na contribuição para o desenvolvimento e êxito deste trabalho.

A todos vocês, muito obrigado!

Thyago Eduardo de Brito Mattos

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você, menos o seu conhecimento”.

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho tem por finalidade apresentar as etapas de estudos e levantamentos, projetos e construções, necessárias para a implantação de um empreendimento de Construção Civil. O empreendimento, objeto deste trabalho, situa-se na área de infraestrutura viária e consiste no detalhamento da implantação de uma rodovia. Por meio da análise da história das estradas/rodovias verifica-se que é uma das mais antigas obras civis, construídas as primeiras vias no Egito numa época anterior ao nascimento de Cristo. No Brasil, as primeiras vias são datadas em meados do século XVI. Ao longo dos anos, devido à evolução tecnológica, os processos construtivos das rodovias aperfeiçoaram-se conforme a necessidade da população, de modo que passaram a utilizar melhores e mais seguras técnicas de construção e assim proporcionar melhores condições de conforto, segurança e autonomia aos usuários das vias. Porém, conforme pesquisa realizada em 2012 pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), em análise aos critérios de geometria, pavimentação e sinalização, apenas 37% das rodovias brasileiras são classificadas de ótimo a bom, sem mencionar os diversos erros apontados em qualquer etapa de sua implantação. Este percentual representa 35.654km de rodovias brasileiras sendo que destes 87% são de gestão concedida as concessionárias e 23% são de gestão pública. Por isso, este trabalho apresenta, minuciosamente, a implantação de uma rodovia incluindo as etapas de estudos e levantamentos, projetos e construções (obras) que são desenvolvidos seguindo as legislações, normas, manuais, instruções e especificações técnicas vigentes. Por último, cabe ressaltar que uma rodovia quando corretamente implantada, havendo a integração entre todas as etapas, promove o crescimento social e econômico da região influenciando notavelmente no desenvolvimento urbanístico em seu entorno. Assim sendo, o presente trabalho consiste na apresentação de uma fundamentação teórica para a implantação de uma rodovia.

Palavras-chave: Rodovia. História. Estudos. Levantamentos. Projetos. Construções.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABPv	Associação Brasileira de Pavimentação
a.C.	Antes de Cristo
ADA	Avaliação de Desempenho Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
APP	Áreas de Preservação Permanente
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CFT	Camada Final de Terraplenagem
cm	Centímetros
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
d.C.	Depois de Cristo
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DERSA	Desenvolvimento Rodoviário S.A.
DMT	Distâncias Médias de Transporte
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
DUP	Decreto de Utilidade Pública
EIA	Estudo de Impacto Ambiental

EMPLASA	Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S.A.
EPC	Equipamento de Proteção Coletivo
EPI	Equipamento de Proteção Individual
etc.	<i>Et Cetera</i>
EUA	Estados Unidos da América
FATEC/SP	Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo
FWD	<i>Falling Weight Deflectometer</i>
H:V	Inclinação horizontal e vertical do talude de corte e de aterro
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico
IGG/CESP	Instituto Geográfico e Geológico/Companhia Energética de São Paulo
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
km	Quilômetros
kV	Quilovolt
LB	Linha Base
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
m	Metros
m²	Metros Quadrados
mm	Milímetros
mm²	Milímetros Quadrados
MCT	Miniatura – Compactado – Tropical

N	Número N
n°	Número
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
OAC	Obra de Arte Corrente
OAE	Obra de Arte Especial
”	Polegadas
%	Porcentagem
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PBA	Plano Básico Ambiental
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A.
PMV	Painéis de Mensagens Variáveis
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SGB	Sistema Geográfico Brasileiro
TCRA	Termos de Compromisso de Recuperação Ambiental
TPU	Tabela de Preço Unitário
TR	Termo de Referência
V	Volts
VB	Viga Benkelman
VDM	Volume Diário Médio
VHP	Volume Horário de Projeto
W	Watts

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVO.....	10
1.2	JUSTIFICATIVA	10
1.3	METODOLOGIA	10
2	ESTUDOS E LEVANTAMENTOS	11
2.1	AMBIENTAL.....	11
2.1.1	LICENÇA PRÉVIA	13
2.2	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO E CADASTRO DE INTERFERÊNCIA	13
2.3	ESTUDOS DE TRÁFEGO.....	15
2.4	ESTUDOS DE TRAÇADO FUNCIONAL	16
2.5	ESTUDOS GEOTÉCNICOS E GEOLÓGICOS	18
2.6	ESTUDOS HIDROLÓGICOS, HIDRÁULICOS E CLIMATOLÓGICOS.....	20
3	PROJETOS	22
3.1	AMBIENTAL.....	24
3.2	PROJETO DE GEOMETRIA	24
3.3	PROJETO DE GEOTECNIA/GEOLOGIA.....	27
3.4	PROJETO DE TERRAPLENAGEM	29
3.5	PROJETO DE DRENAGEM.....	31
3.6	PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO.....	33
3.7	PROJETO DE SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	35
3.8	PROJETO DE ILUMINAÇÃO	37
3.9	PROJETO DE PAISAGISMO E CORPO ESTRADAL	38
3.10	PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO.....	40
3.11	LEVANTAMENTO, MEMÓRIA DE CÁLCULO E PLANILHA DE QUANTIDADES.....	42
4	CONSTRUÇÕES.....	44
4.1	AMBIENTAL – FASE INICIAL	45
4.1.1	LICENÇA DE INSTALAÇÃO	45
4.2	DESAPROPRIAÇÃO.....	46
4.3	CANTEIRO DE OBRAS E SERVIÇOS INICIAIS	47
4.4	LOCAÇÕES	48
4.5	OBRAS DE TERRAPLENAGEM	48
4.6	OBRAS DE DRENAGEM.....	50
4.7	OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO	50
4.8	OBRAS DE SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	51
4.9	OBRAS DE ILUMINAÇÃO	52
4.10	OBRAS DE PAISAGISMO.....	53
4.11	FISCALIZAÇÃO (SUPERVISÃO).....	54

4.12 AS BUILT	55
4.13 AMBIENTAL – FASE FINAL.....	56
4.13.1 LICENÇA DE OPERAÇÃO	56
 5 CONCLUSÃO.....	57
 REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

Como dito certa vez pelo 13º Presidente da República Federativa do Brasil, Washington Luís, em seu período de governo 1926-1930, “Governar é povoar, mas, não se povoa sem abrir estradas, e de todas as espécies; Governar é, pois, fazer estradas!”.

A construção de vias é um dos mais antigos empreendimentos da construção civil, sendo item primordial na evolução de diversos povos desde a antiguidade como poderá ser visto a seguir.

Entre as mais antigas estradas pavimentadas, havia vias que não foram implantadas para o uso de veículos a rodas, mas sim para o uso de trenós com a finalidade de transportar cargas para a construção de pirâmides no Egito, entre os anos de 2600-2400 a.C. Essas vias foram construídas com lajões justapostos em base com boa capacidade de suporte (BERNUCCI *et al.*, 2006).

No Oriente Médio, nos anos 600 a.C., a Estrada de Semíramis cruzava o rio Tigre e margeava o Eufrates, entre as cidades da Babilônia e Ecbatana (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Na Ásia Menor, ligando Iônia do Império Grego ao centro do Império Persa, Susa, hoje no Irã, há registro da chamada Estrada Real, nos anos 500 a.C., que era servida de postos de correio, pousadas e até pedágio, possuindo uma extensão de mais de 2.000km (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Na época de Alexandre, o Grande, nos anos 300 a.C., existia a estrada de Susa até Persépolis, passando por um posto de pedágio, as Portas Persas, possibilitando o tráfego de veículos com rodas desde o nível do mar até 1.800m de altitude (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Outra antiga estrada importante é a Estrada da Seda, que era usada nas rotas de comércio importantes da China, Índia, Ásia e também do Ocidente. Sua localização é na região que separa a China da Europa e da Ásia, nas proximidades de desertos, como Taklimakan e Gobi, e de cadeias de montanhas, como Himalaia, Karakorum e Kunlun (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Muitas das estradas da antiguidade, como a de Semíramis, transformaram-se conforme o tempo e sua modernidade em estradas asfaltadas. Mesmo com a existência remota de sistemas de estradas em diversos lugares do mundo, muitas estradas foram construídas para fins religiosos e comerciais, sendo atribuída aos romanos à arte maior do planejamento e da construção viária (BERNUCCI *et al.*, 2006).

As vias romanas tinham principalmente objetivos militares no vasto território do império para o deslocando de tropas de centros estratégicos para as localidades mais

longínquas. Os romanos foram capazes de implantar um sistema viário com elevado nível de critério técnico, portanto, há mais de 2.000 anos os romanos já tinham uma grande malha viária, contando com sistemas de planejamento e manutenção (BERNUCCI *et al.*, 2006).

As estruturas destas vias eram compostas por uma fundação e uma camada de superfície, que variavam de acordo com os materiais disponíveis e a qualidade do terreno natural. Além disso, já havia a preocupação com aterros e drenagem (BERNUCCI *et al.*, 2006).

A Figura 1.1 abaixo apresenta algumas vias produzidas pela civilização romana.



Figura 1.1: Vias romanas
Fonte: BERNUCCI *et al.* (2006)

A mais conhecida entre as vias romanas é a Via Ápia, nomeada com o nome do seu construtor, Appius Claudius, que a criou em 312 a.C. Tinha por finalidade ligar Roma a Cápuia (195km), permitindo ao exército romano chegar rapidamente de um local ao outro. A via passa por pântanos de Pontino por meio de um aterro de 28km construído sobre estrado de pranchas de madeira. Após o sucesso da Via Ápia, foi realizada uma série de outros projetos viários no Império Romano (BERNUCCI *et al.*, 2006).

A Figura 1.2 apresenta a mais conhecida via romana, a Via Ápia, juntamente com o esquemático da estrutura de pavimento utilizada.

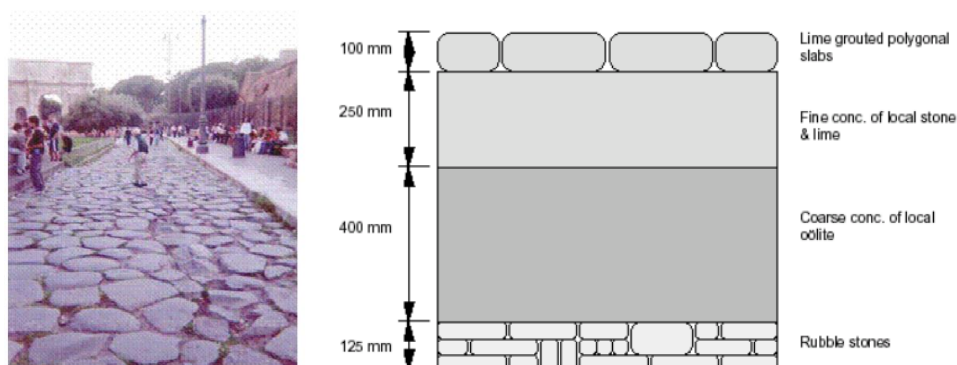


Figura 1.2: Via Ápia em Roma
Fonte: ANDRADE (2005)

Observam-se tanto na Figura 1.1 como na Figura 1.2 que as vias eram pavimentadas com pedras devidamente intervaladas para permitir a circulação dos veículos rodantes e facilitando a drenagem, sendo que as calçadas para pedestres utilizavam a mesma técnica (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Com o início da queda do Império Romano em 476 d.C., por muito tempo, as novas nações europeias fundadas perderam de vista a construção e a conservação das estradas. A França foi a primeira a dar importância a possuir boas estradas, preocupando-se em construir com tecnologia da época novas estradas, além de programas para conserva-las (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Na Inglaterra, os ingleses, observando a forma dos calçados das vias francesas, construíram vias mais cômodas, duráveis e velozes da Europa, sendo importante para o progresso da indústria e comércio do país. Em 1836, Londres já implantava algumas vias construídas com pavimentos asfálticos (PREGO, 2001).

Entretanto alguns anos depois se iniciaram na Inglaterra as construções das primeiras ferrovias, diminuindo então a importância das estradas de rodagem. Nessa mesma época na Filadélfia, nos Estados Unidos da América (EUA), os americanos pavimentaram avenidas e ruas (PREGO, 2001).

Com a Revolução Industrial, em 1858 foi inventado o britador mecânico e em 1859 o rolo compressor com autopropulsão movido a lenha e vapor. Tais equipamentos permitiram o aumento da utilização de brita em estrada de rodagem, diminuindo o custo de produção (PREGO, 2001).

Na América Latina, destacam-se as estradas construídas pelos incas, povo que ocupava a região do Equador, Peru, norte do Chile, oeste da Bolívia e noroeste da Argentina.

Construíram um sistema de estradas de grande extensão, passando por região árida do litoral, florestas e de grandes altitudes. A largura das estradas varia de 1,0m nos caminhos para pedestres e lhamas a 16,0m nas estradas militares. Para evitar problemas com inundações, todas as vias foram construídas acima do nível dos rios (BERNUCCI *et al.*, 2006).

No Brasil, a primeira concepção de estrada tem início em 1560, à época do terceiro governador-geral do Brasil, Mem de Sá. O caminho foi aberto para ligar São Vicente ao Planalto Piratininga. Em 1961, esse caminho foi recuperado, sendo então denominada Estrada do Mar ou Caminho do Mar, permitindo assim o tráfego de veículos. Na Figura 1.3 imagem desta estrada que atualmente também é conhecida como Estrada Velha do Mar.

Em 1789, a mesma passou novamente por recuperação, tendo a pavimentação no trecho da serra feita com lajes de granito, a chamada Calçada de Lorena, ainda hoje em parte preservada. Depois a Estrada do Mar teve parte do seu traçado incorporado para a construção da Estrada da Maioridade, em homenagem à maioridade de D. Pedro II. Em 1920, foi criada a Sociedade Caminho do Mar, responsável pela reconstrução da estrada e estabelecimento de pedágio e, em 1922, o seu trecho mais íngreme foi pavimentado com concreto (BERNUCCI *et al.*, 2006).



Figura 1.3: Estrado do Mar

Fonte: HISTÓRIA DAS RODOVIAS (2004) *apud* BERNUCCI *et al.* (2006)

Outra antiga estrada brasileira é a Estrada Real ou Caminho do Ouro, ver Figura 1.4, que possui dois caminhos, o velho, que liga Ouro Preto (Minas Gerais) a Paraty (Rio de Janeiro), e o mais novo, que segue do Rio de Janeiro a Diamantina (Minas Gerais), também passando por Ouro Preto. O caminho aberto por índios foi calçado para transportar o ouro das minas no século XVIII, melhorado para transportar o café no século XIX, sendo abandonado e esquecido no século XX. Atualmente está sendo reestruturado para ser utilizado como atração turística (BERNUCCI *et al.*, 2006).



Figura 1.4: Resquícios do Caminho do Ouro ou Estrada Real e pavimentação urbana em Paraty, RJ

Fonte: BERNUCCI *et al.* (2006)

Em 1841, D. Pedro II encarregou o engenheiro alemão Júlio Frederico Koeler de construir um caminho de Porto da Estrela (Rio de Janeiro) a Petrópolis. Foi construída então a Estrada Normal da Serra da Estrela, existente até hoje (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Já a Estrada de Rodagem União e Indústria, que liga Petrópolis (Rio de Janeiro) a Juiz de Fora (Minas Gerais), se tornou a primeira rodovia concessionada do Brasil, ver Figura 1.5, foi inaugurada por D. Pedro II em 1860, sendo a primeira estrada brasileira a usar macadame como base/revestimento, pois até o momento eram usadas pedras vindas de Portugal para o calçamento de ruas. Foi construída com uma largura de 7m, leito ensaibrado e compactado, macadame incluindo pedra passando na peneira de 5" de malha quadrada, cuidadosamente drenada, inclusive com valetas de alvenaria, e várias obras de arte. Essa estrada que tem uma extensão de 144km representa um marco na modernização da pavimentação e do país (BERNUCCI *et al.*, 2006).



Figura 1.5: Estrada União e Indústria - foto à época de sua construção

Fonte: CON CER (1997) *apud* BERNUCCI *et al.* (2006)

No período do Império, entre 1822 e 1889, foram poucos os desenvolvimentos nos transportes do Brasil, principalmente o transporte rodoviário. No início do século XX,

havia no país apenas 500km de estradas com tráfego restrito a veículos de tração animal (PREGO, 2001).

No final do século XIX, trazido pela família do aeronauta Santos Dumont, veio da Europa para o Brasil, o primeiro veículo de carga. Em 1903 foram licenciados os primeiros carros particulares e em 1916 foi realizado o I Congresso Nacional de Estradas de Rodagem no Rio de Janeiro (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Em 1928, durante o governo do presidente Washington Luiz, que foi muito importante no desenvolvimento viário no país, foi inaugurada a Rodovia Rio-São Paulo, com 506km de extensão, representando um marco da nova política rodoviária federal. Também em 1928 foi inaugurada pelo presidente a Rio-Petrópolis (BERNUCCI *et al.*, 2006).

No ano de 1937 foi criado o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) pelo presidente Getúlio Vargas, sendo o departamento subordinado ao Ministério de Viação e Obras Públicas (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Em 1942, houve o primeiro contato efetivo de engenheiros brasileiros com engenheiros norte-americanos que construíram pistas de aeroportos e estradas de acesso durante a guerra, época de grande avanço tecnológico na área viária e da pavimentação, utilizando o então recém-criado ensaio *California Bearing Ratio* (CBR) (BERNUCCI *et al.*, 2006).

No Brasil, até hoje, existe a preferência pelo uso de procedimentos, escolha de materiais e de dimensionamento de pavimentos baseados em experiências internacionais, principalmente em normas de organismos rodoviários norte-americanos (CINCERRE *et al.*, 2009).

Até metade da década de 40 do século XX, o Brasil possuía apenas 1.300km de rodovias pavimentadas, uma das menores extensões da América Latina (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Na década de 1950 iniciou-se um programa de melhoria das estradas vicinais, incluindo a abertura e melhoramento de estradas no Nordeste. Em 1956, a indústria automobilística foi implantada no país, em 1958 foi criado o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) e em 1959 a Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv) (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Durante o governo militar, entre 1964 e 1984, entre os projetos de estradas pode-se destacar a Rodovia Transamazônica e a Ponte Rio - Niterói (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Em 1996, iniciou-se o programa de concessões das vias, o que vem trazendo qualidade superior às mesmas se comparadas às vias de gestão pública, devido aos grandes

investimentos financeiros, maior controle de qualidade dos serviços, realização de manutenções constantes, além do uso de tecnologia para produção de vias duráveis e de grande conforto ao rolamento (BERNUCCI *et al.*, 2006).

Em uma pesquisa, realizada em 2012, sobre a malha rodoviária brasileira desenvolvida pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), apontou que 27,8% (22.307km) das rodovias sob-regime de gestões públicas são classificadas, a critério de geometria, pavimentação e sinalização, como Ótimo e Bom, enquanto as rodovias sob-regime de concessão, estes mesmos conceitos apresentavam o valor de 72,2% (58.008km), como pode ser verificado na Tabela 1.1 (CNT, 2012).

Tabela 1.1: Classificação do estado geral – gestões concedida e pública

Estado Geral	Gestão Concedida		Gestão Pública	
	km	%	km	%
Ótimo	6.878	44,7	2.576	3,2
Bom	6.469	42,0	19.731	24,6
Regular	1.772	11,5	30.218	37,6
Ruim	263	1,7	19.149	23,8
Péssimo	10	0,1	8.641	10,8
TOTAL	15.392	100,0	80,315	100,0

Fonte: CNT (2012)

No Brasil, como pode se verificar na Figura 1.6 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), o transporte rodoviário é o mais atualizado, representando mais de 60% entre o uso dentre todos os modais de transporte existentes no país.

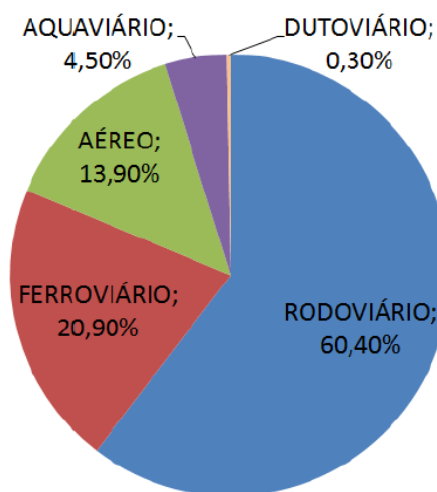


Figura 1.6: Resumo dos modais de transporte no Brasil

Fonte: ANTT (2005) *apud* BATEZINI (2013)

A seguir o mapa do transporte rodoviário brasileiro, onde pode ser verificado que o sistema atinge todos os estados do país, entretanto as rodovias estão concentradas no Sudeste, principalmente em São Paulo.



Figura 1.7: Mapa do transporte rodoviário do Brasil
Fonte: MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2014)

A criação e manutenção destas rodovias são fundamentais para elevar os níveis desejáveis de desempenho da rodovia perante aos usuários, garantindo conforto e segurança, além, de diminuir o tempo e o custo das viagens (CNT, 2012).

Embora fundamental o investimento em infraestrutura rodoviária se encontra bem aquém das necessidades do país. Geralmente as melhorias na infraestrutura são viabilizadas por meio de fontes específicas de financiamento e no Brasil o financiamento da infraestrutura rodoviária se dá por meio dos recursos públicos. A falta de investimento em infraestrutura acarreta um número crescente de acidentes, desperdício de carga e gasto elevado com manutenção e combustíveis. Esta falta de recursos financeiros associada à necessidade de implantação rápida e em grande escala de rodovias com seus pavimentos rodoviários e urbanos levou à busca de novas alternativas visando a uma considerável redução nos custos dos pavimentos (BERNUCCI *et al.*, 2006; CINCERRE *et al.*, 2009).

Segundo o site Ministério do Planejamento (2014a), foi criado em 2007, durante o segundo mandato do presidente Lula, entre 2007 e 2010, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) que promoveu a retomada do planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética do país, contribuindo para o seu

desenvolvimento acelerado e sustentável. Durante o governo da atual presidenta do Brasil, Dilma Rousseff, iniciou-se a segunda fase do programa denominado PAC2, apresentando no site do programa o seguinte plano para a área de transporte rodoviário:

Expansão do sistema rodoviário brasileiro, sua manutenção, segurança rodoviária, estudos e projetos. A expansão do sistema prevê obras em duplicação, pavimentação, acesso a portos, contornos e travessias urbanas, para a eliminação de pontos de estrangulamento em eixos estratégicos, além do desenvolvimento de novas regiões, ampliação da integração física nacional aos países vizinhos e redução do custo do transporte. A melhoria da qualidade e tráfego nas rodovias, para reduzir o índice de acidentes, a garantia de carteira de projetos para investimentos no setor com previsão de integração a outros modais (ferrovias e hidrovias) e concessão de rodovias com grande volume de tráfego também são objetivos desse setor do eixo Transportes (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2014b).

O transporte rodoviário é realizado sobre rodas nas vias de rodagem pavimentadas ou não, para transporte de mercadorias e pessoas, sendo na maioria das vezes realizados por veículos automotores, mas pode haver outros tipos de veículos como os movidos a tração animal (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2014).

Conforme o Ministério dos Transportes (2014), as características do transporte rodoviário de carga no Brasil são:

- a) possui a maior representatividade entre os modais existentes;
- b) adequado para curtas e médias distâncias;
- c) baixo custo inicial de implantação;
- d) alto custo de manutenção;
- e) muito poluente com forte impacto ambiental;
- f) segurança no transporte comprometida devido à existência de roubos;
- g) serviço de entrega porta a porta;
- h) maior flexibilidade com grande extensão da malha;
- i) transporte com velocidade moderada;
- j) os custos se tornam altos para grandes distâncias;
- k) tempo de entrega confiável;
- l) baixa capacidade de carga com limitação de volume e peso;
- m) e integra todos os estados brasileiros.

Assim sendo, para a implantação de uma rodovia, parte integrante do transporte rodoviário, existe um ciclo de seis etapas, são elas: estudos, planejamento, projetos, construção; operação; e manutenção, como pode ser verificada na Figura 1.8. Neste trabalho serão detalhadas as etapas de estudos, projetos e construção.



Figura 1.8: Ciclo de desenvolvimento de uma rodovia
Fonte: BATEZINI (2013)

1.1 OBJETIVO

A realização desta monografia tem por objetivo apresentar as etapas necessárias para implantação de uma rodovia, desde os estudos iniciais do local de implantação, a elaboração dos projetos até a construção da rodovia.

1.2 JUSTIFICATIVA

A realização desta monografia justifica-se a partir da grande importância que uma via, neste caso uma rodovia, quando bem estudada, projetada e construída, seguindo os conjuntos de diretrizes e legislações vigentes, e havendo a correta ligação entre cada etapa, são itens primordiais para promover conforto, segurança e autonomia aos usuários, além de garantir o desenvolvimento da região da implantação do empreendimento.

1.3 METODOLOGIA

Para uma melhor compreensão do estudo a ser desenvolvido e buscando atingir o objetivo proposto, a realização desta monografia foi baseada em livros, normas, artigos técnicos, monografia, apostilas de disciplinas, documentos fornecidos por órgãos públicos e sites. Todos relacionados à infraestrutura de transporte, em especial o rodoviário.

2 ESTUDOS E LEVANTAMENTOS

Anteriormente a etapa de estudos e levantamentos, tema deste capítulo, temos a etapa de planejamento, que quase sempre é desenvolvida anteriormente pelos órgãos contratantes, como, por exemplo, o Departamento de Estradas de Rodagem (DER), Desenvolvimento Rodoviário (DERSA), Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), entre outros órgãos. Nesta etapa são verificados e definidos os motivos para a execução do empreendimento devido a uma demanda atual e/ou prevista, e assim, ter uma prévia para determinar o que fazer, quando fazer, como fazer, quanto gastar e quem atingir (BATEZINI, 2013).

A primeira etapa para a implantação de uma rodovia, das três etapas abordadas neste trabalho, é a de Estudos e Levantamentos onde há a realização dos estudos e levantamentos do local da região de implantação e consiste na coleta de dados sobre a região, tais como caracterização do tráfego local, do escoamento da produção agrícola, presença de caminhos de circulação e os tipos de ocupação do solo presentes (DER/SP, 2006e).

São definidas alternativas de traçado que considerem, ainda que superficialmente, sua inserção na região e suas possíveis interferências com as propriedades existentes, buscando minimizar as desapropriações, além de procurar evitar danos ambientais (DER/SP, 2006e).

Os estudos podem ser realizados conforme levantamentos topográficos, georreferenciados e/ou aerofotogramétricos do local de implantação.

A realização dos serviços de estudos e levantamentos devem seguir rigorosamente as normas, instruções de serviços e projetos e manuais vigentes no país, estado e/ou município conforme localização da via.

A seguir serão abordados, conforme ordem de execução, os estudos e levantamentos detalhando-se a forma como são realizados. Eles têm a finalidade de fornecer dados para o início da próxima etapa da implantação da rodovia, ou seja, a etapa de elaboração dos projetos.

2.1 AMBIENTAL

As estradas ou rodovias são vias de locomoção que fazem parte do sistema de transporte rodoviário, que é o sistema que mais causa impacto negativo para o meio ambiente. Portanto, a primeira etapa de implantação do empreendimento é a realização dos estudos ambientais da região afetada e posteriormente a solicitação do licenciamento ambiental.

A implantação de uma rodovia causa ação direta nos sistemas sociais e ambientais locais sendo que muitas vezes ocorrem de forma não linear, irreversível e de difícil mensuração, tornando a via como parte permanente da paisagem local interagindo diretamente com o meio ambiente ao seu redor (DER/SP, 2012).

Assim sendo, todas as atividades que geram impactos negativos ao meio ambiente devem ser identificadas e analisadas, de modo a definir medidas preventivas e mitigadoras, proporcionando equilíbrio do sistema ambiental (DER/SP, 2012).

Os aspectos ambientais devem ser analisados em todas as etapas da implantação de uma rodovia: planejamento, projeto, construção, operação e conservação, de modo a evitar mudanças significativas no contexto ambiental em que o empreendimento será inserido (DER/SP, 2012).

Na fase de planejamento de uma rodovia deve ser realizado o diagnóstico ambiental preliminar das áreas que sofreram intervenção, com a finalidade de identificar e compreender a inter-relação entre os diversos componentes dos meios físico, biótico e socioeconômico e a dinâmica dos processos de transformação procurando, referente aos impactos negativos, adotar medidas destinadas a evitá-los, contorná-los e/ou minimizá-los; sendo que quanto mais cedo forem identificados e analisados melhores serão os resultados obtidos (DER/SP, 2012).

A caracterização e análise ambiental preliminar para a implantação do empreendimento têm como função identificar as interferências ambientais que irão ocorrer. No desenvolvimento da análise ambiental preliminar ocorre a identificação de passivos ambientais; o levantamento da vegetação a ser suprimida; a determinação de interferência com corpos d'água e em região de Áreas de Preservação Permanente (APP); a verificação de sistemas de drenagem e infraestrutura existentes na área de influência da rodovia; a previsão de materiais utilizados durante as obras, etc (DER/SP, 2012).

Com todo o material do estudo ambiental, o documento é solicitado junto ao órgão responsável o licenciamento ambiental (DER/SP, 2012).

O licenciamento ambiental pode ser definido como o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades que utilizam de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (DER/SP, 2012).

Há muitos órgãos envolvidos no processo de licenciamento ambiental sendo responsáveis por licenciar, fiscalizar, auditar e monitorar obras ou atividades (DER/SP, 2012).

No Estado de São Paulo, o licenciamento ambiental está sob a responsabilidade da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (DER/SP, 2012).

O licenciamento ambiental é dividido em três fases: Licença Prévia (LP); Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO).

Neste momento será abordado apenas a Licença Prévia que está dentro da etapa de planejamento.

2.1.1 Licença Prévia

Representa a primeira etapa do processo de licenciamento ambiental e deve ser solicitada ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) juntamente a outros órgãos ambientais competentes durante a fase de planejamento da implantação, alteração ou ampliação do empreendimento (ENERGIA SUSTENTÁVEL DO BRASIL, 2010).

Durante esta etapa, deve-se apresentar a proposta do Termo de Referência (TR) ao órgão licenciador para elaboração dos estudos ambientais. Estando o TR concluído e aprovado, elabora-se o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Após a apresentação do EIA/RIMA ao órgão ambiental, com a respectiva aprovação do empreendimento e realização de audiência pública, é emitida a Licença Prévia (ENERGIA SUSTENTÁVEL DO BRASIL, 2010).

Esta licença é concedida na fase de planejamento do empreendimento aprovando a localização e a concepção do empreendimento, fixando as condições para sua viabilidade ambiental e definindo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos no Plano Básico Ambiental e no Programa de Controle Ambiental do empreendimento para as fases de implantação e operação (DER/SP, 2012).

2.2 *LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO E CADASTRO DE INTERFERÊNCIA*

Em posse da licença prévia, poderá se dar início aos serviços de estudos e levantamentos. O primeiro serviço será o de reconhecimento do local da implantação do empreendimento por meio do levantamento topográfico e do cadastro de interferências.

Os estudos topográficos possuem por finalidade efetuar o levantamento de uma faixa ao longo da qual vai se desenvolver o projeto da estrada (DER/SP, 2012).

O levantamento topográfico busca a representação planialtimétrica do terreno cujos limites, off-sets e áreas das interseções e acessos, estimados em projetos funcionais anteriores, ofereçam os elementos básicos para a elaboração dos projetos geométricos, posteriormente para suas locações e, por último, para sua manutenção, nos mesmos padrões (DER/SP, 2006c).

O levantamento topográfico é o conjunto de métodos e processos que por medições de ângulos e distâncias horizontais e verticais, relacionam os pontos previamente escolhidos ao longo de um terreno aos pontos definidores de seus acidentes planialtimétricos, naturais e artificiais de seu relevo, isso ocorre por meio da utilização dos pontos de apoio (DER/SP, 2006c).

Os pontos de apoio são pontos planimétricos e referências de nível implantadas e materializadas no terreno, que pode existir tanto nas proximidades como dentro da faixa a levantar, e que possibilita, por possuírem coordenadas conhecidas, estabelecer no terreno levantado o sistema de projeção e possibilitar sua representação gráfica (DER/SP, 2006c).

Para a representação do terreno em áreas urbanizadas a escala de representação deve ser 1:500 e, nas áreas com menor densidade de detalhes planimétricos 1:1000 ou até 1:2000. A representação topológica do relevo é obtida por intermédio de curvas de nível equidistantes de 1 metro (DER/SP, 2006c).

No levantamento da área, os pontos planimétricos e altimétricos devem ser hierarquizados, sendo pertencentes às poligonais básicas, secundárias e auxiliares, todas conectadas ao sistema referencial Sistema Geográfico Brasileiro (SGB) (DER/SP, 2006c).

No levantamento de detalhes, é necessária a determinação da poligonal, pois serve de base à determinação da planimetria e da altimetria dos pontos de detalhes. Por meio destes detalhes pode-se representar topograficamente a área em seu aspecto geral e com as representações dos acidentes naturais e artificiais presentes, como, por exemplo, córregos, cercas, vales, estradas, caminhos, postes, edificações, árvores isoladas e outros julgados importantes (DER/SP, 2006c).

Dependo da necessidade do projeto podem-se realizar levantamentos complementares como: locação e nivelamento geométrico de sondagens; levantamento e nivelamento geométrico de vias existentes; levantamento e amarração de interferências aéreas; cadastro de redes de águas pluviais e redes de esgotos; levantamento de seções batimétricas; entre outros (DER/SP, 2006c).

O cadastramento de interferências deve-se inicialmente ser realizado à consulta de mapas, plantas e fotos aéreas, complementada por visita a campo, verificando tanto as

interferências de grande porte, como, por exemplo, instalações de armazenamento da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), como as interferências de menor porte (DER/SP, 2005h).

Para informações mais detalhadas deve-se recorrer aos órgãos e concessionárias responsáveis pelas informações, tais como companhias de saneamento e abastecimento, empresas privadas ou mesmo prefeituras locais, que mantêm os cadastros (DER/SP, 2005h).

Sempre que possível, com o auxílio do levantamento topográfico, deve-se ser aferido se os cadastros são fieis a disposição no campo (DER/SP, 2005h).

Com base em todas essas informações e documentos obtidos deve-se elaborar o cadastro unificado de interferências fornecendo subsídios para a escolha dentre as possíveis alternativas de traçado (DER/SP, 2005h).

Após o levantamento topográfico e o cadastramento das interferências identificam-se os espaços livres pré-existentes no local para a locação da faixa de domínio da rodovia a ser implantada. Toda interferência que se encontra dentro da faixa de domínio determinada em projeto deve ser retirada ou remanejada ou desapropriada (DER/SP, 2006e).

Em suma, todos os dados levantados nos estudos de topografia deverão permitir a representação do relevo da faixa, bem como todas as interferências como construções, cercas, plantações, cursos d'água, estradas e caminhos, linhas de transmissão, adutoras, matas, entre outros detalhes, nela existentes (DER/SP, 2012).

2.3 ESTUDOS DE TRÁFEGO

Com a finalização da topografia pode-se definir os pontos no qual se devem executar os estudos de tráfego.

A finalidade da realização dos estudos de tráfego é determinar, através de métodos de coleta, dados relativos aos cinco elementos fundamentais do tráfego (motorista, pedestre, veículo, via e meio ambiente) e seu inter-relacionamento (DNIT, 2006).

Antes de iniciar os projetos da estrada devem-se realizar os estudos de tráfego para determinar o tipo de tráfego, determinando o volume de tráfego (número de veículos que passam na via por dia), a composição do tráfego (porcentagem de veículos pesados de carga (caminhões e ônibus) e veículos leves de passeio (automóveis e utilitários)), as velocidades, pesos e dimensões dos veículos, entre outros dados (DNIT, 2006; DER/SP, 2012).

No estudo de tráfego também são definidos: a capacidade do tráfego que consiste no número máximo de veículos esperado que passe por um determinado trecho de uma faixa ou pista durante um período de tempo determinado; o Volume Horário de Projeto (VHP) que é o volume de tráfego com base no qual é dimensionado o número de faixas de tráfego da via;

o Volume Diário Médio (VDM) que representa o número médio de veículos que percorre uma seção ou trecho de uma rodovia, por dia, durante certo período de tempo, geralmente representa o valor em um ano, sendo utilizado para determinar o Número N que é essencial para o desenvolvimento do projeto de pavimentação (DER/SP, 2005i).

Entre os estudos de tráfegos, podem-se citar as contagens de tráfegos e as pesquisas de origem e destino e de velocidade (DER/SP, 2012).

Os dados do tráfego são determinados levando em conta a vida útil da estrada, assim sendo não se baseiam apenas no presente, mas também no futuro da via, levando-se em conta, por exemplo, o crescimento do tráfego e o desenvolvimento populacional e econômico das regiões no entorno da estrada (DER/SP, 2012).

Os estudos permitem a determinação quantitativa da capacidade das vias e, em consequência, o estabelecimento dos meios construtivos necessários à melhoria da circulação ou das características do projeto. A determinação dos veículos pesados são os que mais influenciam no projeto de uma estrada tanto nas características geométricas quanto nas características físicas. Por este motivo que os caminhões e os ônibus nas contagens são classificados pelo tipo e quantidade de eixos (DNIT, 2006; DER/SP, 2012).

Em suma, esses estudos fornecem informações imprescindíveis para o desenvolvimento dos projetos da estrada, como: a determinação da capacidade da via do veículo tipo para o projeto de geometria, geralmente o veículo mais pesado e de maiores dimensões que utilizam da via; a velocidade diretriz para o projeto de geometria e de sinalização; maior velocidade para percorrer o trecho com segurança; determinação do número equivalente, número N, para o dimensionamento da estrutura da via para o projeto de pavimentação; entre outros (DNIT, 2006).

2.4 ESTUDOS DE TRAÇADO FUNCIONAL

Com o levantamento topográfico na forma digital e os resultados do estudo de tráfego, dá-se início aos estudos de traçado que serão realizados sobre o levantamento topográfico levando-se em consideração as condições do relevo e tráfego local.

Os estudos de traçado deverão ser realizados em duas etapas distintas: estudos preliminares e estudos funcionais (DER/SP, 2012).

Nos estudos preliminares para implantação da estrada deve-se realizar a coleta e compilação de dados utilizando-se cartografias digitais, tais como do Google Earth e/ou utilização das cartas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S.A. (EMPLASA) devendo realizar uma

análise dos dados cadastrais, por meio de comparação entre essas cartas e a real situação no campo; definir possíveis diretrizes; estabelecer critérios, elementos de controle e parâmetros de projeto, elaborar alternativas; estimar os custos; e realizar a avaliação preliminar comparativa (DER/SP, 2012; DER/SP, 2005a).

Na fase de estudos funcionais, devem-se estudar os esquemas operacionais da alternativa de traçado selecionada na fase anterior sobre as plantas e dados cartográficos e fotos de restituições, sendo que normalmente são desenvolvidas e analisadas três ou mais alternativas de traçados definindo a mais adequada. Na criação destes traçados também são usadas informações sobre o uso do solo e dados básicos sobre o tráfego, as chuvas e a geologia da região na qual se desenvolverá a estrada. A compatibilização do trecho estudado com o sistema viário local, acessos a propriedades e retornos devem ser resolvidos nesta etapa (DER/SP, 2012; DER/SP, 2005a).

Para o estudo funcional devem-se levar em consideração os possíveis impactos ambientais, desapropriações de terrenos e edificações, deslocamento de populações, entre outros temas, sendo que a escolha do traçado da via em implantação é a principal forma de redução destes efeitos (DER/SP, 2005a).

Nos impactos ambientais os pontos mais vulneráveis são: nascentes, rios e corpos d'água em geral, várzeas, áreas úmidas e áreas que são protegidas pelo código florestal como, por exemplo, topos de morros, áreas com altas declividades, entre outras. Outro fator importante a ser verificado são as áreas cobertas por vegetação primária ou secundária, preconizados pela legislação vigente, os ecossistemas terrestres, aquáticos e de transição, as unidades de conservação e outras áreas legalmente protegidas, com ênfase nas APPs, pois nestas áreas existem espécies de fauna e formações protegidas pela legislação ambiental tais como dunas, mangues, áreas de restinga e outras (DER/SP, 2005a).

Com relação aos impactos causados nos assentamentos humanos urbanos ou rurais e suas respectivas infraestruturas, edificações e melhoramentos, deve-se evitar a necessidade de deslocamentos de populações ou a desapropriação de terrenos e edificações e evitar a interferência com as infraestruturas instaladas como, por exemplo, rede elétrica, redes de água e esgoto, redes de transmissão de dados, entre outras redes (DER/SP, 2005a).

Além disso, também há necessidade de cuidados especiais com sítios arqueológicos, bens tombados, mananciais de abastecimento, áreas reservadas para futuros projetos da união, estado, prefeituras, concessionárias, etc. Estas medidas podem ter suas diretrizes estabelecidas como exigências do licenciamento ambiental do empreendimento, na obtenção das licenças prévia e de implantação (DER/SP, 2005a).

O traçado deve evitar áreas com maior vulnerabilidade a riscos geotécnicos ou suscetíveis à geração de processos erosivos, adequar o traçado de modo a criar barreiras físicas entre a via e as áreas urbanas já ocupadas, e sempre que possível, seguir os divisores de água, ou espigões conferindo à estrada uma boa condição de drenagem (DER/SP, 2012; DER/SP, 2005a).

Na etapa do funcional devem-se: propor soluções para fatores topográficos como, por exemplo, travessias de rios; estudar operações que reduzam os cortes e aterros e impactos associados, mediante a utilização de obras de arte como túneis e viadutos; propor soluções para a drenagem compatíveis com o entorno ambiental da obra, como escada d'água; verificar possibilidade de acidentes envolvendo cargas perigosas e, quando necessário, prever estruturas que minimizem os problemas decorrentes destas situações; e propor soluções que minimizem a criação de barreiras físicas à circulação de espécies de fauna silvestre (DER/SP, 2012; DER/SP, 2005a).

A primeira etapa nesta especialidade de projeto corresponde à definição do traçado, e depois da velocidade diretriz do trecho, e estabelecendo-se seus pontos inicial e final (DER/SP, 2012).

A velocidade diretriz é a velocidade relacionada a certas características técnicas, tais como: raios de curvas, superelevação e distância de visibilidade, das quais depende uma operação segura e confortável dos veículos. Por meio da sua adoção determinará o raio mínimo, a superelevação máxima e a rampa máxima a serem utilizados no projeto (DER/SP, 2012).

Com a definição preliminar do traçado e da velocidade diretriz, podem-se solicitar a realização com maior detalhe dos estudos topográficos e, a seguir, os geotécnicos e hidrológicos que permitirão a elaboração do projeto, juntamente com o levantamento do cadastro das redes existentes no local (DER/SP, 2012).

2.5 ESTUDOS GEOTÉCNICOS E GEOLÓGICOS

Com a topografia finalizada e definida a melhor alternativa de traçado, são locados os pontos de sondagem conforme a necessidade de reconhecimento das características do solo local e da verificação do nível do lençol freático. Antes da definição do melhor traçado, podem-se solicitar algumas sondagens para auxiliar na definição.

Os estudos geotécnicos devem ser desenvolvidos em concordância e harmonia com os estudos geológicos (DER/SP, 2006i).

Inicialmente ambos os estudos são desenvolvidos com o intuito de auxiliar na definição das alternativas mais viáveis de traçado e das soluções de engenharia mais adequadas para implantação da via (DER/SP, 2005e).

Os estudos geotécnicos e geológicos indicam a ocorrência de áreas brejosas, afloramentos de rocha, solos moles e colapsíveis, solos de baixa capacidade de suporte, marcas de antigos escorregamentos e quaisquer outros sinais que possam levar à identificação de possíveis problemas geológicos e geotécnicos (DER/SP, 2012; DER/SP, 2005e).

Também deve-se identificar os locais de fornecimento de materiais que poderão eventualmente serem utilizados na construção, como, por exemplo, local de existência de exploração comercial de areia, brita e concreto localizadas na região de interesse, etc, tais como pedreiras, jazidas de pedregulho, areia ou solos arenosos, entre outros. A análise dos materiais disponíveis ao longo e no entorno do traçado deve priorizar o aproveitamento dos materiais existentes (DER/SP, 2012; DER/SP, 2005e; DER/SP, 2006e).

Além disso, servem para determinar áreas consideradas adequadas para deposição de materiais excedentes que devem ser indicadas durante o levantamento e mapeamento de campo, nos relatórios e plantas. Essas áreas somente serão utilizadas na obra se aprovadas pelos estudos ambientais a serem executados junto aos órgãos competentes (DER/SP, 2005e).

Devem ser verificados e analisados dados a respeito da água subterrânea, incluindo a estimativa de valores de permeabilidade dos solos e maciços e o nível do lençol freático (DER/SP, 2005e).

Por meio destas identificações pode-se estimar o comportamento geológico e geotécnico na execução das obras de engenharia (DER/SP, 2005e).

Para a realização destes estudos deve-se utilizar de dados apresentados em mapeamentos existentes, cartas topográficas, mapas pedológicos, geomorfológicos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, sismológicos, relatórios anteriores, documentos de avaliação de impactos ambientais, entre outras fontes. Estes documentos são obtidos em universidades, institutos de pesquisas, e órgãos governamentais, como, por exemplo, a EMPLASA e o IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico) (DER/SP, 2006i; DER/SP, 2005e).

Para informações mais precisas pode-se utilizar de pesquisas em projetos executados na região, como também efetuar investigações geotécnicas localizadas e específicas, com a execução de sondagens e de ensaios laboratoriais (DER/SP, 2005e).

Como ensaios geológicos e geotécnicos executados, pode-se citar o ensaio granulométrico, de compactação, de índices físicos, de suporte tipo CBR e análise visual das amostras (DER/SP, 2006e).

Por meio dos estudos geotécnicos, são determinados valores de parâmetros para cálculos e a aplicação de modelos representativos de problemas de obras geotécnicas, em implantação de rodovias. Tais valores são utilizados em: subleito para pavimentação; empréstimo de solo; fundação de Obra de Arte Especial (OAE); fundação de Obra de Arte Corrente (OAC); aterro sobre solo mole; aterro em encosta íngreme; talude de corte; muro de arrimo; contenções de talude e encostas (DER/SP, 2006i).

Os estudos geológicos contribuem na otimização do traçado e das soluções de implantação e definição de: taludes de cortes e aterros; proteção superficial; métodos de escavação a serem utilizados, equipamentos e plano de fogo; necessidade e dimensionamento das obras de contenção; drenagem superficial e subterrânea; fundação de aterros e obras de arte; túneis, sua localização, tipos de emboques e sistemas de contenção necessários, geometria da escavação, sistemas de revestimento e tratamento dos maciços; origem e distribuição dos materiais de construção; caracterização tecnológica dos materiais de construção (DER/SP, 2005e).

Após a finalização dos estudos geotécnicos e geológicos deve-se executar o mapeamento geológico-geotécnico do campo (DER/SP, 2005e).

Com o auxílio destes estudos é possível ajustar o traçado funcional de maneira a reduzir os custos de implantação da obra, como por exemplo, o desvio de áreas de solos moles, de cortes em rocha, entre outras medidas (DER/SP, 2006i).

2.6 ESTUDOS HIDROLÓGICOS, HIDRÁULICOS E CLIMATOLÓGICOS

Os estudos hidrológicos, hidráulicos e climatológicos também podem ser realizados com a topografia finalizada e definida a melhor alternativa de traçado.

Nos estudos hidrológicos e hidráulicos inicialmente são coletados em campo, informes sobre os níveis máximos de enchentes, e as seções das obras de vazão porventura encontradas (DER/SP, 2012).

Além disso, são pesquisados os dados hidrológicos disponíveis nos órgãos públicos, em especial quanto às chuvas ocorridas ao longo dos últimos anos (DER/SP, 2012).

Para coleta de dados hidro meteorológicos devem ser pesquisados os bancos de dados pluviométricos e fluviométricos do Estado de São Paulo. Pode-se verificar junto ao Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), Agência Nacional de Águas (ANA) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (DER/SP, 2005g).

Devem também ser consultados o banco de dados climatológicos do INMET, o Atlas Climatológico e Ecológico do Estado de São Paulo do Instituto Geográfico e Geológico

/ Companhia Energética de São Paulo (IGG/CESP), e outras entidades que operem na área de interesse do projeto (DER/SP, 2005g).

O regime climático regional deve ser caracterizado a partir da variação sazonal, mês a mês, dos seguintes parâmetros: temperaturas médias, mínimas e máximas; evaporação; insolação; umidade relativa do ar; direção, intensidade e frequência dos ventos predominantes; entre outros fatores (DER/SP, 2005g).

Os estudos hidrológicos devem-se utilizar tanto das obras hidráulicas projetadas como das existentes que foram levantadas no levantamento topográfico. As obras existentes devem ser analisadas criteriosamente, verificando sua atual eficiência, para assim ser incorporadas aos estudos (DER/SP, 2005g).

Por meio de estudos hidrológicos é possível determinar os elementos necessários à elaboração dos projetos de drenagem superficial e, quando da existência, de obras de arte especiais (DER/SP, 2006e).

Nestes estudos são determinados: a chuva de projeto, que é em função de um determinado índice pluviométrico, sendo as chuvas que caem durante um intervalo de tempo, que geralmente é medido em horas ou minutos; a intensidade das chuvas que não é a mesma em todos os anos, devendo recorrer às medições feitas próximo ao local durante vários anos, verificando e determinando a maior intensidade de chuva que ocorreu em um determinado intervalo de tempo; o período de retorno ou recorrência que é o intervalo de tempo em que a chuva de maior intensidade ocorre novamente (DER/SP, 2012).

Além das estimativas de vazões de projeto para os principais dispositivos de drenagem, os estudos hidrológicos devem identificar os níveis d'água elevados, ininterruptamente ou apenas em épocas de chuvas intensas, tendo em vista que estas condições podem comprometer a vida útil da nova via (DER/SP, 2006e).

O estudo hidrológico deve apresentar mapa ou planta, em escala adequada, que destaque a rede hidrográfica abrangida pelo projeto, contendo o traçado da rodovia, cidades, rios, estradas e ferrovias existentes. Nos desenhos de plantas das bacias devem-se apresentar os números das bacias e as áreas de drenagem (DER/SP, 2005g).

As informações referentes à área da bacia e sua conformação podem ser obtidas das plantas cartográficas, aerofotográficas ou aerofotogramétricas existentes em órgãos como o IBGE ou o IGC, ou ainda, serem levantadas no local por meio de topografia (DER/SP, 2012).

3 PROJETOS

A segunda etapa para a implantação de uma rodovia, das três abordadas neste trabalho, é a etapa de elaboração dos projetos.

O desenvolvimento de projetos tem por finalidade garantir o desempenho ao máximo da rodovia, minorar custos e minimizar os impactos ambientais. A etapa de projeto contém as seguintes especialidades: geometria; terraplenagem, pavimentação; drenagem; sinalização; paisagismo; desapropriação; entre outras especialidades (DER/SP, 2012).

Todo o projeto desenvolvido em cada disciplina deve estar dentro da faixa de domínio projetada e/ou existente. Além disso, devem ser elaboradas as quantidades previstas para cada um dos itens de serviço de cada disciplina, podendo assim determinar o orçamento de custo para a implantação das obras da rodovia (DER/SP, 2012).

O projeto de implantação de rodovias divide-se em duas fases: Projeto Básico e Projeto Executivo (DER/SP, 2006e).

a) Fase: Projeto Básico

Inicialmente o projeto básico envolve a coleta e análise de dados. Entre os dados iniciais a serem levantados para o projeto básico estão a ocupação populacional, usos do solo, topografia, interferências, hidrologia e pluviometria do local, estimativa do volume e características do tráfego que utilizará a rodovia, parâmetros geotécnicos do solo local, entre outras informações pertinentes (DER/SP, 2006e).

Utilizando de diversos fatores, como, por exemplo, as condições ambientais, o cadastro das interferências, a definição das áreas de desapropriação, são definidos as soluções de engenharia a serem adotadas no projeto da rodovia, preocupando-se com a capacidade e o conforto do usuário a serem atendidos pela via. Além disso, as alternativas de traçados propostos devem privilegiar o aproveitamento dos caminhos de circulação pré-existent, concentrando-se na regularização da geometria, minimizar áreas de corte e aterro e na melhoria nas condições de drenagem (DER/SP, 2006e).

A seguir as atividades a serem desenvolvidas na fase do projeto básico:

- a) estudos e levantamentos preliminares;
- b) projeto básico da rodovia;
- c) projetos básicos complementares;
- d) elementos finais (DER/SP, 2006e).

O produto final desta fase deve, conforme Lei nº 8.666/93 (BRASIL, 1993), compor o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra, serviço, ou complexo de obras ou serviços. Deve ser elaborado com base nos diagnósticos, assegurando a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e possibilitando a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução (DER/SP, 2006e).

O projeto básico deve ser desenvolvido levando-se em consideração a ordem legal e ambiental e atendendo a legislação específica, os manuais e instruções dos órgãos fiscais e as normas técnicas, como as da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (DER/SP, 2006e).

b) Fase: Projeto Executivo

Após a aprovação do projeto básico, deve-se elaborar o projeto executivo, que deve desenvolver os elementos necessários à execução completa das obras (DER/SP, 2006e).

Parte do pressuposto que no projeto executivo não haja alterações conceituais em relação ao projeto básico, entretanto, caso seja necessário, pode haver modificações e alteração na concepção de soluções proposta no projeto básico. Além disso, pode-se verificar a necessidade de elaboração de estudos e levantamentos não contemplados no projeto básico (DER/SP, 2006e).

Durante a fase de elaboração do projeto executivo devem ser complementados e refinados os estudos e soluções propostas no projeto básico, apresentado as soluções propostas de forma detalhada, juntamente com as respectivas memórias justificativas e especificações executivas, de forma a possibilitar a implantação das obras propostas (DER/SP, 2006e).

O projeto executivo deve ser desenvolvido levando-se em consideração os manuais e instruções dos órgãos fiscais e as normas técnicas, como as da ABNT (DER/SP, 2006e).

O desenvolvimento dos projetos devem seguir rigorosamente as normas, instruções de projetos e manuais vigentes no país, estado e/ou município conforme localização da via.

A seguir, serão abordados, conforme ordem de execução, algumas das especialidades de projetos viários necessários para a implantação de uma rodovia. Os projetos são realizados para calcular, verificar e determinar como serão todas as características do

empreendimento e devem ser a referência para próxima etapa da implantação da rodovia, ou seja, a etapa de construções, isto é, as obras rodoviárias.

3.1 AMBIENTAL

Durante a etapa de projeto, em todas as especialidades, devem-se considerar os impactos ambientais, identificados no diagnóstico ambiental preliminar realizado anteriormente, e procurar desenvolver um projeto para a rodovia que possa evitá-los, contorná-los e minimizá-los (DER/SP, 2012).

A determinação e análise dos impactos de uma obra rodoviária contribuirão para o desenvolvimento de projetos que, ao mesmo tempo em que atendam aos requisitos técnicos de engenharia, sejam também sincronizados com a proteção ao meio ambiente (DER/SP, 2012).

Para qualquer serviço realizado que ocorra intervenção em APPs ou com supressão de vegetação nativa ou com corte de árvores isoladas nativas deve ser realizada havendo uma compensação ambiental, visando atender os Termos de Compromisso de Recuperação Ambiental (TCRA) firmados entre empreendedor e o órgão licenciador (DER/SP, 2012).

Como compensação ambiental e uso da sustentabilidade podem-se citar as seguintes ações a serem seguidas: o plantio de mudas; plantio de árvores; ações socioambientais com a população do entorno e usuários da estrada; uso de tecnologias limpas como uso da energia solar; uso de materiais recicláveis como na sinalização da estrada nos mourões, placas e torres de iluminação; uso de resíduos da construção civil na execução das camadas de pavimento; etc (DER/SP, 2012).

3.2 PROJETO DE GEOMETRIA

Com a topografia e o traçado funcional aprovados inicia-se a primeira especialidade de projeto viário, a geometria. Este é o projeto base para as demais especialidades que utilizarão o geométrico para definir as suas diretrizes.

No projeto geométrico, por meio da finalidade da via e dos levantamentos e estudos feitos anteriormente, são determinados os parâmetros geométricos limites, máximos e mínimos, a serem utilizados no projeto, tanto em planta como em perfil (DER/SP, 2012).

Esses limites são definidos conforme as escolhas do veículo de projeto, da velocidade de projeto e da velocidade operacional (DER/SP, 2005d).

A escolha do veículo de projeto ocorre para determinação de veículo com peso, dimensões e características operacionais que representa o grupo da frota circulante. A determinação da velocidade de projeto, também conhecida como velocidade diretriz, é a velocidade selecionada e utilizada para estabelecer determinados parâmetros e características geométricas de uma via, com o valor a ser adotado coerente com o relevo do terreno, com o uso e a ocupação do solo no entorno da via, com a velocidade operacional estimada ao longo da via e com sua classe funcional da via (DER/SP, 2005d).

Deve-se realizar um estudo mais detalhado e com mais precisão do traçado escolhido na etapa do projeto funcional, sendo que eventualmente, podem ser identificadas restrições não consideradas anteriormente, exigindo adaptações na diretriz de traçado (DER/SP, 2012; DER/SP, 2005d).

A partir do relatado anteriormente são definidos os seguintes parâmetros: raios mínimos de curva horizontal; número e largura das faixas de rolamento, do acostamento e dos canteiros; distâncias de visibilidade de parada, de ultrapassagem e de decisão; superelevação máxima; gabaritos verticais e horizontais mínimos; rampas máximas; grau do controle de acesso à via; dentre outros (DER/SP, 2005d).

O perfil do terreno natural é obtido pelas curvas de nível que são interceptadas pelo eixo da rodovia em projeto, a linha base (LB) do projeto, determinando o perfil do greide do projeto (DER/SP, 2012).

Após a análise sob os aspectos técnicos, econômicos e ambientais, verificando-se que o traçado é o mais adequado, inicia-se o detalhamento e depois o acabamento do projeto geométrico, em todos os seus produtos que serão detalhados a seguir (DER/SP, 2012).

Serão produtos do projeto geométrico:

a) planta, geralmente na escala de 1:1.000, apresenta o alinhamento horizontal da rodovia possuindo, por exemplo, as seguintes informações: eixo da via, com indicação do estaqueamento e representação do relevo do terreno com curvas de nível a cada metro; bordas da pista; pontos notáveis do alinhamento horizontal; elementos das curvas; localização e limite das OAC, OAE e de contenção; linhas indicativas dos limites da terraplenagem, da faixa de domínio e das divisas entre propriedades; e indicação dos acessos às propriedades lindeiras; entre outras (DER/SP, 2012).

b) perfil longitudinal, geralmente, na escala horizontal de 1:1.000 e vertical de 1:100, apresenta o alinhamento vertical da rodovia possuindo, por exemplo, as

seguintes informações: linha do terreno existente; linha do greide de projeto; indicação das estacas e cotas dos pontos notáveis e dos acessos; dados das curvas verticais, rampas e flechas; cotas de soleiras e de lençol freático; entre outras (DER/SP, 2012).

c) seções transversais típicas apresentam as seções mais representativas da via, sendo utilizado, por exemplo, para um levantamento preliminar de volumes de terraplenagem (DER/SP, 2012).

d) -seções transversais das notas de serviço de plataforma acabada, geralmente na escala 1:200 e perpendiculares ao eixo, nas estacas inteiras, a cada 20 m, indicando a linha do terreno original e a seção projetada. São apresentadas em cada seção o greide, as cotas de terraplenagem proposta, indicando os taludes, a faixa de domínio, as cercas, as áreas de corte e aterro e o acabamento lateral da seção para sua adaptação ao terreno adjacente. Podem ser apresentadas também nestas seções as soluções de remoção de solos moles, restrições na faixa de domínio, estruturas de drenagem, muros de arrimo, entre outras (DER/SP, 2012).

e) -memorial descritivo contendo as diretrizes adotadas para o traçado geométrico (DER/SP, 2005d).

f) memorial de cálculo deve apresentar no mínimo os seguintes elementos: alinhamento horizontal dos pontos notáveis em planta e alinhamento vertical dos pontos notáveis em perfil (DER/SP, 2005d).

No geométrico os taludes geralmente devem ser projetados com as seguintes inclinações: no corte de 1:1 (relação H:V) e no aterro de 3:2 (relação H:V). Essas inclinações deverão ser estudadas e adequadas às características geotécnicas dos solos dos cortes e do corpo dos aterros. Em casos específicos com solos de características geotécnicas de baixa estabilidade deverão ser estudadas por um geotécnico a estabilidade destes taludes, definindo tecnicamente as inclinações mais seguras evitando-se assim problemas futuros de deslizamentos, propiciando maior segurança aos usuários (DER/SP, 2012).

São também apresentados na geometria a localização e a distâncias da faixa de domínio. Entretanto nem sempre é possível dispor da largura ideal (DER/SP, 2012).

Na definição do traçado, deve-se ter uma atenção especial aos cruzamentos, entroncamentos e acessos, pois são nestes pontos de conflito do tráfego que ocorrem muitos

acidentes. Assim sendo, deve-se, sempre que possível, minimizar o número de cruzamentos, propiciar conveniente distância de visibilidade dos pontos de conflito, e facilitar a inserção dos veículos nas curvas, procurando tornar o ângulo entre os alinhamentos das vias que se cruzam o menos agudo possível, para evitar o risco de colisões frontais, que são as que causam mais mortes no trânsito. Outra medida adotada para minimizar os acidentes é a adoção de ilhas para a canalização do tráfego (DER/SP, 2012).

No alinhamento horizontal é recomendado, por razões de segurança, utilizar curvas amplas, ou seja, de raios grandes, e evitar tangentes muito extensas. Além disso, que as curvas horizontais à direita e à esquerda se alternem ao longo do traçado, evitando-se duas curvas sucessivas para o mesmo lado (DER/SP, 2012).

No alinhamento vertical é recomendável projetar o greide em nível superior ao terreno, e não no nível do terreno, para possibilitar uma drenagem eficiente. Além disso, utilizar curvas verticais amplas e alternar as curvas côncavas e as convexas (DER/SP, 2012).

Para reduzir os custos de implantação, geralmente são projetadas as plataformas com o mínimo de largura compatível com as necessidades. A plataforma comporta as faixas de rolamento, os acostamentos e os dispositivos de drenagem superficial, tudo com largura que garanta o uso com conforto e segurança (DER/SP, 2012).

3.3 PROJETO DE GEOTECNIA/GEOLOGIA

Com a aprovação do projeto geométrico onde estão as dimensões dos taludes projetados, inicia-se o projeto de geotécnica.

Os taludes de corte e aterro definidos na geometria serão reavaliados em função das sondagens e ensaios realizados pelos estudos geológico-geotécnicos. Além disso, analisam-se os taludes existentes, que permaneceram no local, para verificar se apresentam algum processo de ruptura ou se sofrem algum processo de erosão.

Verifica-se a necessidade de algum tipo de contenção e caso haja obras de artes será avaliado o terreno para determinação da fundação a ser adotada.

Neste projeto deve-se confirmar a presença de bermas e a necessidade de implantação de contenções.

Utilizando dos resultados dos estudos de geológicos-geotécnicos são realizados os serviços geotécnicos, verificando se devem ocorrer ajustes no traçado da rodovia. As investigações de campo e de laboratório devem ser realizadas em quantidade suficiente para embasar a definição da solução das obras previstas (DER/SP, 2005f).

Nos serviços geotécnicos, na etapa de projeto, são estudadas as características:

- a) do solo do subleito para pavimentação (determinar os trechos com propriedades homogêneas);
- b) do solo proveniente de área de empréstimo (identificar as áreas economicamente viáveis e determinar limites de extensão e espessura de exploração das ocorrências de materiais aproveitáveis e as limitações técnicas para sua utilização);
- c) do material pétreo e de areia proveniente de jazidas (verificar por meio de ensaios se o material atende os requisitos do projeto);
- d) da fundação de obras de arte especiais e de obras de arte correntes (verificar por meio da seção geológico-geotécnica longitudinal e dos resultados de ensaios das sondagens se há alguma ocorrência geológica que conduza a soluções especiais de fundação);
- e) do aterro sobre solo mole (determinar, em caso de impossibilidade de desvio do traçado e de remoção total do depósito de solos moles, as características quanto à sua extensão, espessura e propriedades relativas à resistência e compressibilidade do solo mole);
- f) - do aterro em encosta íngreme (verificar a existência de massas instáveis no terreno natural, na base do aterro, como colúvios e tálus e conhecer a massa da base do aterro verificando se aguentará a sobrecarga adicional que será exercida pelo peso do aterro);
- g) do talude de corte (verificar a possibilidade da existência de escorregamentos, determinar a categoria dos materiais que devem ser escavados para execução do corte, determinar o peso específico natural do material para obtenção do coeficiente de empolamento que subsidia o projeto de terraplenagem);
- h) do muro de contenção / muro de arrimo (caracterizar os materiais correspondentes ao maciço de solo a ser equilibrado e ao maciço de fundação da estrutura. Como geralmente o maciço a ser contido é aterro, devem ser determinados os parâmetros e propriedades do solo compactado) (DER/SP, 2005f).

3.4 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

Com a topografia e o geométrico como base, e com informações do projeto de geotecnia/geologia, inicia-se o projeto de terraplenagem.

O projeto de terraplenagem utiliza-se dos dados obtidos nos estudos geotécnicos e geológicos, que permitem o conhecimento das características dos materiais da região onde será implantada a rodovia, como por exemplo, as características granulométricas, limites físicos, densidade natural, resistência, expansão, entre outras. Além disso, os estudos fornecem informações sobre o lençol freático (DER/SP, 2012).

As informações geotécnicas e geológicas são obtidas por meio da realização de sondagens e dos ensaios das amostras coletadas, como por exemplo, os ensaios de granulometria; de consistência; de umidade; de compactação; entre outros, que após terem seus resultados obtidos, são utilizados para classificar o material, como por exemplo, a classificação Miniatura - Compactado – Tropical (MCT). Tanto a realização das sondagens como dos ensaios devem seguir rigorosamente as normas vigentes (DER/SP, 2012).

Neste projeto é verificado e confirmado o greide da rodovia, e a partir disso, ao longo do eixo da rodovia, determinam-se os locais de cortes com a escavação do terreno natural (nos pontos altos que precisam ser rebaixados para atingir a altura do greide projetado) e os locais de aterro com o depósito e compactação dos materiais (nos pontos baixos que precisam ser elevados até altura do greide) (DER/SP, 2012).

O projeto de terraplenagem tem como premissa realizar, sempre que possível, a compensação exata entre os volumes escavados e os volumes depositados e compactados. O cálculo dos volumes dos cortes e dos aterros é geralmente feito pelo método de "média das áreas". As compensações dos volumes podem-se dividir em compensação lateral e compensação longitudinal (DER/SP, 2012).

É importante definir os valores do grau de compactação dos aterros; do fator do empolamento para os materiais a serem escavados e do fator de contração dos materiais a serem compactados. Quando escavamos uma massa de solo natural, após ser escavado, o mesmo apresenta um aumento de volume, efeito que se denomina empolamento. Esta mesma massa de solo apresenta, depois de compactada, um volume no aterro, inferior ao volume natural, efeito denominando contração (DER/SP, 2012).

Se caso o volume de material a ser escavado for maior que o volume a ser depositado no aterro, o volume excedente deverá ser lançado em uma área denominada bota-foras. Caso o contrário ocorra, recorre-se à escavação de empréstimos, por exemplo, em áreas

de jazidas, para a obtenção dos volumes faltantes, procurando-se os melhores solos disponíveis nas proximidades da obra (DER/SP, 2012).

No projeto de terraplenagem é desenvolvido, o diagrama de massa ou diagrama de Brückner, a partir dos estudos para a distribuição dos volumes ao longo da estrada projetada, tendo por finalidade determinar as menores distâncias médias de transporte (DMT) e o menor custo do serviço, considerando para o desenvolvimento do diagrama o percurso possível dos equipamentos de transporte de terraplenagem (DER/SP, 2012; DER/SP, 2005m).

As áreas de empréstimo e de depósito de material excedente devem ser escolhidas de forma a atender aos aspectos geológicos, geotécnicos, de drenagem, paisagísticos, de custo e de proteção ao meio ambiente (DER/SP, 2005m).

Deve-se orientar a distribuição dos materiais de forma mais conveniente à construção e à conservação da estrada. Procura-se destinar os melhores materiais dos cortes, que geralmente são os encontrados junto à superfície do terreno e abaixo da camada vegetal, para constituir as camadas finais dos aterros (DER/SP, 2012).

O volume dos aterros que exceder o dos cortes deve-se primeiramente ser obtido com o alargamento dos cortes, de modo uniforme ao longo de um trecho da estrada, em último caso ser retirados de áreas de empréstimos (DER/SP, 2012).

Os volumes de corte devem ser estimados por categoria, com base nas sondagens prévias, para efeito de distribuição e de orçamento (DER/SP, 2012).

Os materiais envolvidos na terraplenagem são os solos e as rochas que são divididas em três categorias:

- a) 1º Categoria: os solos são formados pela alteração das rochas. Podem permanecer no lugar (solos residuais) ou serem transportados (solos sedimentares). São materiais de 1ª Categoria, pois sua escavação é relativamente fácil;
- b) 2º Categoria: as rochas em alteração que ainda não chegaram a se transformar completamente em solos ou as misturas de pedras com solo. São classificadas como materiais 2ª Categoria, pois a sua escavação apresenta uma dificuldade que é intermediária entre a dos solos e a das rochas;
- c) 3º Categoria: as rochas são chamadas de 3ª Categoria, pois sua escavação requer a utilização de explosivos (DER/SP, 2012).

As inclinações e conformações dos taludes deverão propiciar a estabilidade do corpo estradal e sua harmonização com o terreno natural, inclusive no caso de bota-foras e de caixas de empréstimo (DER/SP, 2012).

Neste projeto também são indicadas as eventuais providências necessárias para às fundações de aterros tais como: remoção de solo mole, material rochoso, ou outros problemas específicos (DER/SP, 2012).

Além disso, são definidos os serviços preliminares que consiste na remoção, na área a ser terraplenada, de árvores, arbustos, tocos, galhos, emaranhados de raízes e terra que as envolve, capim e todo material impróprio para a construção de terraplenos (DER/SP, 2005m).

Nestes serviços preliminares são removidos materiais da camada vegetal, e se possível, esses materiais devem ser destinados a recobrir as saias dos aterros e/ou recomposição das áreas de empréstimo, facilitando o desenvolvimento da vegetação e contribuindo assim para sua proteção contra a erosão (DER/SP, 2012).

3.5 PROJETO DE DRENAGEM

Para início do projeto de drenagem utiliza-se como base a topografia e a geometria já definidas.

Os danos causados as estradas e as rodovias frequentemente ocorrem em época de chuvas (DER/SP, 2012).

A água acaba por acelerar o período da vida útil dos pavimentos e dos taludes, destruindo-se, sendo assim, uma drenagem adequada é fundamental para a manutenção das vias em boas condições de operação (DER/SP, 2012).

Deve-se antes de iniciar o projeto de drenagem conhecer o local verificando à atual situação dos cursos d'água que são interceptados pelo corpo estradal com o intuito de levantar, cadastrar e documentar situações problemáticas pré-existentes e que possam ser agravadas pela implantação da rodovia (DER/SP, 2006j).

O projeto de drenagem tem por finalidade captar e conduzir a água da chuva, e se necessário à água do lençol freático, para um determinado local que não causará efeitos negativos para a via e seu entorno (DER/SP, 2006j).

A concepção do projeto de drenagem deve ser desenvolvimento de modo a não causar grandes impactos ambientais e minimizar as prováveis medidas compensatórias (DER/SP, 2006j).

O projeto de drenagem é dividido em alguns sistemas, são eles:

a) Drenagem do corpo estradal: constituem-se por dispositivos com finalidade de execução e proteção dos trabalhos de terraplenagem. Entre estes dispositivos pode-se citar: valetas de proteção de taludes, descidas d'água, caixas coletoras, caixas de transição, estruturas de dissipação de energia, bueiros de talvegue, canais, corta-rios;

b) Drenagem superficial da plataforma: constituem-se por dispositivos com finalidade de interceptar, captar e escoar os deflúvios que estão sobre a plataforma da estrada, conduzindo-os aos pontos de lançamento adequados. Entre estes dispositivos pode-se citar: sarjetas de pé de corte, sarjetas e canaletas de borda de aterro, valetas de canteiro central, caixas coletoras, bocas-de-lobo, poços de visita e bueiros de greide;

c) Drenagem subterrânea: constituem-se por dispositivos com finalidade de impedir a deterioração de subleitos e pavimentos. Entre estes dispositivos pode-se citar: drenos profundos, drenos de pavimento, drenos sub-horizontais, drenos de talvegue e camada drenante. Os dispositivos são projetados com o objetivo de interceptar e rebaixar as águas das camadas aquíferas profundas e as águas superficiais que possam infiltrar nos subleitos, conduzindo-as até locais convenientes para deságue;

d) Além destas, existe o projeto de drenagem de pontes e pontilhões e projeto de drenagem para projetos de obras especiais com objetivo de minimizar os danos da construção da estrada ao meio ambiente, tais como: drenagem de bota-fora e bacias de sedimentação (DER/SP, 2006j).

Independente do tipo do sistema de drenagem projetado deve-se minimizar os lançamentos da água coletada no sistema em cursos d'água ou talvegues naturais que contribuam para mananciais de abastecimento de água públicos ou privados, reduzindo assim o risco da contaminação da água (DER/SP, 2006j).

Os materiais comumente empregados na construção dos dispositivos de drenagem são: peças pré-moldadas de concreto; tubos de chapas metálicas corrugadas ou de Polietileno de Alta Densidade (PEAD); madeira para formas e escoramentos; agregados, cimento e água para confecção de concreto; aço em barras para armaduras; pedras de vários tipos, dimensões

e formatos; alvenaria de blocos de concreto; agregados para filtros drenantes e fundações de bueiros; geotêxteis; gabiões; leivas, mudas ou sementes de grama ou de outras espécies vegetais (DER/SP, 2012).

Para determinar a vazão de água de drenagem que chegará a um determinado ponto, para elaboração do dimensionamento hidráulico, são necessários os seguintes dados: área da bacia, sua declividade média, seu revestimento, a natureza do solo, além das informações sobre a chuva de projeto, intensidade da chuva e período de retorno e recorrência (DER/SP, 2012).

Sendo assim, conhecidas as vazões, poderão ser dimensionados os vários dispositivos de um sistema de drenagem: sarjetas, bueiros, valetas, etc. No dimensionamento hidráulico, a fórmula mais empregada é a de Manning (DER/SP, 2012).

Os projetos que interferem com cursos d'água perenes, como por exemplo, o projeto de pontes, os pontilhões, os bueiros, as canalizações e os corta-rios, devem ser submetidos à consulta prévia junto ao DAEE, com a finalidade de atender aos requisitos técnicos necessários ao processo de outorga junto à Secretaria de Recursos Hídricos, para obter a outorga de autorização de implantação de empreendimentos com utilização de recursos hídricos e a outorga de direito de uso de recursos hídricos, ambas obtidas junto ao DAEE (DER/SP, 2006j; DER/SP, 2012).

3.6 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

Com base na topografia, geometria e notas de serviço da plataforma acabada da terraplenagem, inicia-se o projeto de pavimentação concomitantemente ao projeto de drenagem.

Além disso, são necessárias informações sobre os resultados dos ensaios geotécnicos/geológicos das sondagens executadas, pois deve-se conhecer o solo no qual a estrutura de pavimentação estará localizada.

Além dos ensaios de materiais, também há os ensaios de *Falling Weight Deflectometer* (FWD) e Viga Benkelman (VB) para a determinação das condições estruturais de uma estrutura de pavimento já existente, que passa por essa análise para saber se há ou não a necessidade de um projeto de restauração. Existe ainda o inventário que mede a condições de funcionalidade de uma estrutura de pavimento já existente, por meio de um ensaio tátil-visual.

O projeto de pavimento tem por finalidade dimensionar a estrutura do pavimento indicando as dimensões de cada uma das camadas, os materiais e os procedimentos a serem utilizados para sua construção (DER/SP, 2012).

Para o desenvolvimento deste projeto é imprescindível: as solicitações do tráfego e as características dos solos e demais materiais disponíveis (DER/SP, 2012).

O pavimento é uma estrutura constituída por camadas tendo as seguintes finalidades:

- a) Resistir e transferir ao subleito os esforços oriundos do tráfego, sem sofrer alterações significativas ao longo do período para o qual foi projetado;
- b) Oferecer melhores condições de segurança e conforto aos usuários;
- c) Possibilitar menores custos operacionais dos veículos (DER/SP, 2012).

O pavimento também pode ser definido como a estrutura constituída por diversas camadas superpostas, de materiais diferentes, construída sobre o subleito, com a finalidade de resistir e distribuir ao subleito os esforços horizontais e verticais oriundos do tráfego, e consequentemente melhorar as condições de segurança e conforto ao usuário (DER/SP, 2006k).

As camadas usuais em uma estrutura de pavimento são: o revestimento (camada de rolamento); camada de binder; base; sub-base; reforço do subleito e subleito (DER/SP, 2012).

Na construção da estrutura do pavimento devem-se utilizar imprimações, que não são uma camada, mas materiais utilizados entre as camadas de pavimento mencionadas acima. Existem dois tipos de imprimações: pintura de ligação que é um filme asfáltico com a função de aderir uma camada à outra e a imprimação impermeabilizante com a função de impermeabilizar uma camada de solo ou granular antes do lançamento da camada superior (BALBO, 2007).

Os métodos de dimensionamento adotados no Brasil são fundamentados nos modelos matemáticos e mecanísticos desenvolvidos nos EUA, baseados no valor de CBR do subleito e no valor do número **N** do tráfego local. Geralmente o tempo de dimensionamento de uma estrutura no projeto de pavimentação é de 10 anos para pavimento flexível e de 20 anos para pavimento rígido (DER/SP, 2012).

O subleito que em pavimentação é considerado infinito, é estudado até as profundidades em que atuam significativamente as cargas vindas do tráfego, e essa profundidade varia de 0,60m a 1,50m (PASTANA, 2006).

No orçamento de uma rodovia, geralmente os serviços que apresentam os maiores custos são referentes ao item de pavimentação, e assim sendo, a melhor maneira é que o projeto de pavimentação considere diversas alternativas possíveis para a estrutura, utilizando, quando possível, os materiais disponíveis na região (DER/SP, 2012).

3.7 PROJETO DE SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

Com a topografia e geométrico como base e com algumas informações do projeto de terraplenagem, inicia-se o projeto de sinalização e de dispositivos de segurança.

O projeto de sinalização e dispositivos de segurança a serem implantadas nas vias tem por objetivo fornecer e garantir o bom funcionamento da estrada ou rodovia, principalmente quanto à segurança dos usuários (DER/SP, 2012).

O projeto de sinalização deve seguir as recomendações do Manual de Sinalização Rodoviária e o Anexo II do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), aprovado pela Resolução nº 160 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) (DER/SP, 2005j).

O projeto de sinalização é composto pelo projeto de sinalização vertical; projeto de sinalização horizontal; projeto dos dispositivos auxiliares; projeto dos dispositivos luminosos (DER/SP, 2005j).

No projeto de sinalização vertical devem-se apresentar as placas a serem utilizadas, tanto as de regulamentação e advertência como as de indicação, determinando com precisão, o tipo, a localização, as dimensões e o suporte (pórticos, semipórticos, postes, ou colunas). Quanto às placas de indicação são definidos as mensagens e alturas de letras a serem empregadas. No projeto as placas devem ser colocadas ou remanejadas ou retiradas (DER/SP, 2005j).

A placa de advertência chama a atenção para uma condição de perigo na pista, alertando o motorista. A placa de regulamentação dá a norma de comportamento que o motorista deve seguir no trecho. A placa de indicação tem a finalidade de orientar o motorista, mostrando possíveis destinos e estabelecimentos (DER/SP, 2012).

No projeto de sinalização horizontal são definidas as linhas longitudinais, transversais, de canalização, de delimitação e controle de estacionamento e as inscrições e símbolos marcados no pavimento. São determinados também os padrões da sinalização como,

por exemplo, o tipo, a largura, o comprimento e o espaçamento das linhas pintadas para os diversos trechos das vias (DER/SP, 2005j).

Todos os símbolos são brancos enquanto as linhas demarcatórias de faixas podem ser amarelas (separam fluxos em sentidos opostos) ou brancas (separam fluxos de mesmo sentido). As linhas podem ser duplas ou simples sendo contínuas (não devem ser transpostas) ou interrompidas (podem ser transpostas) (DER/SP, 2012).

No projeto de dispositivos auxiliares à sinalização são previstos os usos de tachas; balizadores; marcadores de alinhamento; marcadores de perigo; marcação de obstáculos; e ondulações transversais (DER/SP, 2005j).

No projeto de dispositivos luminosos consta a sinalização semafórica de regulamentação e de advertência, além dos Painéis de Mensagens Variáveis (PMV). Este projeto deve seguir as recomendações do Manual de Sinalização Rodoviária e do Manual de Sinalização Semafórica da Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET), principalmente referente à programação do semáforo (DER/SP, 2005j).

O projeto tem por finalidade garantir a segurança do tráfego, devendo, portanto: advertir com antecedência a existência de obras ou de serviços de conservação; regulamentar a circulação, a velocidade e outras condições para a segurança local; canalizar e ordenar o fluxo de veículos junto à obra, de modo a evitar movimentos conflitantes, reduzir os riscos de acidentes e minimizar os congestionamentos; transmitir informações claras e padronizadas aos usuários da via; delimitar o contorno da obra de forma visível, protegendo não só os condutores de veículos e os pedestres, mas também os trabalhadores das obras (DER/SP, 2005k).

Na parte de sinalização também é desenvolvido o projeto de desvio de tráfego e sinalização da obra. Este projeto tem por finalidade adequar o fluxo do tráfego local conforme as etapas construtivas das obras, assim afetando o mínimo possível o trânsito garantindo a segurança dos usuários por meio de sinalização sobre a obra e os desvios a ser instalada durante a execução de obras e serviços em rodovias (DER/SP, 2005k).

Durante o período construtivo, novas condicionantes podem exigir ajustes nas soluções de desvio de tráfego propostas (DER/SP, 2005k).

O projeto de dispositivos de segurança deve seguir as recomendações do Manual de Sinalização Rodoviária, bem como as prescrições do anexo II do CTB e das normas da ABNT (DER/SP, 2005l).

Os dispositivos de segurança são elementos colocados de forma permanente ao longo das vias, feitos em material flexível, maleável, semi-maleável ou rígido, de modo a proteger pessoas e minimizar danos (DER/SP, 2005I).

Os dispositivos de segurança têm por finalidades: reter, manter ou redirecionar os veículos desgovernados nas rodovias; evitar ou dificultar a interferência de um fluxo de veículos sobre o fluxo oposto, áreas adjacentes ou obstáculos; evitar que pedestres transponham um local determinado. São exemplos de dispositivos de segurança: cerca ou alambrado; gradil; defesa metálica; barreira de concreto; atenuador de impacto, entre outros (DER/SP, 2005I).

3.8 PROJETO DE ILUMINAÇÃO

Para iniciar o projeto de iluminação utiliza-se como base a topografia e geometria.

O projeto de iluminação deve seguir o recomendado à norma brasileira de regulamentação NBR 5101:2012 (ABNT, 2012) de iluminação pública (DER/SP, 2006h).

A iluminação pública das vias deve proporcionar melhoria da segurança ao tráfego de veículos e de pedestres (DER/SP, 2006h).

Os parâmetros mínimos definidos no projeto são: classificação das vias; níveis de iluminamento e o fator de uniformidade adotado; tipos de luminárias, lâmpadas e postes; tensão nos circuitos; tipo de instalação, apresentando cabos, dutos e caixas; cálculo e estudo luminotécnico; distribuição das luminárias (DER/SP, 2006h).

Primeiramente devem-se definir os níveis de iluminamento e de uniformidade e em seguida elaborar o estudo e o cálculo luminotécnico, usando os parâmetros e critérios definidos previamente para a escolha do tipo de luminárias, tipo e altura dos postes e seu espaçamento (DER/SP, 2006h).

Para iluminação da pista de rolamento adota-se luminária fechada própria para iluminação viária, instalação em poste, com compartimento para equipamentos auxiliares, para uma lâmpada a vapor de sódio de alta pressão, de bulbo tubular de 250W ou 400W (DER/SP, 2006h).

O poste deve ser de aço galvanizado a fogo, fabricado conforme norma brasileira de regulamentação NBR 14744:2001 (ABNT, 2001). Todos os postes metálicos devem ser aterrados por cabos de cobre nu e seção de 25mm², enterrados a, com uma profundidade de no mínimo 0,60m ou em eletrodutos nos viadutos, lançados juntamente com os cabos de energia e interligando todos os postes e hastes de aço com revestimento de cobre (DER/SP, 2006h).

Os cabos devem ser enterrados diretamente no solo, a uma profundidade mínima de 800mm. Caso haja viadutos e travessias de vias, os cabos devem estar dentro de eletrodutos embutidos (DER/SP, 2006h).

Todas as conexões enterradas devem ser executadas com solda exotérmica (DER/SP, 2006h).

Os transformadores para iluminação viária são do tipo de distribuição classe 15kV, sendo monofásicos ou trifásicos, conforme a disponibilidade de circuitos no local. O secundário deve ser para voltagem de 220V para alimentação dos circuitos de iluminação, protegidos por fusível tipo NH e disjuntor, alojados em caixa de chapa de aço com pintura contra a ação da intempérie ou caixa em alumínio fundido à prova de tempo (DER/SP, 2006h).

Todos os materiais, componentes e equipamentos utilizados na instalação elétrica de suporte ao sistema de iluminação devem obedecer às especificações constantes no memorial descritivo, na lista de material, bem como na parte gráfica do projeto (DER/SP, 2006h).

3.9 PROJETO DE PAISAGISMO E CORPO ESTRADAL

Após a finalização de todos os estudos, levantamentos e projetos indicados anteriormente, inicia-se o projeto de paisagismo e proteção estradal.

A finalidade do projeto de paisagismo é de restabelecer o equilíbrio espacial e ambiental em função da operacionalidade da rodovia, de forma a transmitir conforto e segurança aos usuários (DER/SP, 2005n).

A elaboração do projeto de paisagismo envolve a caracterização e a locação dos elementos vegetais e construídos pertinentes ao projeto garantindo a compatibilização do plantio de elementos vegetais com a implantação de elementos construídos (DER/SP, 2005n).

Deve-se também projetar bancos, passeios, escadas, rampas e outras obras relativas aos espaços externos às edificações e demais instalações operacionais dentro da faixa de domínio do projeto (DER/SP, 2005n).

O desenvolvimento do projeto de paisagismo é baseado:

- a) nas premissas funcionais, compatibilizando os elementos paisagísticos com as possíveis interferências dos projetos de engenharia rodoviária;

- b) nos dados referentes à velocidade de projeto para locação e ao dimensionamento das soluções paisagísticas devido aos efeitos do comportamento do motorista em função da percepção alterada do entorno;
- c) nos critérios relativos à visibilidade e segurança nos pontos de convergência de veículos, como trevos, interseções, cruzamentos, acessos, travessias de pedestres, pontos de ônibus e áreas de apoio operacional;
- d) na recomposição morfológica das áreas atingidas por meio da proteção das formações nativas e recomposição das áreas degradadas visando ao desenvolvimento de ecossistemas propícios à sobrevivência e preservação da fauna regional;
- e) nas recomendações e condicionantes dos órgãos ambientais;
- f) nos dados dos aspectos físicos e ambientais, como condições climáticas de temperatura, umidade do ar, insolação, ventos e regime pluviométrico, poluição atmosférica, da água e sonora, hidrografia, relevo e características geotécnicas do solo, para proporcionar melhor adaptação ecológica das espécies propostas (DER/SP, 2005n).

Neste projeto são feitas muitos estudos, como estudos de áreas de visibilidades, acessibilidade, distâncias, larguras e disposição, anteparos e barreiras para amortização de impacto, proteção vegetal, entre outros (DER/SP, 2005n).

Quanto à proteção do corpo estradal consiste essencialmente na implantação de vegetação de taludes como proteção contra erosão, geralmente utilizando do revestimento vegetal com grama (DER/SP, 2005n).

A seleção das espécies mais adequadas e as medidas para a correção dos solos deverá contar com o auxílio de um agrônomo. Alguns exemplos de revestimento vegetais: grama batatais (*paspalum notatum*), grama seda (*cynodon dactylon*), capim pernambuco (*paspalum mandiocanum*), Kudzu (*pruraria thumbergiana*), Kikuio (*panisetum clandestinum*), bambuzinho (*bambusa mitis*) (DER/SP, 2012).

Nos aterros, os arbustos podem atuar como barreira amortecedora de impacto de veículos e reforço visual, enquanto na base dos taludes de corte podem proteger os usuários da rodovia de possíveis quedas de elementos soltos (DER/SP, 2005n).

Na plantação de árvores e arbustos, deve-se ter uma atenção especial à adequada colocação, em especial na visibilidade em curvas internas, interseções e acessos e posicionamento em relação à borda da plataforma (DER/SP, 2012).

Caso a proteção do corpo estradal pela vegetação não seja suficiente, recorre-se ao revestimento asfáltico, ou ao empedramento, alvenarias de tijolo ou pedra, placas ou valetas de concreto. Nos casos mais difíceis, devem ser executados muros de arrimo, tanto em aterros como em cortes (DER/SP, 2012).

Deve-se atentar que o tratamento paisagístico nas bermas do talude só deve ser feito com revestimento vegetal, pois esse local é utilizado como acesso para manutenção, contando com presença de dispositivos de drenagem (DER/SP, 2005n).

Mesmo que haja áreas fora da faixa de domínio em que seja interessante à boa conservação da estrada, a mantenedora do trecho deve-se juntamente com o proprietário da área realizar a manutenção da vegetação protetora visando, por exemplo, o controle da erosão no local (DER/SP, 2012).

3.10 PROJETO DE DESAPROPRIAÇÃO

Com todos os estudos, levantamentos e projetos devidamente aprovados, dá-se início ao desenvolvimento do projeto de desapropriação.

Este projeto tem por finalidade realizar: a emissão do decreto de utilidade pública da faixa necessária para implantação de empreendimento; o cadastramento de imóveis nos trechos rurais e urbanos afetados pelo empreendimento proposto; a composição do processo administrativo para desapropriação das áreas afetadas; e a emissão de planta geral de desapropriação (DER/SP, 2005c).

No projeto de desapropriação é determinado o posicionamento, e consequentemente a largura da faixa de domínio. Os limites da faixa de domínio geralmente são determinados pelo órgão contratante, devendo assumir o maior valor entre o informado pelo contratante e a distância de 10,00m além dos pés de aterro ou das cristas de corte (DER/SP, 2005c).

Dentro da faixa de domínio estão as faixas de tráfego, as faixas internas e externas de acostamento de segurança, canteiro central, vias marginais, taludes de corte e aterro, áreas laterais para futuras ampliações, dispositivos e instalações de segurança, paisagismo, pontes, passagens superiores e inferiores e áreas destinadas a atividades de afetação a fins rodoviários (DER/SP, 2005c).

Após a determinação da faixa de domínio devem-se projetar poligonais fechadas que definam as áreas a ser objeto do decreto de utilidade pública. Essas áreas devem conter, no mínimo, a faixa de domínio da rodovia (DER/SP, 2005c).

A faixa a ser definida de utilidade pública varia conforme a classe da rodovia, conforme pode ser visto a seguir:

- a) rodovia vicinal: faixa de 30 m de largura;
- b) rodovia de pista única: faixa de 50 m de largura;
- c) rodovia de duas pistas, com canteiro central reduzido: faixa de 100 m de largura;
- d) rodovia de duas pistas, com canteiro central largo e com controle de acesso, isto é, de Classe Zero: faixa no mínimo de 100 metros de largura (DER/SP, 2005c).

Deve-se também realizar neste projeto o cadastro individual de propriedade que se trata do cadastro físico e dominial de cada propriedade atingida, e logo a ser desapropriada, apresentando diversas informações, como por exemplo, o levantamento topográfico da cada propriedade, o tipo de construção e/ou cultura existente no local, identificação e dados do proprietário, entre outras informações (DER/SP, 2005c).

Se a propriedade atingida for uma propriedade rural, a área remanescente que for menor que o módulo definido pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) na região devem ser incluídas na desapropriação, mesmo que esta área não esteja localizada dentro da faixa de domínio (DER/SP, 2005c).

Se a propriedade atingida for uma propriedade em área urbana, caso a área remanescente tiver uma a área inferior a 125,00m², a mesma deve ser incluído na desapropriação, mesmo que localizada fora da faixa de domínio. Se for maior que 125,00m², a área remanescente da desapropriação não precisa ser desapropriada, entretanto deve-se estudar a viabilidade de seus acessos, possibilitando o seu aproveitamento e mantendo seu uso (DER/SP, 2005c).

A planta de desapropriação é desenvolvida em cima da topografia levantada e do projeto geométrico da via, determinando a faixa de domínio, a poligonal da área de utilidade pública e o levantamento cadastral de todas as propriedades afetadas ao longo da faixa de

domínio, sendo este projeto o último dentre todos, sendo que todos os projetos devem estar situados dentro da faixa de domínio determinada (DER/SP, 2005c).

3.11 LEVANTAMENTO, MEMÓRIA DE CÁLCULO E PLANILHA DE QUANTIDADES

Com todas as especialidades de projeto aprovadas é realizado o levantamento de quantidades dos serviços a serem executados, a memória de cálculo de quantidades apresentando a origem das quantidades e a planilha orçamentária apresentando o custo total para execução dos serviços para implantação do empreendimento com base nos preços unitários da Tabela de Preço Unitário (TPU) do órgão rodoviário contratante.

O levantamento das quantidades é desenvolvido baseado na documentação técnica do projeto com os elementos constituintes do empreendimento já definidos e caracterizados, pois só desta maneira será possível quantificá-los considerando as quantidades exatas e hábeis para serem utilizadas na elaboração do orçamento (DER/SP, 2006g).

Para elaboração e montagem da planilha de quantidades são necessárias a seguinte documentação e referências mínimas:

- a) documentação técnica completa: memoriais descritivos, desenhos, métodos construtivos, especificações, etc;
- b) tabela de preços unitários do órgão contratante com a codificação dos itens a serem considerados;
- c) critérios de medição e pagamento do órgão contratante;
- d) e memorial de cálculo de quantidades (DER/SP, 2006g).

O memorial de cálculo é feito de maneira a mostrar informação proporcional ao nível de detalhamento do projeto, assim como de fornecer as informações necessárias para a análise dos serviços que foram considerados e as quantidades que foram obtidas, destacando os critérios adotados para a quantificação (DER/SP, 2006g).

As quantidades calculadas para lançamento na planilha devem ser apresentadas com precisão compatível com a do respectivo serviço (DER/SP, 2006g).

O desenvolvimento da planilha de quantidades de um projeto tem por finalidade identificar e quantificar os valores necessários para implantação das obras através da mensuração dos seguintes grupos: materiais, serviços, equipamentos, mão-de-obra,

instalações provisórias, aquisição de áreas, entre outros, que estejam em conformidade com projetos, memoriais e normas técnicas, bem como de acordo com os critérios de medição e pagamento do órgão contratante (DER/SP, 2006g).

Deve-se relatar e justificar os índices e arredondamentos eventualmente utilizados. As grandezas, símbolos, convenções e abreviaturas devem estar de acordo com o apresentado na tabela de preços unitários do órgão contratante (DER/SP, 2006g).

Os serviços eventualmente não previstos nas fases da tabela de preços unitários devem ter suas características estabelecidas sempre através de especificação de serviços, estando acompanhados do esboço do critério de medição e de dados técnicos que permitam a obtenção do valor do serviço através de fator de produção e consumo dos insumos utilizados (DER/SP, 2006g).

4 CONSTRUÇÕES

A terceira etapa para a implantação da rodovia, das três etapas abordadas neste trabalho, é a construção (obra) de todos os elementos determinados na etapa de projetos em todas as suas especialidades.

Antes do início da implantação do empreendimento, deve-se verificar se o local é munido de boa acessibilidade, e infraestrutura na área de comércio, hotelaria, serviços e indústrias o que facilita a supervisão de obras na aquisição de insumos e mão-de-obra qualificada para o desenvolvimento das atividades previstas, bem como, a estratégica logística para a supervisão das obras e todo o material de construção civil a ser empregado na execução das obras pelas empresas de obras.

Primeiramente devem-se definir as áreas de apoio necessárias à execução das obras que consistem, por exemplo, nas áreas do canteiro de obras, usinas de concreto, asfalto e solos, áreas de empréstimo e de depósito de materiais excedentes. Essas áreas devem ser implantadas seguindo a legislação vigente e recomendações ambientais (DER/SP, 2008).

Além disso, deve-se realizar uma nova verificação quanto à existência de possíveis interferências no local do empreendimento (DER/SP, 2008).

Antes do início das obras, deve-se elaborar o plano de trabalho que deverá contemplar, para cada trecho de obra, um detalhado planejamento das ações da empresa, recursos humanos, materiais e equipamentos a serem mobilizados, com as respectivas datas de mobilização e de desmobilização, correspondente ao período de execução das obras. Deverá considerar todos os parâmetros definidos em projeto, as condicionantes e restrições ambientais e obedecer aos limites da faixa de domínio ou aqueles definidos pela desapropriação (DER/SP, 2008).

Para a realização das obras devem-se conhecer as condições climáticas para evitar problemas durante os processos construtivos, principalmente os serviços de terraplenagem e de pavimentação (DER/SP, 2008).

Em todo o período e com constantes modificações, durante a execução de todos os serviços de obras para implantação da rodovia, haverá sinalização de obras e desvio de tráfego com a finalidade de apresentar informações sobre a obra, informar e sinalizar os usuários que necessitem transitar no local durante o período de construção e permitir que o trânsito flua com conforto e segurança mesmo com as interrupções parciais do tráfego.

Durante o período da obra sempre haverá a preocupação com a valorização do social que disponibilizará escolas para ensinamentos básicos aos funcionários e com cursos

profissionalizantes na área civil, e a preocupação com a segurança, com o uso obrigatório de Equipamento de Proteção Individual (EPI) e Equipamento de Proteção Coletivo (EPC) durante a execução dos serviços. Para as máquinas e equipamentos a importância estará com as revisões e as manutenções as quais elas devem ser submetidas. Para os produtos e materiais a importância estará na identificação, armazenamento e controle tecnológico.

Também haverá a preocupação para os danos ambientais e a geração de resíduos sólidos da construção civil que durante a fase de obras é um fato inevitável, e assim sendo, de acordo com a Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/02 (CONAMA, 2002), os geradores de resíduos da construção civil devem dispor de um plano de gestão para o mesmo, devendo ser priorizada a redução, a reutilização, a reciclagem e/ou a destinação final adequada (DER/SP, 2008).

A execução das obras devem seguir rigorosamente as normas, instruções de serviços, especificações técnicas e manuais vigentes no país, estado e/ou município conforme localização da via.

4.1 AMBIENTAL – FASE INICIAL

O primeiro serviço na etapa das obras é a solicitação do licenciamento ambiental. Como já mencionado anteriormente, ele é dividido em três fases: Licença Prévia (LP); Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO).

Agora será abordada a Licença de Instalação que está dentro da etapa de obras.

4.1.1 Licença de Instalação

A segunda etapa do processo de licenciamento ambiental é a obtenção da licença de instalação que autoriza a instalação do empreendimento/atividade, possibilitando o início das obras, isto é, da construção e/ou instalações dos equipamentos, de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo medidas dos programas e projetos de prevenção, mitigação, controle e compensação ambiental, detalhadas no Projeto Básico Ambiental (PBA) (ENERGIA SUSTENTÁVEL DO BRASIL, 2010; DER/SP, 2012).

A LI somente será expedida após a verificação do atendimento dos requisitos, condicionantes e autorizações de órgãos ambientais específicos, como por exemplo, a CETESB e o DAEE (DER/SP, 2012).

No caso de cortes de árvores e interferências em corpos d'água, mesmo de posse de licença de instalação, é necessária a autorização específica para supressão de vegetação e outorga, ambos emitidos pelos órgãos ambientais (DER/SP, 2012).

Caso haja alguma exigência técnica a ser cumprida antes do início das operações do empreendimento, a exigência estará especificada na Licença de Instalação e somente após os cumprimentos das exigências apresentadas pelo empreendedor é que dará sequência ao processo do Licenciamento Ambiental.

A etapa de obra do empreendimento pode ocasionar impactos ambientais negativos se não houver medidas de controle. Para o controle ambiental é desenvolvido o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) com a finalidade de acompanhar os procedimentos construtivos e avaliar e analisar o uso de aplicação de práticas de proteção do ambiente, a execução de medidas mitigadoras de impactos decorrentes da obra e a identificação de falhas, erros e acertos durante todo o período de obra, aumentando a eficiência e efetividade dos serviços e, consequentemente, do desempenho ambiental (DER/SP, 2012).

Para a implantação da rodovia, após a aprovação de todos os documentos dos estudos, levantamentos e projetos junto ao órgão fiscalizador, deve-se solicitar junto aos órgãos ambientais, com os documentos necessários, a Licença de Instalação para que assim possa iniciar a etapa de obra.

4.2 DESAPROPRIAÇÃO

Durante o período de projetos, já iniciam-se os serviços referentes a desapropriação.

Na fase de projeto foi definido o Decreto de Utilidade Pública (DUP), onde se especifica a área necessária para realizar uma determinada obra de interesse público, onde estão contidos os imóveis passivos de desapropriação. Está inserida nesta área do DUP a Faixa de Domínio, também definida na fase de projeto, que abrange toda a área necessária à obra. Com essas definições verificam-se os imóveis / terrenos que deveram ser desapropriados sendo então elaborados os Cadastros Individuais de Propriedades que definem todos os elementos técnicos necessários à avaliação das desapropriações e à instrução do processo expropriatório (CAIRES, 2004).

Entenda-se como desapropriação a transferência compulsória de bem particulares para o Poder Público, ou seus delegados, por necessidade ou utilidade pública, ou ainda por interesse social, mediante prévia e justa indenização em dinheiro. Está previsto no Código

Civil Brasileiro que pode-se desapropriar por utilidade pública de abertura, alargamento ou prolongamento de ruas, praças, canais, estradas de ferro e, em geral, de quaisquer vias públicas (CAIRES, 2014).

O Poder Executivo pode efetuar a declaração de utilização pública, que é o ato pelo qual ele manifesta sua intenção de exercer o direito expropriatório que, quando ocorre, concede às autarquias públicas ou empresas paraestatais promover a desapropriação e a praticar todos os atos administrativos e judiciais necessários a esse procedimento. O decreto de utilidade pública possui validade de cinco anos, contados da data de sua publicação, sendo que neste prazo, deve-se concluir o acordo com o titular da propriedade ou ingressar com uma medida judicial cabível (CAIRES, 2014).

Após isso é emitido o decreto expropriatório, e depois é a emissão na posse do imóvel pelo órgão expropriante, isto é, o ingresso na área para iniciar as obras. Após estes procedimentos cabe ao proprietário apenas discutir o valor da indenização. Caso concorde com o valor são verificados os documentos de comprovação da titularidade de posse, e caso tudo esteja correto, lavra-se a escritura de transmissão da área para o órgão expropriante, mediante o pagamento da indenização e a desocupação do imóvel por parte do expropriado. Caso não concorde, o caso é levado a um processo judicial, que caberá ao juiz, com um relatório de um técnico especialista, verificar se o valor está correto ou não (CAIRES, 2004).

4.3 CANTEIRO DE OBRAS E SERVIÇOS INICIAIS

Após a emissão da Licença de Instalação e realizadas as desapropriações, caso haja necessidade, inicia-se a implantação do canteiro de obras.

Antes da execução do canteiro de obras devem-se solicitar junto às concessionárias locais as instalações provisórias de água, esgoto e eletricidade (DUARTE, 2012).

O canteiro de obras deve ser planejado e construído atendendo as normas vigentes. O canteiro deve ser constituído de locais de armazenagem de materiais, máquinas e equipamentos, escritório, almoxarife, alojamentos, sanitários, refeitório e cabine de segurança (DUARTE, 2012).

Quando o canteiro estiver bem localizado, organizado e sinalizado faz com que as atividades do dia-a-dia da obra sejam mais rápidas, eficientes e seguras (DUARTE, 2012).

O canteiro deve ser cercado de tapumes e nele constar às placas que indicam as empresas contratante e executora, serviço executado, custo do empreendimento e responsáveis técnicos (DER/ES, 2013).

As edificações ou contêineres geralmente são fabricados de materiais de fácil desmontagem para possíveis modificações e principalmente para facilitar a desmontagem do canteiro de obras quando da finalização da construção do empreendimento (DUARTE, 2012).

Após a retirada do canteiro, o local deve ser recuperado com a recomposição da vegetação local.

4.4 LOCAÇÕES

As locações são a primeira etapa de campo onde é realizada a demarcação no terreno dos eixos, pontos notáveis de geometria e terraplenagem e demais elementos estruturais de acordo como o determinado em projeto. Essas locações devem ser executadas por um topógrafo (MOREIRA, 2012).

Nas estradas de rodagem, o eixo localiza-se na região central da pista de rolamento. O eixo é compreendido por trechos retos e curvos (RIBEIRO, 2011).

A locação em campo do eixo projetado consiste em três operações: locação do eixo; nivelamento do eixo locado; e levantamento das seções transversais (RIBEIRO, 2011).

As operações devem usar dos conceitos de geometria e trigonometria para obtenção de medidas angulares e de distâncias, com instrumentos apropriados ao rigor da obra, e ter como referências os vértices das poligonais de apoio e as Referência de Nível (RRNN) (MOREIRA, 2012).

Deve ser verificado se toda a documentação fornecida compreende todas as etapas da locação a ser realizada e se os documentos correspondem à última revisão dos projetos executivos (MOREIRA, 2012).

Deve ser estudada, *in loco*, a implantação dos vértices das poligonais e das referências de nível do apoio a todas as etapas previstas para a execução dos serviços. Este apoio deve estar correlacionado ao sistema topográfico adotado para o levantamento planialtimétrico cadastral considerado para a elaboração dos projetos, e, sempre que possível, os apoios devem ser implantados em locais estáveis e seguros, de forma a garantir toda a execução dos serviços (MOREIRA, 2012).

4.5 OBRAS DE TERRAPLENAGEM

Depois de realizadas às devidas locações no terreno para a implantação do empreendimento, iniciam-se as obras de terraplenagem conforme orientações, a seguir, apresentadas.

Primeiramente deve-se realizar a limpeza do terreno, destocamento e remoção da camada vegetal com a finalidade de remover os materiais sem serventia para a execução dos aterros e da estrutura de fundação da pista. Deve ser executado por equipamentos adequados, e, caso necessário, poderá haver o uso de explosivos. A limpeza deve ser executada na largura de até 2,0m além dos off-sets dos taludes. Os materiais provenientes destes serviços devem ser depositados em áreas previamente definidas e licenciadas ambientalmente (DER/SP, 2012).

Deve-se, também, realizar a limpeza e desobstrução das sarjetas, valetas de proteção, caixas coletoras, bueiros, entre outros dispositivos de drenagem existentes no local (DER/ES, 2013).

Em seguida, dá-se início a raspagem, preparo, melhoria e regularização do subleito. Esses serviços têm por finalidade, mediante a cortes e aterros de 20cm de espessura, de conformar a Camada Final de Terraplenagem (CFT) as condições geométricas e de compactação determinadas em projeto para o recebimento da estrutura de pavimento (DER/SP, 2012).

Os cortes e os aterros devem ser executados e posicionados conforme as notas de serviço realizadas na etapa de projetos. Se o volume de corte for inferior ao volume de aterro deve-se recorrer a materiais provenientes de áreas de empréstimos. Se o volume de corte for superior ao volume de aterro deve-se encaminhar a áreas de bota-foras (DER/SP, 2012).

A escolha dos equipamentos de terraplenagem é definida conforme o tipo de material da região. Para material de 1ª categoria (solos) usam-se equipamentos convencionais de terraplenagem para escavação. Para material de 2ª categoria (rochas fraturadas em blocos maciços) usa-se o equipamento de escarificador pesado ripper para escavação. Para material de 3ª categoria (rocha sã ou matacões) usam-se explosivos para escavação (DER/SP, 2012).

Para o transporte e espalhamento do material destinado para execução do aterro serão utilizados caminhos basculantes (DER/SP, 2012).

Para execução do aterro o lançamento do material deve ser feito em camadas de espessura em torno de 20cm, em toda a área, para possibilitar a compactação. O serviço de regularização deve ser realizado com o uso de motoniveladora com a finalidade de facilitar o adensamento pelas máquinas transportadoras (DER/SP, 2012).

A compactação do terreno é realizada para reduzir o volume de vazios de um solo. Os equipamentos empregados nestes serviços são: irrigadeiras e unidades de compactação de qualquer tipo: estático ou vibratório, liso ou corrugado (DER/SP, 2012).

Os controles dos serviços de terraplenagem são os geométricos que se referem principalmente à verificação de cotas e de larguras e os geotécnicos que se resumem na determinação do grau de compactação, que geralmente é especificada a obtenção de uma densidade igual ou superior a 95% da obtida em laboratório no ensaio de Proctor Simples (DER/SP, 2012).

4.6 OBRAS DE DRENAGEM

Concomitante ao andamento das obras de terraplenagem e pavimentação iniciam-se as obras de drenagem, como poderá ser verificado, a seguir.

Os drenos de pavimentos, sejam os rasos ou os profundos, devem ser executados ao mesmo tempo que os serviços de terraplenagem.

A execução das sarjetas, meio fio, valetas na crista dos aterros, descidas d'água e demais dispositivos devem ser iniciados logo após a conclusão do revestimento asfáltico. As valetas de crista de cortes com revestimento (grama ou concreto) deverão ser executadas após a conclusão dos serviços de terraplenagem nos segmentos a que se inserem, do mesmo modo que os revestimentos vegetais dos taludes (cortes e aterros), de modo a preservar e garantir a integridade dos serviços executados (DER/ES, 2013).

Os dispositivos de drenagem devem ser executadas conforme posição, inclinação, profundidades e materiais indicados em projeto (DER/SP, 2012).

Os controles da execução da drenagem são de três tipos: geométrico, tecnológico e ambiental. Os controles geométricos se referem à verificação dos alinhamentos, cotas, larguras, espessuras e diâmetros dos elementos do sistema de drenagem. Os controles tecnológicos se referem à verificação da compactação dos solos de fundação, resistência dos tubos, resistência dos concretos utilizados nos elementos fundidos no local. Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e à segurança viária (DER/SP, 2012).

4.7 OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO

Após o término dos serviços de terraplenagem e concomitante aos serviços de drenagem iniciam-se as obras de pavimentação, como apresentado neste capítulo.

A execução dos serviços de pavimentação deve seguir, rigorosamente, as instruções de execução e de materiais apresentadas nas especificações técnicas definidas no projeto.

O serviço de regularização e preparo do subleito consiste em corrigir algumas falhas da superfície terraplenada para a obtenção da configuração definida no projeto e obtenção de determinado grau de compactação até a profundidade de 20cm (SENÇO, 2001; DER/SP, 2012).

Durante a operação de carregamento, transporte e descarregamento do material dos caminhões deve-se tomar cuidado para evitar que ocorra a segregação do material (BALBO, 2007).

Durante a construção das camadas de pavimentação, deve-se realizar o controle do serviço e dos materiais e também adotar medidas para a proteção dos serviços contra a ação das águas pluviais, do trânsito e outros agentes prejudiciais. Após o término do serviço de execução da camada, esta não deve receber trânsito (DER/SP, 2012).

Para a aplicação das imprimaduras, o primeiro serviço será a limpeza cuidadosa da pista e em seguida a marcação que poderá ser realizada com o uso de cordas. A limpeza pode ser feita por vassourões, vassouras mecânicas rotativas ou vassouras comuns. Se precisar de mais energia para deslocar partículas presas a superfícies pode-se utilizar ar comprimido (DER/SP, 2012; SENÇO, 2001).

Sempre deve-se verificar se após a execução de cada camada se a sua deflexão está inferior a deflexão máxima admissível determinada em projeto.

Os controles usuais na obra do pavimento são de dois tipos: geométricos e tecnológicos. Os controles geométricos se referem a cotas, larguras e espessuras. Os controles tecnológicos se orientam para a caracterização dos materiais: solos; agregados; ligantes; misturas (DER/SP, 2012).

Após a finalização da estrutura de pavimentação, devido ao processo natural de envelhecimento e desgaste dos materiais utilizados, devem-se executar constantemente a avaliação de serventia e serviços de reparos e manutenções (GEWEHR, 2013).

4.8 OBRAS DE SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

Após a finalização das etapas de obras de terraplanagem, drenagem e pavimentação, iniciam-se as obras de sinalização, como poderá ser verificado, a seguir.

Os procedimentos para a execução da sinalização resumem-se à implantação dos dispositivos de sinalização vertical e horizontal de acordo com informado para o projeto (DER/SP, 2012).

A pintura das faixas no eixo e nos bordos do pavimento é facilitada com o emprego de máquina. A pintura da sinalização horizontal é iniciada com a marcação de

pontos, suficientemente próximos, para a orientação do operador do equipamento mecanizado ou do encarregado quando o serviço for executado manualmente (DER/SP, 2012).

A sinalização vertical é instalada conforme indicação das normas vigentes onde se preconiza que os suportes das placas de sinalização devem ser fixados de forma a manter os sinais permanentemente na posição apropriada, impedindo que balancem com o vento e sejam girados ou deslocados. As placas instaladas ao longo da rodovia devem possuir suportes próprios de fixação que podem ser simples ou duplos (DER/SP, 2006a).

O controle da sinalização horizontal ocorre por inspeção visual e o controle da sinalização vertical ocorre na verificação do posicionamento e da cravação dos postes de sinais, dos balizadores e dos marcos quilométricos (DER/SP, 2012).

As defensas e barreiras devem acompanhar o alinhamento e o greide. Para evitar choque frontal do veículo com o início da defesa, deve-se implantá-la mais afastada da borda e enterrá-la. O controle de execução das defensas e barreiras ocorre por inspeção visual com a verificação do alinhamento e espaçamento, correto, dos suportes, do comprimento, da fixação dos suportes no terreno, das chapas nos suportes e se a pintura protetora do material não foi removida após instalação (DER/SP, 2012).

É importante ressaltar que, durante a execução de todas as etapas de obras, deve-se utilizar a sinalização de obras para garantir segurança aos trabalhadores e usuários da via. Nos casos de obras ou emergência, os sinais em placas podem ser colocados sobre cavaletes ou suportes móveis. As informações podem ser com placas ou painéis eletrônicos (DER/SP, 2006b).

4.9 OBRAS DE ILUMINAÇÃO

Após a finalização de todas as etapas de obras, mencionadas anteriormente, iniciam-se as obras de iluminação, como poderá ser verificado, a seguir.

Primeiramente devem-se demarcar em campo as estacas que vão indicar os pontos onde os postes serão fixados, permitindo assim a instalação dos postes (SALTO, 2013).

O poste será erguido até a posição vertical através de guindaste e quando estiver sobre a base deve ser abaixado lentamente até a correta posição de fixação, sendo então nivelado com fio de mira e depois fixado aos chumbadores com a utilização das porcas, no caso do poste com base flangeada (postes com sapatas em chapas metálicas que são flangeados a uma base de concreto). Para o poste tipo engastado, ele é fixado no interior da fundação através do preenchimento dos espaços vazios com os materiais especificados em projeto (DER/SP, 2006d; CORSINI, 2012).

A luminária deve ser instalada em poste com diâmetro entre 40mm e 61mm na extremidade e o ângulo de montagem deve ser regulado de acordo com o projeto ou recomendações do fabricante, para se obter o melhor rendimento possível do conjunto. A lâmpada deve ser alojada no interior do refletor e rosqueada ao soquete, até que a trava de segurança atue, impedindo o desprendimento da lâmpada por vibração. Finalmente, a luminária deve ser ligada à rede elétrica de alimentação (DER/SP, 2006d).

Os cabos devem ser transportados e guardados em bobinas de madeira e antes do seu lançamento todo o percurso deve ser cuidadosamente limpo, de tal maneira que não retem pedras e outros objetos susceptíveis de danificar os cabos. O desenrolamento deve ser feito da maneira que não ocorra formação de barrigas, nós, torções e encaracolamentos. No caso de cabos instalados diretamente no solo, logo após assentados nas valas, devem ser cobertos com camada de terra peneirada ou areia de pelo menos 10cm. Após o lançamento e assentamento dos cabos, nas valas ou em eletrodutos, as extremidades devem ser protegidas com fita isolante e fita tipo autofusão, até que os mesmos possam ser conectados eletricamente (DER/SP, 2006d).

Todos os postes metálicos devem ser aterrados por cabos de cobre nu, enterrados a, no mínimo, 0,6m de profundidade (CORSINI, 2012).

É importante ressaltar que, durante a execução de todas as etapas de obras, anteriormente relatadas, deve-se utilizar iluminação de obras para garantir segurança aos trabalhadores e usuários da via e para que os serviços, muito deles realizados em períodos noturnos, saiam com qualidade.

A iluminação é essencial para obras em rodovias, para a visualização ser nítida a todos que estão ou passam no local e para a prevenção de acidentes. Os serviços para implantação de uma rodovia exigem precisão e enxergar diferenças entre relevos é fundamental (AIRSTAR, 2008).

4.10 OBRAS DE PAISAGISMO

Após a finalização das obras mencionadas anteriormente, ocorrem às obras de paisagismo, como poderá ser verificado, a seguir. Entretanto alguns serviços de paisagismo podem ser iniciados antes deste período.

Para a proteção dos taludes contra as erosões e outros problemas geotécnicos será aplicado o revestimento vegetal do talude que pode ser plantado pelo processo de leivas, hidro-semeadura e mudas. Para a execução do revestimento, inicialmente, o talude deve ser regularizado e limpo de todo material solto, e posteriormente compactado (DER/SP, 2012).

A implantação da arborização da rodovia, após definida a forma, os quantitativos e os tipos das espécies vegetais a serem implantadas, deverão obedecer as seguintes etapas: preparo das mudas; transporte e plantio (DER/MG, 2004).

O preparo de mudas deverá ser realizado em horto ou instalações adequadas para obtenção de sementes que darão origem às mudas. As mudas deverão permanecer neste local até alcançarem a altura de 50cm a 1,5m, quando estarão aptas a serem utilizadas no plantio, sendo então adubadas e recebido o devido tratamento fitossanitário. O transporte das mudas deverá ser realizado com o máximo cuidado, principalmente quando forem espécies mais sensíveis. O plantio, que deverá ocorrer em período chuvoso, deverá ser executado mediante a abertura de covas, com dimensões de 0,60 x 0,60 x 0,60 metros, para mudas de grande porte e espaçamento de acordo com cada espécie. Elas devem ser colocadas em seu interior e devem ser preenchidas com terra e esterco. Deve-se realizar, constantemente, a poda de árvores e arbustos cujos galhos representem perigo ao tráfego ou cujas raízes comprometam o sistema de drenagem superficial (DER/MG, 2004).

4.11 FISCALIZAÇÃO (SUPERVISÃO)

Durante todas as etapas de obras haverá uma empresa que fará a supervisão de obras que deve ser contratada pelo órgão responsável pela via.

A supervisão é um conjunto de atividades desenvolvidas por empresas de engenharia consultiva, especializadas e com equipe técnica capacitada em:

- a) exercer a fiscalização de serviços específicos;
- b) decidir questões de interpretação do projeto, especificações e normas;
- c) avaliar e controlar a qualidade e quantidade dos materiais empregados e dos serviços executados;
- d) verificar a qualidade do produto acabado;
- e) ter conhecimento dos termos contratuais;
- f) analisar o cumprimento do cronograma físico-financeiro, com o intuito de melhorar a qualidade técnica de execução quanto aos prazos e custos do empreendimento rodoviário (DER/SP, 2005b).

Em qualquer situação, a supervisora subordina-se à orientação do órgão contratante.

4.12 AS BUILT

O *As Built* traduzido para o português **Como Construído**, tem como função identificar e documentar as alterações de projetos, ocorridas por alguma necessidade, na etapa de obras, visando atualizar o projeto executivo, compatibilizando-o com a obra executada, e assim poder ser utilizado em futuras obras complementares ou modificações necessárias (DER/SP, 2006f).

Para o desenvolvimento do *as built*, deve haver na obra toda a documentação do projeto executivo que é indispensável para as atividades de supervisão e de controle e serve para comparação do que foi projetado e o que realmente foi executado em campo (DER/SP, 2006f).

A elaboração de *as built* compõe-se de duas fases: a execução e a conclusão (DER/SP, 2006f).

a) - Fase de execução:

Nesta fase, o *as built* ocorre concomitante à execução da obra com o registro imediato, em desenhos e relatórios, de qualquer alteração ocorrida em relação ao projeto executivo (DER/SP, 2006f).

b) - Fase de conclusão:

Logo após a conclusão da obra, todos os desenhos e relatórios desenvolvidos que referem-se às modificações implantadas na obra, devem ser compilados para montagem da documentação final que representa a última versão emitida do projeto sendo condizentes e coerentes com a real implantação da obra. A documentação deve conter, por exemplo, as seguintes informações e especialidades: informações gerais do empreendimento; geometria; terraplenagem; pavimentação; obras de arte correntes e drenagem; obras de contenção geotécnica; obras de arte especiais; recuperação de obras de arte especiais; sinalização e elementos de segurança; serviços de proteção ao meio ambiente; desapropriações; outras obras complementares; conclusões; e anexos (DER/SP, 2006f).

Além do registro de todas as mudanças ocorridas no projeto durante a execução da obra, deve também registrar no *as built* a adoção de especificações diferentes das

recomendadas no projeto executivo e também todas as interferências e remanejamentos definitivos (DER/SP, 2006f).

É importante que o *as built* seja desenvolvido imediatamente após a conclusão de cada etapa física dos serviços de cada especialidade (DER/SP, 2006f).

É importante informar que a elaboração do *as built* não exige a supervisão da responsabilidade de verificação e inclusão de obras (DER/SP, 2006f).

4.13 AMBIENTAL – FASE FINAL

O último serviço da etapa das obras é a solicitação do licenciamento ambiental, neste caso a Licença de Operação (LO).

4.13.1 Licença de Operação

A terceira etapa do processo de licenciamento ambiental é a obtenção da licença de operação que autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação (DER/SP, 2012).

Após o término de todas as obras para implantação do empreendimento e da aprovação e liberação do órgão fiscalizador, será solicitado junto aos órgãos ambientais, com os documentos necessários, a Licença de Operação para que o empreendimento passe a ter sua devida funcionalidade, ou seja, passe a funcionar efetivamente.

Nesta etapa do licenciamento deve-se elaborar e apresentar o Relatório Final de Implantação dos Programas Ambientais contemplados no PBA. Estando aprovados pelo órgão ambiental competente, é emitida a LO (ENERGIA SUSTENTÁVEL DO BRASIL, 2010).

5 CONCLUSÃO

A implantação de uma rodovia implica no desenvolvimento social e econômico da população local, uma vez que permite a interligação de diversos pontos facilitando a locomoção dos usuários. Tal constatação pode ser verificada desde os povos mais antigos, que tiveram sucesso em diversas áreas como, por exemplo, forças armadas, religiosas e econômicas, após a construção de vias de locomoção.

Este tipo de construção é considerado um dos mais antigos empreendimentos da construção civil. O ciclo de rodovia envolve várias etapas como: estudos iniciais, planejamento, estudos e levantamentos, projetos, construção (obras), operação e manutenção. Sendo que neste trabalho abordaram-se as etapas referentes à implantação de rodovias, isto é, as etapas de estudos e levantamentos, projetos e construções (obras).

Para que a implantação ocorra corretamente deve-se em cada etapa seguir rigorosamente, salvo em casos especiais, as legislações, normas, manuais, instruções e especificações que tem por finalidade indicar os procedimentos, critérios e padrões a serem adotados em todos os serviços realizados.

Porém, infelizmente, muitas vezes, ocorrem falhas no decorrer das etapas, seja por erros profissionais, pelo curto prazo de entrega ou pelo baixo valor de pagamento de serviço. Por consequência, a implantação da rodovia passa por problemas, que às vezes podem não ser observados inicialmente, sendo identificados apenas quando a mesma já está funcionando, o que é ruim, pois haverá um custo maior para reparar tais problemas.

Além disso, outras situações problemáticas que pode-se citar no decorrer de cada etapa são: a demora na aprovação dos licenciamentos e documentações, devido à burocracia de órgãos públicos, a execução de projetos sem posse de resultados dos estudos e os levantamentos topográficos; incompatibilidade de especialidades de projetos que são fornecidos para execução na obra; falta de detalhamento dos projetos entregues a obra; falhas no orçamento da obra; execuções de obras que não seguem as diretrizes adotadas em projeto; falta ou falhas na fiscalização dos serviços na obra, entre os agravantes.

Assim sendo, desenvolveu-se este trabalho para apresentar informações teóricas obtidas em revisões bibliográficas para apresentar a ordem e o que deve ser feito na execução de cada etapa envolvida na implantação de uma rodovia.

Portanto, uma rodovia, quando bem planejada, estudada, projetada e construída, promove conforto, segurança e autonomia aos seus usuários e também o desenvolvimento econômico e social da região de implantação, bem como de sua população.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5101: Iluminação pública.** Rio de Janeiro, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14744: Poste de aço para iluminação.** Rio de Janeiro, 2001.

AIRSTAR. **Rodovias.** Rio de Janeiro: Airstar – Space Lighting – Brasil. 2008. Disponível em: <<http://www.airstar-light.com/br/obras/354>>. Acesso em: 19 abr. 2014.

ANDRADE, Mário Henrique Furtado. **Introdução à pavimentação.** Paraná - UFPR, 2005. Notas de aula para a disciplina de Transportes B do Curso de Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Paraná.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BATEZINI, Rafael. **Estradas e Aeroportos.** São Paulo – UNIP, 2013. Notas de aula da disciplina de Estradas e Aeroportos do Curso de Engenharia Civil da Universidade Paulista.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros.** Rio de Janeiro: PETROBRAS e ABEDA, 2006.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF. 1993.

CAIRES, Mirella Costa. **Processo de desapropriação para implantação de rodovias urbanas.** 2004. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil com ênfase Ambiental) – Engenharia Civil, Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2006.

CINCERRE, José Roberto *et al.* **Pavimento de baixo custo para vias urbanas: bases alternativas com solos lateríticos – gestão de manutenção de vias urbanas.** São Paulo: Arte & Ciência, 2009.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF. 2002.

CORSINI, Rodnei. Iluminação metálica: Os parâmetros técnicos para contratação de serviços de colocação de postes de aço galvanizado e lâmpadas com vapor metálico. **Revista Infraestrutura Urbana: projetos, custos e construções.** São Paulo, Ed. Set./2012, n °18, ano 2, p. 62-63, 2012.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de Rodovias 2012**. Brasília-DF, 2012. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/Inicio.aspx>>. Acesso em: 14 ago. 2013.

DER/ES – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Termo de Referência - Implantação e Pavimentação da Rodovia ES-320, Trecho Cotaxé – Ponto Belo**. Espírito Santo: 2013. Disponível em: <<http://www.der.es.gov.br/Concorrencias.aspx?id=1>>. Acesso em: 19 abr. 2014.

DER/MG – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Arborização na Faixa de Domínio nas Rodovias sob Jurisdição do DER/MG. 2ª Edição**. Minas Gerais: 2004. (RT – 01.48.a)

DER/SP – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO. **Edital Nº 105/2008 – CO (Proposta Empresarial para a Concorrência Nº 105/2008-CO para o DER/SP)**. São Paulo: 2008.

_____ **Manual básico de estradas vicinais: projeto, construção e operação**. São Paulo: 2012. v. 1.

_____ **Manual de sinalização rodoviária: Confeções de sinais. 2ª Edição**. São Paulo: 2006a. v. 2.

_____ **Manual de sinalização rodoviária: Obras, serviços de conservação e emergência. 2ª Edição**. São Paulo: 2006b. v. 3.

_____ **Levantamento topográfico, batimétrico e cadastro**. São Paulo: 2006c. (ET-DE-B00/002_A)

_____ **Serviços para iluminação de rodovias**. São Paulo: 2006d. (ET-DE-E00/002_A)

_____ **Estudos preliminares de traçado e estudos funcionais**. São Paulo: 2005a. (IP-DE-A00/004_A)

_____ **Projeto de engenharia para implantação de rodovias vicinais**. São Paulo: 2006e. (IP-DE-A00/008_A)

_____ **Elaboração de as built de obras rodoviárias**. São Paulo: 2006f. (IP-DE-A00/010_A)

_____ **Planilha de quantidades**. São Paulo: 2006g. (IP-DE-A00/011_A)

_____ **Instrução para realização de supervisão de obra**. São Paulo: 2005b. (IP-DE-A00/012_A)

_____ **Projeto de desapropriação e decreto de utilidade pública.** São Paulo: 2005c. (IP-DE-D00/001_A)

_____ **Projeto de iluminação de rodovias.** São Paulo: 2006h. (IP-DE-E00/001_A)

_____ **Projeto geométrico.** São Paulo: 2005d. (IP-DE-F00/001_A)

_____ **Estudos geológicos.** São Paulo: 2005e. (IP-DE-G00/001_A)

_____ **Instruções de serviços geotécnicos.** São Paulo: 2005f. (IP-DE-G00/002_A)

_____ **Estudos geotécnicos.** São Paulo: 2006i. (IP-DE-G00/003_A)

_____ **Estudos hidrológicos.** São Paulo: 2005g. (IP-DE-H00/001_A)

_____ **Projeto de drenagem.** São Paulo: 2006j. (IP-DE-H00/002_A)

_____ **Cadastro de interferências.** São Paulo: 2005h. (IP-DE-I00/001_A)

_____ **Elaboração de estudos de tráfego.** São Paulo: 2005i. (IP-DE-J00/001_A)

_____ **Projeto de sinalização.** São Paulo: 2005j. (IP-DE-L00/001_A)

_____ **Projeto de sinalização durante a execução de obras e serviços.** São Paulo: 2005k. (IP-DE-L00/002_A)

_____ **Projeto de dispositivos de segurança.** São Paulo: 2005l. (IP-DE-L00/003_A)

_____ **Projeto de pavimentação.** São Paulo: 2006k. (IP-DE-P00/001_A)

_____ **Projeto de terraplenagem.** São Paulo: 2005m. (IP-DE-Q00/001_A)

_____ **Projeto de paisagismo.** São Paulo: 2005n. (IP-DE-S00/001_A)

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE.
Manual de Estudos de Tráfego. Rio de Janeiro: 2006. (IPR-723)

DUARTE, Juliana. Cada um no seu canto. **Revista Construção do Começo ao Fim.** São Paulo, Ed. 2012, 14 ano, p. 68-69, 2012.

ENERGIA SUSTENTÁVEL DO BRASIL. **Processo de Licenciamento Ambiental**. Porto Velho: 2010. Disponível em: <<http://www.energiasustentaveldobrasil.com.br/licenciamento-ambiental.asp>>. Acesso em: 21 abr. 2014.

GEWEHR, Juliano. **Cuidados na Pavimentação**. Porto Alegre: Asfalto de Qualidade, 2013. Disponível em: <<http://asfaltodequalidade.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 27 out. 2013.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Sobre o PAC**. Brasília: 2014a. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Sobre o PAC**. Brasília: 2014b. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/transportes/rodovias>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Transporte Rodoviário do Brasil**. Brasília: 2014. Disponível em: <<http://www2.transportes.gov.br/bit/02-rodo/rodo.html>>. Acesso em: 21 abr. 2014.

MOREIRA, Décio *et al.* **Topografia**. São Paulo – FATEC/SP, 2012. Apostila da disciplina de Topografia do Curso de Tecnologia em Construção Civil na Modalidade de Movimento de Terra e Pavimentação da Faculdade de Tecnologia de São Paulo.

PASTANA, Carlos Eduardo Troccoli. **Pavimentações de Estradas II**. Marília - UNIMAR, 2006. Anotações de aula da disciplina de Pavimentações de Estradas II do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Marília.

PREGO, Atahualpa Schmitz da Silva. **A memória da pavimentação no Brasil**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.

RIBEIRO, Denise. **Construção de Estradas**. Bahia – UFBA, 2011. Notas de aula da disciplina de Construção de Estradas do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Bahia.

SALTO inicia obra de iluminação pública da Rodovia da Convenção. **Jornal Periscópio**: o Jornal do Povo, Itu, 15 out. 2013. Disponível em: <<http://jornalperiscopio.com.br/site/index.php/salto-inicia-obra-de-iluminacao-da-rodovia-da-convencao/>>. Acesso em: 19 abr. 2014.

SENÇO, Wlastemiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2001. v. 2.