Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni - Dezembro de 2018

CONSTRUÇAO E PAVIMENTAÇÃO DE ESTRADAS E RODOVIAS

* Djalma Reis Fideles, Gilson Nogueira dos Santos; **Arnon Roberto Rihs

Resumo

Construção e pavimentação de estradas ou rodovias consiste na produção de uma estrutura de pavimento ligada, iniciando-se com uma camada de base estável até uma camada de superfície precisamente nivelada, originada a partir de uma terraplenagem. Por meio de pesquisa bibliográfica, revisando publicações no período de 2015 a 2018, este trabalho tem como objetivo apresentar os impactos causados como também as etapas a serem seguradas em um projeto de construção e pavimentação de estradas, desde o local da obra e licenciamentos até sua conclusão. Para realização do projeto, precisa-se que o local da obra em que se deseja fazer a construção ou pavimentação da estrada passe por estudos, obtendo relatórios contendo a situação geológica, hidrológica, geotécnica e topográfica, para assim dar início à terraplenagem. Assim, conclui-se que a pavimentação e construção de estradas está diretamente relacionada com o desenvolvimento econômico e social, dando melhorias às estradas, porém provocando o desequilíbrio ambiental.

Palavras-chave: pavimentação, terraplenagem, estradas.

Abstract

Construction and paving of roads or highways consists of the production of an interconnected floor structure, starting with a stable base layer for a precisely leveled surface layer, originating from a earthworks. Through a bibliographical research, the review of publications in the period from 2015 to 2018, aims to present the positive and negative impacts caused by the same and also the steps to beinsured in a project of construction and paving of roads, from from the workplace to completion. In order to carry out the project, it is necessary that the site of the work where it is desired to carry out the construction or paving of the road goes through studies, obtaining reports containing the geological, hydrological, geotechnical and topographical situation, in order to start the earthworks. With this, it is concluded that the paving and construction of roads is directly related to the economic and social development, providing improvements in the roads, but provoking the environmental imbalance.

Keywords:paving, embankment, roads.

* Acadêmicos do 3º período do curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antonio Carlos de Teófilo Otoni – MG; **Mestre em Ensino de Física pela PUC-MG. Professor na Faculdade presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni; email: profarnon@gmail.com

1 Introdução

Com o desenvolvimento das cidades, tornou-se necessário e indispensável novas construções de rodovias que viabilizassem o transporte de pessoas e de cargas. Essa proliferação de rodovias, sem precedentes, é um fenômeno mundial, impulsionada pela locomoção mais fácil e rápida de veículos, minerais, combustíveis, de produções agrícola, etc. Essa necessidade de novas rodoviasse deve, entre outros fatores, à necessidade de evolução do comercio e do desenvolvimento econômico e social das nações.

Geralmente a maioria dessas novas estradas em construção são construídas em regiões de desenvolvimento, o que representa reflexos diretos no meio ambiente, quando não são levadas em conta as técnicas utilizadas ou quando não são estudadas as características do meio em que será implantada, provocando o aumento de degradações e passivos ambientais, como por exemplo a poluição do ar, a contaminação dos mananciais da água, o rompimento de drenagem natural do solo, redução da camada de ozônio e extinção da biodiversidade, dentre outros.

Realizado por meio de pesquisa bibliográfica, revisando publicações atuais, o presente trabalho tem por objetivo retratar da importância da construção de novas estradas, enfatizando-se os impactos na sociedade.Portantoé importante encontrar um justo equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e social e os impactos ambientais acarretados pela construção de estradas.

No Brasil, país de dimensões continentais onde predomina o transporte rodoviário, a construção de rodovias assume o papel em especial relevância, podendo evidenciar tal importância como por exemploa ocorrência da greve de caminhoneiros, com impactos em toda a sociedade. Além disso, a ausência de rodovias prejudica o funcionamento de empresas dependentes da chegada de materiais e peças, para prosseguir com suas atividades e, impacta negativamente a exportação de produtos.

Por esses e outros motivos torna-se essencial a construção de novas estradas principalmente em regiões em desenvolvimento, facilitando a chegada de novas empresas e aumento da economia local; e ao mesmo tempo buscar formas de prevenir ou, minimizar os impactos ambientais sofridos pelo meio.

2. Licenciamento Ambiental

Os projetos de infraestruturas de estradas, de um modo geral, exigem elaboração de estudos de impactos ambientais (EIA) e, respectivo relatório de impacto

ambiental (RIMA) em conformidade do apregoado pela legislação ambiental através da lei N° 6.938/1981 e resolução 001/86 e 237/97 do conselho nacional de meio ambiente (CONAMA) nos casos de obra, onde a extensão de seu empreendimento não impliquem em impactos significativos, deve ser elaborado o relatório preliminar ambiental (RPA) e nos casos de maior complexidade ambiental, deveram ser desenvolvidos estudos, análises e proposições para a mitigação dos impactos, expressos no estudo e no RIMA. (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA. Manual de gestão ambiental, 2006. p. 43.)

O projeto final da engenharia deve ser acompanhado pelo EIA, RIMA ou RPA, que deverão ser apresentados ao órgão ambiental responsável pelo licenciamento, seja ele municipal estadual federal, visando obter a licença ambiental prévia (LAP) tendo essa licença, pode-se dar início, a etapa de execução da obra, que compreende as atividades executivas do projeto final de engenharia econsequentemente, do projeto ambiental e de eventuais programas ambientais, desenvolvidos para a mitigação dos impactos previstos, constantes da licença ambiental prévia, e só pode ser iniciada a partir da concessão da licença ambiental de instalação (LAI) e deverá o empreendedor propor um plano de controle ambiental, apresentando-lhe ao órgão licenciador, sendo assim, o cumprimento dessas medidas propostas, bem como dos compromissos assumidos na LAP e LAI, condiciona a expedição da licença ambiental de operação (LAO).(DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA. Manual de gestão ambiental, 2006. p. 49.)

A empresa executora deverá conter no seu quadro funcional de obra, um profissional credenciado e habilitado para atender com exclusividade os assuntos relacionados ao meio ambiente, que deverá liderar equipe de inspeção e vistoria dos procedimentos ambientais estabelecidos. A gestão ambiental, na fase de obras deve ser organizada, no sentido de envolver todas as equipes de trabalho, com a filosofia da sustentabilidade, independente da fase cronológica do empreendimento, o que requer treinamento e acompanhamento dos funcionários.

A estratégia de supervisionar e fiscalizar, há de realizar o gerenciamento ambiental, compreendendo como atividades básicas: A inspeção ambiental que visa acompanhar e documentar a implantação de medidas de caráter ambiental, as ações corretivas de interferência induzidas pelas obras, registro de ocorrências ambientais negativas e positivas e emissão de comunicado sobre irregularidades observadas nas atividades executivas, controle ambiental que objetiva o acompanhamento e avaliação permanente contínua ou periódica dos efeitos esperados, da eficácia das ações de

medidas e proteção ambiental implementadas e dos programas e projetos compromissados no licenciamento ambiental, o acompanhamento dos licenciamentos das áreas de apoio junto às empresas construtoras no sentido de evitar com que o empreendedor utilize materiais de fontes não regularizadas ambientalmente.

3. Impactos relacionados a construção de estradas e rodovias

Quanto aos impactos positivos, evidencia-seque aconstrução de estradas contribui para o aumento da produtividade agrícola, incentiva a instalação de indústrias e fábricas nas suas proximidades, contribui para o aumento do número de empregos seja dos operários da construção das rodovias em razão da abertura de vagas de trabalho ou em razão do surgimento das empresas beneficiadas, contribui para o aumento da arrecadação pública, do comércio legal da qualidade de vida de seus usuários com a facilitação do deslocamento entre as cidades contribui ainda para melhoria nas condições de saúde e educação da população que poderá ter melhor acesso aos hospitais e escolas facilitando assim o transporte de pessoas e também de cargas e produtos da região, evita a perda de produtos perecíveis, contribui para a realização de novos negócios.

O surgimento das rodovias é um importante fator que contribui para a instalação de fábricas e empresas, possui reflexos direto no aumento no número de empregos e na renda da população local, contribuindo também para o aumento da arrecadação pública através dos impostos gerados pelo exercício da atividade empresarial, como o ICMS (imposto sobre a circulação de mercadorias e serviços) que posteriormente deverá ser revertido para o atendimento das necessidades da população, como a construção de escolas, hospitais ou segurança, contribuirá ainda para o aumento da população agrícola, já que permitirá seu escoamento de forma mais eficaz e barata.(LAURANCE, 2014).

No que se refere aos impactos negativos, pode-se registrar o aumento de ruídos, poeiras e gases, início e aceleração de processos erosivos, carreamento de sólidos e assoreamento da rede de drenagem, interferência com a qualidade das águas superficiais e subterrânea, alteração do custo d`agua com consequências para a vida aquática, deposição de materiais de descarte, supressão de vegetação nativa, alteração nos habitats e também nos movimentos migratórios de alguns animais, criação de barreiras à vida selvagem e sensível, perda da biodiversidade causadas pelas fragmentação e isolamento de populações, aumento da caça predatória,

atropelamento de animais silvestres, formação de ambientes propícios ao desenvolvimento de vetores, a possibilidade de acidentes com cargas perigosas com contaminação de rios e lagos, facilitação das atividades de madeireiras ilegais, ocorrência de desmatamento, extração ilegal de recursos naturais e incentivo a garimpagem ilegal, entre outros.(MOTTA, 2013).

4 Etapas da construção e pavimentação de estradas ou rodovias

Segundo(CONSEGV, 2010. p. 75.) Apresentam-se as seguintes etapas:

4.1 Estudos de tráfego local:

Compreende avaliar o fluxo e a tendência evolutiva do local em questão, cujo objetivo é estabelecer critérios que si fixam as características operacionais do local e forneçam subsídios para o dimensionamento do pavimento.

4.2 Estudos hidrológicos:

Tem com objetivos dentre outros, quantificar a vazão proveniente das precipitações pluviais, estabelecendo-se o regime pluviométrico regional, tudo isso visando o dimensionamento das obras de captação, condução e descarga de água, que serão partes integrantes do sistema de drenagem.

4.3 Estudos topográficos:

Tem por finalidade fornecer subsídios, que por sua natureza, é a base para os demais estudos e detalhamento do projeto em questão.

4.4 Projetos:

Na elaboração de projetos para a construção ou pavimentação de estradas e rodovias, serão levados em conta, os estudos geométricos que pode ser considerada como a determinação dos fatores que compões a estrada em sua forma ou seja o local, extensão do trecho, a largura do leito no terreno que suportará o pavimento, a largura da faixa de rolamento, os declives e aclives máximos, bem como as curvas máximas em gruas. Já nos estudos geotécnicos estuda os tipos de solos encontrados

no leito da terra, que pode ser arenoso, argiloso, rochoso, etc, variando em função de sua formação geológica.

Os dados coletados no estudo geométrico são encaminhados ao escritório técnico para a preparação de projetos, e os dados dos estudos geotécnicos (sondagem do sub-leito e jazidas) são coletadas e catalogados, registrados em planilhas e encaminhados ao laboratório para o ensaio e posterior dimensionamento.

4.5 Projeto de terraplenagem:

4.5.1 Serviços Preliminares:

Conforme destacado anteriormente, a terraplenagem consiste, em termos gerais, na execução de cortes e de aterros. Porém, antes de dar início às operações básicas, é necessária a retirada de todos os elementos, naturais ou artificiais, que não participarão diretamente ou que possam interferir nestas duas operações. Os naturais são constituídos pelas árvores, arbustos, tocos e raízes e os artificiais por construções, cercas, posteamentos, entulhos, etc. O conjunto de todas essas atividades é designado nas “Especificações Gerais para Obras Rodoviárias” do antigo DNER, atual DNIT, por Serviços Preliminares, os quais compreendem o desmatamento, o destocamento e a limpeza.

O desmatamento envolve o corte e a remoção de toda a vegetação, qualquer que seja a sua densidade. O destocamento e a limpeza compreendem a escavação e a remoção total dos tocos e da camada de solo orgânico.

Além dessas operações, dependendo da situação do trecho em projeto, podem ser introduzidos outros serviços preliminares, como por exemplo:

_Remanejamento de postes;

_ Remoção de cercas;

_ Remoção de estruturas de madeira;

_ Demolição de muros, e

_ Demolição de estruturas de alvenaria.

4.5.2 Caminhos de Serviço

Em se tratando de terraplenagem de trecho virgem, ou seja, trecho que não possui uma estrada de ligação de caráter pioneiro é necessário abrir caminho para os

equipamentos que levarão o material retirado dos cortes para os aterros. É o que chamamos de caminhos de serviço para execução da terraplenagem.

Esses caminhos, que são estradas de padrão apenas suficiente para possibilitar o tráfego dos equipamentos, interligarão, em linhas gerais, cortes com aterros e estes com o canteiro da obra.

No título “caminhos de serviço”, no caso de projeto onde já existe uma ligação rodoviária, encaixam-se as estradas denominadas por desvios e provisórias, que constituem as vias para manutenção do tráfego da rodovia.

Entende-se como desvios as extensões de vias existentes para as quais será remanejado o tráfego durante o período de construção. Como provisórias são considerados os caminhos especialmente construídos para esse fim, nos segmentos onde não haja possibilidade de desviar o tráfego para a implantação antiga ou para estradas já existentes.

Como no caso dos caminhos de serviço destinados à execução da terraplenagem, os desvios e as provisórias terão padrão técnico apenas suficiente à passagem regular do tráfego, recebendo em seu leito camada superior a um revestimento primário somente em casos excepcionais.

Além dessas estradas, ainda são considerados como caminhos de serviço aqueles que se destinam a assegurar o acesso às ocorrências de materiais a serem utilizados nos serviços de pavimentação e drenagem, que são as pedreiras (pedra britada), jazidas (materiais já desagregados e solos em geral) e areais (areia). As características técnicas a adotar são as mesmas preconizadas para os demais caminhos de serviço.

Com base nos dados fornecidos pelos estudos topográficos, geométricos e geotécnicos procedem-se o projeto de terraplenagem e quanto ao projeto geométrico, tem-se que procurar adaptar o greide do projeto a topografia da região, resultando-se em cortes e aterros ajustando-se, entre outras, as necessidades do projeto.

4.5.3 Cortes

Cortes são segmentos que requerem escavação no terreno natural para se alcançar a linha do greide projetado, definindo assim transversal e longitudinalmente o corpo estradal. As operações de corte compreendem:

_ Escavação dos materiais constituintes do terreno natural até a plataforma de terraplenagem definida pelo projeto;

_ Escavação para rebaixamento do leito de terraplenagem, nos casos em que o subleito for constituído por materiais julgados inadequados;

_ Escavação nos terrenos de fundação de aterros com declividade excessiva (comuns nos alargamentos de aterros existentes) para que estes proporcionem condições para trabalho dos equipamentos e estabilidade às camadas a serem sobrepostas;

_ Alargamentos além do necessário em algumas porções de cortes para possibilitar a utilização de equipamentos normais (comuns nos casos de escavações em cortes já existentes;

_ Transporte dos materiais escavados para aterros ou bota-foras.

4.5.4 Empréstimos

Empréstimos são escavações efetuadas em locais previamente definidos para a obtenção de materiais destinados à complementação de volumes necessários para aterros, quando houver insuficiência de volume nos cortes, ou por razões de ordem qualitativa de materiais, ou de ordem econômica (elevadas distâncias de transporte). Dependendo da situação podem ser considerados dois tipos distintos de empréstimos: laterais e concentrados (ou localizados).

a) Empréstimos Laterais

Os empréstimos laterais se caracterizam por escavações efetuadas próximas ao corpo estradal, sempre dentro dos limites da faixa de domínio. Nos casos de segmentos de cortes se processa o alargamento da plataforma com conseqüente deslocamento dos taludes e, no caso de aterros, escavações do tipo “valetões”, em um ou ambos os lados. Logicamente, o que vai definir a execução ou não desses empréstimos é a qualidade do material adjacente aos cortes ou aterros em que se fará a escavação e o volume necessário para suprir a carência de material no aterro de destino.

Na execução dos empréstimos laterais algumas exigências devem ser devidamente atendidas:

1. A conformação final da escavação, tanto em corte como nas adjacências dos aterros, deve seguir uma geometria bem definida, para que proporcione uma aparência estética adequada;

2. Nos casos de cortes, deve-se dar preferência para escavações do lado interno às curvas, o que aumentará as condições de visibilidade;

3. Em faixas laterais a aterros não devem ser efetuadas escavações muito profundas, com declividades excessivas, mantendo as condições de segurança e evitando grandes acúmulos de água e erosões. Também nesses casos devem-se tomar todas as precauções para que não sejam comprometidas as obras de arte correntes (bueiros).

4. Os eventuais prejuízos ambientais decorrentes da abertura dos empréstimos deverão ser sempre minimizados, impondo-se uma conformação adequada que assegure a correta drenagem das águas precipitadas, assim como a posterior proteção vegetal das áreas deixadas a descoberto.

b) Empréstimos Concentrados

Os empréstimos concentrados são definidos por escavações efetuadas em áreas fora da faixa de domínio, em locais que contenham materiais em quantidade e qualidade adequada para confecção dos aterros. A utilizaçãodesse tipo de empréstimo se dá quando não existem materiais adequados nas faixas laterais a cortes ou aterros para efetivação de empréstimos laterais, ou quando esses últimos não proporcionam a retirada do volume total necessário.

Os locais dos empréstimos concentrados ou localizados devem ser selecionados dentre as elevações do terreno natural próximas ao aterro a que se destinará o material, devendo-se definir a área e forma de exploração de tal maneira que, após a escavação, se tenha uma aparência topográfica natural. As medidas minimizadoras dos impactos ambientais sugeridas para os empréstimos laterais aplicam-se, na totalidade, aos empréstimos concentrados.

4.5.5 Aterros

Aterros constituem segmentos cuja implementação requer o depósito de materiais, para a composição do corpo estradal segundo os gabaritos de projeto. Os materiais de aterro se originam dos cortes e dos empréstimos.

As operações de aterro compreendem a descarga, o espalhamento, a correção da umidade (umedecimento ou aeração) e a compactação dos materiais escavados, para confecção do corpo e da camada final dos aterros propriamente ditos, bem como para substituição de volumes retirados nos rebaixamentos de plataforma em cortes ou nos terrenos de fundação dos próprios aterros.

4.5.6 Bota-Foras

Bota-foras são os volumes de materiais que, por excesso ou por condições geotécnicas insatisfatórias, são escavados nos cortes e destinados a depósitos em áreas externas à construção rodoviária, ou seja, são os volumes de materiais escavados não utilizáveis na terraplenagem.

O local de depósito desses materiais deve ser criteriosamente definido a fim de não causar efeitos danosos às outras obras de construção e ao próprio meio-ambiente.

4.5.7 Serviços Especiais

a) Aterros sobre Solos Inconsistentes

Em algumas situações peculiares, impostas pela geologia regional, o projetista de terraplenagem e o executor de tais obras se vêem às voltas com problemas nas fundações dos aterros. Tais problemas dizem respeito à ocorrência, nos terrenos de fundação, de solos possuidores de baixa resistência ao cisalhamento, incapazes de suportar as pressões exercidas pelos aterros sem apresentar rupturas ou deformações apreciáveis.

Estes solos de baixa resistência normalmente são formados sob influência direta da água (“banhados”), gerando materiais com forte contribuição orgânica (“depósitos orgânicos”), de péssimo comportamento geotécnico (“solos moles” ou “solos hidromórficos”). Duas situações são potencialmente favoráveis à ocorrência deste fenômeno:

1. Em zonas baixas, correspondentes a talvegues intermitentes interceptados pelo traçado.

2. Em zonas alagadiças, correspondentes a planícies de inundação de cursos d’água.

Cumpre notar que as planícies aluvionares podem, por vezes, ser de natureza arenosa, quando então não deverão apresentar maiores problemas.

As ocorrências de solos moles apresentam grande diversidade de comportamento, tanto pelas variações nas características físicas dos materiais ocorrentes (coesão, resistência ao cisalhamento) como pela própria magnitude da camada (profundidade, área), para cada caso em particular.

Admitindo-se como premissas básicas que os solos ocorrentes nos terrenos de fundação de um determinado aterro a ser construído são efetivamente “moles” e que qualquer mudança de traçado é impraticável, podem ser cogitados diversos

procedimentos especiais, com vistas à viabilização técnica da construção do aterro projetado, como se expõe em continuação.

1ª Solução: Remoção da camada inconsistente

Trata-se do procedimento executivo bastante recomendável. Em linhas gerais, a camada problemática é totalmente removida por equipamentos escavadores especiais, substituindo-se o volume resultante desta remoção por material de boa qualidade, usualmente um produto inerte frente à ação da água. Após, executa-se normalmente o aterro projetado.

A grande vantagem desta primeira solução é de que a possibilidade de futuros recalques diferenciais no aterro executado praticamente inexiste, caso a substituição dos solos moles tenha sido levada a bom termo. Este procedimento enfrenta, no entanto, limitações de ordem técnica e econômica, quando o porte da camada a remover assume proporções elevadas.

2ª Solução: Execução de bermas de equilíbrio

Este segundo procedimento executivo tem tido larga aplicação. Consiste na execução de aterro ladeado por banquetas laterais, gradualmente decrescentes em altura, de sorte que a distribuição das tensões se faz em área bem mais ampla do que aquela que resultaria da utilização de um aterro convencional. Esta melhor distribuição das tensões faz com que, efetivamente, o sistema “flutue” sobre a camada mole.

As bermas de equilíbrio podem ser dimensionadas através de procedimentos correntes de mecânica dos solos, desde que se conheça a geometria do aterro a ser executado e as características físicas dos solos do terreno de fundação (resistência ao cisalhamento, coesão). A questão do dimensionamento das bermas de equilíbrio não é aqui abordada, por constituir uma especialização dentro das áreas de geotécnica e mecânica dos solos.

Quando do emprego de bermas de equilíbrio, são expectáveis e toleráveis alguns recalques diferenciais, de longas amplitudes longitudinais, os quais, em geral, não afetam a serventia da via. No caso de rodovias pavimentadas, adições posteriores de massa asfáltica poderão solucionar ou pelo menos atenuar estes problemas.

3ª Solução: Execução do aterro por etapas

Este procedimento consiste em sobrepor ao terreno de baixa resistência ao cisalhamento, por sucessivas vezes, frações do aterro projetado. A cada nova deposição de material, verificam-se processos de adensamento da camada mole, até que, após um certo número de aplicações, o sistema entre em equilíbrio, permitindo que a execução do aterro se complete normalmente. Cabe notar que cada adição de

material não deve superar à chamada “altura crítica”, parâmetro este que representa a máxima carga suportável pela camada mole sem que resultem processos de ruptura. Esta solução não permite previsões muito seguras, não só no que respeita à quantidade de material a ser aplicada até a estabilização do sistema, como também quanto ao prazo necessário à verificação deste evento.

4ª Solução: Expulsão da camada mole por meio de explosivos.

Neste processo, uma porção de aterro projetado é inicialmente sobreposta à camada mole, sucedendo-se a implantação de cargas explosivas no interior deste. A detonação das cargas explosivas, contida superiormente pela porção de solo adicionada, faz com que parte dos solos moles seja expulsa lateralmente e que, como consequência, o material sobreposto preencha o volume liberado. Novas adições de material de aterro e detonações fazem com que a camada mole seja gradualmente substituída pelo material importado. Findo este processo, o aterro pode ser normalmente executado.

5ª Solução: Execução de drenos verticais

Esta técnica construtiva é fundamentada no fato de que a remoção da água que normalmente satura uma camada de baixa resistência ao cisalhamento acelera o processo de adensamento desta camada, gerando, como consequência direta, uma melhoria nas suas condições de suporte. Uma prática comum é a de executar drenos verticais preenchidos com areia, adequadamente dispostos em planta e seção transversal, aos quais se sobrepõe um “colchão drenante”, composto pelo mesmo material. Segue-se a execução, sobre este colchão, de parte do aterro, a qual exercerá pressão sobre o sistema, forçando a água de saturação a atingir os drenos verticais, ascender por estes e ser eliminada pela camada drenante.

Evidentemente, a porção de material adicionada se deformará na medida em que a camada mole recalca, havendo necessidade de ser reconformada. O processo não elimina por completo a possibilidade de futuros recalques adicionais.

Na atualidade, os chamados “geodrenos” apresentam-se como uma opção bastante interessante aos drenos verticais de areia convencionais.

6ª Solução: Reforço de Terreno de Fundação com Geossintético

Esta técnica construtiva, introduzida há alguns anos em nosso país, consiste em aplicar sobre a superfície do terreno de fundação, “a priori” da execução do aterro, um geossintético do tipo geotêxtil, geocélula ou geogrelha. As características de um geossintético adequado ao reforço do terreno de fundação de aterros envolvem longa

durabilidade, alta resistência à tração e flexibilidade, tornando a solução bastante prática e competitiva.

Critérios econômicos e aspectos particulares da obra fornecerão ao projetista, para cada caso em particular, subsídios à escolha da prática mais recomendável.

b) Aterros sobre Terrenos com Elevada Declividade

A construção de um aterro sobre uma encosta íngreme constitui-se em outro empecilho executivo, que deverá exigir estudo criterioso e solução adequada. O principal problema reside, neste caso, no entrosamento do terrapleno com o terreno natural, fato agravado se este exibir superfície lisa (rochosa) e/ou tendência a formar zona de percolação de água.

A prática recomenda que se proceda, inicialmente, a escavação de degraus no terreno de fundação, operação esta conhecida como “escalonamento” ou “denteamento”. Removido o material dos degraus, o aterro pode ser normalmente executado, a partir do degrau inferior, formando um maciço entrosado com o terreno natural. A execução de drenos nos degraus escavados é essencial, quando se verificam zonas de percolação intensa de água.

Problema similar ocorre quando se executa um aterro de maior porte sobre outro aterro pré-existente, caso comum quando do aproveitamento de uma ligação pioneira, cuja geometria se pretende melhorar. Nestas situações, costuma-se escalonar os taludes do aterro existente e só então executar o novo maciço.

Cabe notar que as dimensões dos degraus (altura e largura) serão definidas, para cada situação, em função das dimensões e características dos equipamentos disponíveis.

c) Banqueteamento de Taludes

A prática de implantação de banquetas nos taludes de cortes ou aterros tem aplicação exclusiva a seções possuidoras de taludes de elevadas alturas.

Fundamenta-se a indicação de banquetas em taludes em dois pontos básicos:

1. Os estudos de estabilidade de taludes, desenvolvidos pelo setor de geotécnica, podem recomendar a execução de banquetas, com vistas a aumentar o fator de segurança de taludes de cortes e aterros muito elevados. É fácil notar que, quanto maior o número de banquetas, tanto mais suave se torna a inclinação do talude, em termos médios;

2. O setor de hidrologia poderá, também, recomendar a execução de banquetas, em função da “altura crítica em termos de erosão”, para cortes ou aterros. Esta altura pode ser entendida como o valor limite, acima do qual a água pluviométrica

precipitada e escoada sobre o talude passaria a ter energia suficiente para provocar erosão deste maciço. Se neste ponto-limite for implantada uma banqueta, esta funcionará como coletora e condutora da água precipitada, impedindo a existência de fluxos d'água nos taludes com velocidades passíveis de provocação de erosões.

Compensação de volumes**:**

A execução de escavações em cortes ou empréstimos determina o surgimento de volumes de materiais que deverão ser transportados para aterros ou bota-foras. Ainda, quanto à configuração do terreno onde se realiza uma operação de corte, esta poderá determinar uma seção dita de "corte pleno" ou uma "seção mista".

Dependendo da situação topográfica do segmento, teremos caracterizados dois tipos distintos de compensação de volumes: compensação longitudinal ou compensação lateral.

5Compensação Longitudinal:

Uma compensação é dita longitudinal em duas situações:

1. A escavação é em corte pleno, ou a escavação provém de empréstimo não lateral a aterro. Neste caso, todo o volume extraído será transportado para segmentos diferentes daquele de sua origem: de corte para aterro (ou bota-fora); de empréstimo para aterro, unicamente;

2. A escavação do corte é em seção mista onde o volume de corte supera o volume de aterro. Neste caso, o volume excedente de corte em relação ao volume necessário de aterro no mesmo segmento terá destinação a segmento distinto do de origem.

5.1 Compensação Lateral ou Transversal:

A compensação lateral se caracteriza pela utilização de material escavado, no mesmo segmento em que se processou a escavação. É o caso de segmentos com seções mistas ou em que a situação do terreno existente apresente pequenos aterros disseminados em cortes plenos ou vice-versa.

Estabelecimento de critérios para a seleção qualitativa de materiais na terraplenagem:

As condicionantes geológicas de cada região impõem, por vezes, significativas variações nos materiais ocorrentes ao longo do traçado, podendo ser encontrados

materiais que se apresentem ou não satisfatórios em termos qualitativos. Estas variações não ocorrem somente como uma alternância longitudinal de diversos produtos, mas poderão existir também em profundidade.

Define-se seleção qualitativa de materiais como o processo que visa destinar às camadas finais de terraplenagem (camada final dos aterros e subleito dos cortes), aqueles materiais locais que se apresentam técnica e economicamente como os mais favoráveis, conferindo a essas camadas adequadas condições para suportar a superestrutura projetada, seja ela rodoviária ou ferroviária.

Basicamente, dois aspectos devem ser considerados no projeto, quando se trata de estabelecer um critério de seleção qualitativa:

_ As características mecânicas dos materiais envolvidos;

_ As características físicas destes materiais.

Características Mecânicas (de Trabalhabilidade)

Normalmente se especifica que as camadas finais de terraplenagem sejam compostas por materiais de 1ª categoria (solos, em geral), admitindo-se o emprego de materiais de 2ª e 3ª categorias somente no corpo dos aterros.

A restrição ao emprego de produtos de 2ª categoria na porção superior dos aterros e no subleito dos cortes deve-se ao fato de que estes apresentam comportamento duvidoso, seja pelas próprias incertezas quanto a sua composição granulométrica como também pela imaturidade que usualmente caracteriza estes produtos. Por imaturidade subentende-se o fato de que as rochas alteradas tendem a se degradar com certa facilidade e rapidez, quando expostas ou retrabalhadas.

Já aos materiais de 3ª categoria associam-se problemas de drenagem profunda (subleito dos cortes) ou de granulometria (camada final dos aterros).

A primeira idéia que o leigo poderia fazer quando à permanência de um material compacto no subleito dos cortes é a de que tal prática seria altamente desejável. Em termos de suporte, não há dúvidas de que esta impressão é válida. No entanto, a prática tem demonstrado que pavimentos executados diretamente sobre leitos rochosos não raro exibem inúmeros defeitos. Estes defeitos em geral são associados a problemas de sub-drenagem, pois as rochas apresentam, usualmente, grande número de fissuras (diáclases), pelas quais ascendem à plataforma as águas freáticas. Mesmo a execução de drenos longitudinais profundos não resolve o problema, pois, nesses casos, não se pode definir efetivamente um “lençol freático”. A solução para o problema, consiste na adoção da seguinte prática executiva:

_ Rebaixar o greide de terraplenagem dos cortes em rocha, em profundidade variável entre os valores extremos de 10 e 40 cm;

_ Executar, lateralmente à plataforma rebaixada, drenos profundos;

_ Preencher a superfície rebaixada com um material granular, de granulometria adequada e insensível à ação da água, o qual funcionará como uma “camada drenante”;

_ Sobre este sistema, implantar a superestrutura.

O conjunto assim executado permite que as águas freáticas ascendentes sob a plataforma sejam captadas na camada drenante e aí, subindo de nível, acabem sendo coletadas pelos drenos longitudinais, que as conduzirão até a saída do corte.

No que diz respeito ao emprego de materiais de 3ª categoria em camadas finais de aterros, verificam-se problemas de ordem granulométrica, pois os produtos extraídos dos cortes apresentam fragmentos de diversos portes, conduzindo a um subleito de comportamento heterogêneo. Ademais, uma camada final executada nestas condições pode apresentar problemas de acomodamento posterior, além de fuga do material fino da camada inferior do pavimento, “per descensum”.

No entanto, determinadas regiões apresentam elevada incidência de materiais de 2ª e 3ª categorias, o que pode levar o projetista a indicar o emprego destes produtos (preferencialmente os de 3ª categoria), tolerando-os nas camadas finais dos aterros, desde que sejam tomados cuidados especiais na execução, principalmente no que diz respeito à utilização de granulometrias mais “cerradas” nas derradeiras camadas, a fim de evitar os problemas de fuga de finos.

Em termos de subleito dos cortes, a presença de materiais de 2ª categoria poderá, nestes casos críticos, ser admitida, desde que o dimensionamento do pavimento leve esta deficiência em consideração. Para materiais de 3ª categoria, a solução de rebaixamento de greide e execução de camada drenante é praticamente imprescindível.

6Execução da obra

Têm-seque ter locais preparados e de fácil acesso para a instalação de canteiros de obra, locações de jazidas, cercas e amocherifados. Mas nos casos de pavimentos de ruas (empresas locais) os canteiros de obras são normalmente dispensáveis em virtude de já disporem de instalações fixas. Geralmente a etapa operacional se divide em: Infraestrutura que compreende a terraplenagem, drenagem,

camada de reforço sub-base, base e camada de revestimento. E a superestrutura que compreende a sinalização, paisagismo e proteção.(CONSEGV, 2010. p. 84.)

6.1Serviços de manutenção

Representam os serviços posteriores, destinados a conservação das vias nas mesmas condições do projeto. São eventualmente executados serviços complementares de melhoramento, cujas necessidades si verificam no transcorrer do uso da via, nessa faseos serviços de proteção policial concorrem para a segurança do trânsito e da estrutura, com seus postos de pesagem. As cargas excedentes, com vistos no dimensionamento, são extremamente prejudiciais a infraestrutura, comprometendo-se a vida útil do pavimento.(DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTRURA. Manual de gestão ambiental, 2006. p. 93.)

7. Considerações finais

Com a constatação do número de estradas no mundo, tornou-se necessário e importante aprofundar o estudo dessas grandes construções de estradas e rodovias pavimentadas, seus impactos de ordem ambiental, econômico e social decorrente de sua construção e abranger ainda, medidas preventivas que terão uma maior efetividade na tutela ambiental diante de atividades potencialmente degradadoras do meio ambiente como é o caso da construção de estradas, por isso torna-se fundamental e necessária prevenir ou limitar os impactos ambientais negativos sobre a biodiversidade da terra, ecossistemas nativos e áreas selvagens.

Estradas bem projetadas nos locais adequados com a realização das necessárias preventivas e migratórias a serem executadasàs custas do empreendedor responsável, contribuirão para a efetividade do desenvolvimento sustentável das nações, em especial considerando os impactos positivos, econômicos e sociais, advindos com o surgimento das mesmas.

Dos impactos positivos, destacam-se a geração de empregos, o escoamento da produção, a facilidade de acesso aos empreendimentos turísticos e também o desenvolvimento econômico local regional. Para esses impactos, devem ser adotadas medidas para potencializa-los, como priorizar o treinamento e contratação da mão de obra local e regional, gerando dispositivos de controle da ocupação e uso do solo para o planejamento municipal, incentivando o turismo para que valorize a cultura regional.

Diante dos impactos negativos, existem várias medidas a serem adotadas para mitiga-los, como exemplo, redução do corte de árvores, a reposição vegetal, a drenagem e escoamento das águas pluviais, controle de transporte de produtos perigosos, passagem de fauna, isolamento de áreas protegidas entre outros anteriormente destacados, que devem ser aplicados segundo os conceitos de engenharia, margeados pelos da sustentabilidade.

Conclui-se que através dessas e de outras reflexões, que se faz necessário um justo equilíbrio entre a preservação ambiental e o desenvolvimento das nações, através de novas estradas pavimentadas, de forma a permitir as presentes e futuras gerações uma vida digna, social e econômica.

Referências

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas derodagem**Normas para o projeto das estradas de rodagem.**Rio de Janeiro, 1973, 26p. Disponível em: <https://www.infoteca.Cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/376759/1/CPATUCirTec6.pdf>. Acesso em 23 de mai. de 2018.

BRASIL. Resolução 01.86 do CONAMA. Dispõe sobe impacto ambiental. **LegislaçãodeDireito Ambiental.** São Paulo: Saraiva, 2011. Disponível em: <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/rvmdArticle/viewFile/5880/4238> Acesso em 23 de mai. de 2018.

COUTO, C. G. Constituição, competição e políticas públicas. Lua Nova: Revista de Cultura e Política São Paulo: **Lua Nova**, v. 65, 2005. Disponível em: <https:siaiap32.univali.br/ser/index.php/rdp/article>. Acesso em 23 de mai. de 2018.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA (Santa Catarina). **Manual de gestão ambiental.** Florianópolis, 2006.<https://periodicos.ufbp.br/index.php/vj/article/viewFile/14868/8423>. Acesso em 23 de mai. de 2018.

CONSEGV – Planejamento e Obras Ltda. **Projeto executivo para implantação e pavimentação de rodovia MS 080**, extensão: 10,05 km. Disponível em:<www.servicos.ms.gov.br/68-MS_080_vol%2001_RELATORIO_PROJETO.pdf>. Acessoem 23 de mai.de 2018.

LAURANCE, Bill. Global **'roadmap'** shows where to put roads without costing the earth. The Conversation. Ago. 2014.Disponível em: <http://theconversation.com>. Acesso em: 23 de mai. de 2018.

MOTTA, Cláudio. **Nas rodovias, 14,7 milhões de bichos são atropelados a cada ano**. O Globo, 15 jan. 2013. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/amanha/nas-rodovias-147-milhoes-de-bichos-sao-atropelados-cada-ano-7292788> Acesso em 23 de mai. de 2018.

SANTOS, N.C. dos – Movimentação de terras. In: SANTOS, N.C. dos – **Máquinas de movimentação de terras.** 2. Ed. Piracicaba, ESALQ/Departamento de Engenharia Rural, 1976. P.1-23. Disponível em: <www.floresta.ufpr.br/defesas/pdf-dr/2005/t192-0237-D.pdf>. Acesso em 23 de mai. de 2018.

SOUZA, R. et alii – Projeto de pavimento e materiais de confecção do pavimento. In: SOUZA, R. de et alii – **Manual de pavimentação.** São Paulo, DER, 1960. V. 1, P.3-123. Disponível em: <https://colheitademadeira.com.br/wp-content/uploads/Publicações/90/pavimentação-de-estradas-florestais.pdf>. Acesso em 23 de mai. de 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Setor de tecnologia departamento de transportes.** Disponível em: <www.dtt.ufpr.br/.../Apostila%20TERRAPLENAGEM%202015%20-%20revisada.pdf>. Acesso em 10 de nov. de2018.