

UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

ALDO AROUCA

ÍNDICES PARA O CONTROLE DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA
OPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RODOVIAS

RIBEIRÃO PRETO – SP

2018

ALDO AROUCA

ÍNDICES PARA O CONTROLE DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA
OPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RODOVIAS

Dissertação de mestrado apresentada á
universidade de Ribeirão Preto (UNAERP),
como requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias de
Novaes

RIBEIRÃO PRETO – SP

2018

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento Técnico
Da Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto –

A771t Arouca, Aldo, 1951
Índices para o controle de impactos ambientais na operação e
conservação de rodovias / Aldo Arouca. – Ribeirão Preto, 2018.
83 f.: il. Color.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes.

Dissertação (mestrado) – Universidade de Ribeirão Preto,
UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2018

1. Sustentabilidade. 2 Estradas. 3 Impacto Ambiental.
I. Título.

CDD 628

Aldo Arouca

**“ÍNDICES PARA O CONTROLE DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA
OPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RODOVIAS”.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

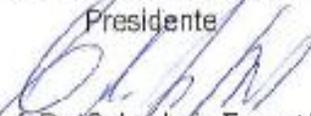
Data de defesa: 31 de agosto de 2018.

Resultado: APROVADO

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP
Presidente



Prof. Dr. Celso Luiz Franzotti
Faculdade Tecnológica - FATEC



Prof. Dr. Luciana Rezende Alves de Oliveira
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP

Ribeirão Preto
2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha querida esposa Elisabete, pelo amor, apoio, dedicação, compreensão e grande incentivadora de meus estudos, sem os quais não haveria a realização deste grande sonho.

Em todas as horas de ausência no lar, ou mesmo nas noites de estudos sempre soube com seu carinho colocar em minha vida as palavras construtivas de que valeria a pena todos os esforços. Foi e é a grande razão da minha vida.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, por me ter conduzido com saúde, paz e felicidade, nesta longa estrada da vida, mesmo quando nos falta algum pedaço de nosso coração, deu-me persistência e coragem para continuar vivendo;

Ao meu orientador Dr. Luciano Farias de Novaes, pela orientação segura, atenciosa que foi determinante na estruturação e desenvolvimento deste trabalho. A amizade sincera e o constante incentivo marcaram para sempre em minha vida, todos os seus ensinamentos.

Ao Dr. Lucas Lehfeld, pelo primeiro acreditamento de minhas observações e respeito das determinantes deste trabalho, constatou com extrema dedicação e bondade apoiando-me e acreditando na validade dos primeiros estudos.

À prof.^a Dr. Luciana Resende, na verdade não a palavras para agradecer tanta compreensão e carinho transmitido a minha pessoa, sempre com gestos e observações construtivas, me fez sentir como se tivesse recebido o grande primeiro abraço em minha vida.

Ao amigo e colega de curso Mario Corbuci pelos bons momentos que passamos juntos nesta vida acadêmica e a todos os professores que direta e indiretamente faziam parte desta minha vida acadêmica na Universidade de Ribeirão Preto.

Como em uma rodovia, a momentos de grande luminosidade e a visibilidade é absoluta e nítida, porém vem a noite e com ela aparecem várias dificuldades, que temos que ter cautela e quando não temos, certamente, o ocorreremos em acidentes. Em todos os acidentes sempre há uma recuperação e a estrada volta a oferecer seus serviços e sempre há uma nova estrada, sempre há um auxílio da longa estrada da vida. Nesta minha estrada da vida precisei de um auxílio e este teve o nome de Eng. André Brazão.

Obrigado por estar agora escrevendo sobre as minhas estradas e só vou finalizar quando a estrada da minha vida chegar ao grande silêncio.

RESUMO

As rodovias necessitam de espaços para as faixas de rodagem, acostamentos canteiros centrais, trevos, faixa de domínio lateral, canaletas de águas pluviais que podem trazer perturbações e impactos para a produção agrícola, bem como extinguir habitantes da vida selvagem das áreas florestais. A implantação dos projetos podem dividir o habitat dos animais selvagens, o que pode causar danos para a fauna e para o ser humano, a poluição do ar ocorre em função das emissões de gases pelos veículos e poeira, sendo que a poluição sonora e luminosa também é resultado dos veículos e da iluminação das estradas. Estes potenciais e significativos impactos transpõem a faixa de domínio rodoviária originando um efeito de bordo sequencial a área lindeira da rodovia. É justamente a partir da faixa de domínio e do efeito de bordo sequencial que é considerado de grande importância analisar, quando da rodovia em operação, como pode-se gerenciar o sistema rodoviário de forma sustentável. Desta forma, o objetivo do presente trabalho propõe estabelecer um rol de soluções e índices ambientais, para neutralizar os impactos significativos gerado pelo efeito de bordo criando assim uma ferramenta prática e eficiente no gerenciamento da rodovia estabelecendo um equilíbrio junto aos recursos naturais água, ar e solo impactados, that from the present work recebeu o nome de Km Ambiental. O desenvolvimento do presente trabalho diagramou as relações rodoviárias e o meio ambiente construído através da revisão bibliográfica com a importância dos impactos e o contexto ambiental das rodovias em operação, caracterizando o gerenciamento dos principais serviços de conservação rodoviária. Quantificou-se volumes de resíduos sólidos em áreas de rodovias conurbadas, desenvolveu-se dispositivos para controle dos impactos do escoamento superficial da drenagem e de acidentes com produtos perigosos que ficou denominado como Caixa de Retenção Difusa, e índices de Relevância do Passivo Ambiental (RPA) e no combate a poluição do ar com a neutralização parcial de CO₂ das emissões veiculares. Verifica-se os resultados da quantificação de resíduos sólidos no trecho apropriado de 117,7 kg/(dia.km) e em dias especiais de feriados para 134,4 kg/(dia.km) in the stretch of SP 66 from km 90 to km106. Para a mitigação dos impactos gerados pelos resíduos sólidos e para operação de emergência dos produtos perigosos a Caixa de Retenção Difusa atinge boa eficiência junto ao corpo hídrico receptor da drenagem superficial. Uma das grandes alterações ambientais verificadas é com os passivos ambientais onde o índice de Relevância do Passivo Ambiental (RPA) é uma ferramenta de gerenciamento visto que os valores indicam qual o grau de prioridade na recuperação do passivo ambiental. Atento ao aquecimento global com as emissões de CO₂ veicular os serviços de conservação rodoviária necessitam do plantio de 2180 árvores para a sua parcial neutralização. Evidencia-se a necessidade de se ter um sistema integrado e de índices que facilitem o gerenciamento ambiental e o reequilíbrio da biodiversidade na faixa de solo remanescente ao entorno da rodovia bem como a preservação da água, do solo e do ar componentes vitais para uma vida mais sustentável.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Estradas. Impacto Ambiental.

ABSTRACT

Roads need spaces for lanes, shoulders medians, clovers, side-of-way, stormwater channels that can bring disruption and impacts on agricultural production and extinguish inhabitants of the wildlife of the forest areas. The implementation of the projects may share the wildlife habitat, which can cause damage for wildlife and to humans, air pollution is a function of gas emissions by vehicles and dust, and noise and light pollution it is also the result of vehicles and street lighting. These potential and significant impacts transpose the road domain, resulting in a sequential edge effect on the highway's surrounding area. It is precisely from the domain range and sequential edge effect that it is considered of great importance to analyze, when the highway is in operation, how the road system can be managed in a sustainable way. Thus, the objective of this study proposes to establish a list of solutions and environmental indices, to counteract the significant impacts generated by the edge effect thus creating a tool practical and efficient in highway management striking a balance with the natural resources water, air and soil impacted, that received the name of Environmental Km. The development of the present work diagrammed the road relations and the built environment through the bibliographical revision with the importance of the impacts and the environmental context of the highways in operation, characterizing the management of the main services of road conservation. It was quantified volumes of solid waste in areas of conurbation highways, developed devices to control the impacts of runoff drainage and accidents with hazardous products we call Fuzzy Retention box, and Relevance indexes Environmental Liabilities (RPA) and in combating air pollution with the partial neutralization of CO₂ from vehicle emissions. The results of solid waste quantification in the appropriate section of 117.7 kg / (dia.km) and in special holidays are reported for 134.4 kg / (dia.km). In order to mitigate the impacts generated by solid waste and to emergency operation of hazardous products, the Diffuse Retention Box achieves good efficiency with the water body receiving the surface drainage. One of the major environmental changes observed is with environmental liabilities where the Environmental Liability Relevance (RPA) index is a management tool since the values indicate the degree of priority in the recovery of environmental liabilities. Attention to global warming with CO₂ emissions vehicular conservation services need to plant 2180 trees for their partial neutralization. There is evidence of the need to have an integrated system and indexes that facilitate environmental management and the rebalancing of biodiversity in the remaining land area around the highway as well as the preservation of water, soil and air vital components for a life more sustainable.

Key words: Sustainability, Roads, Environmental Impact.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 01 - Comparação de Critérios Usados para Projetos Rodoviários.....	28
Quadro 02 - Fases de utilização dos instrumentos de gestão ambiental.....	39
Quadro 03 - Parâmetro para identificação dos passivos ambientais.....	73
Tabela 01 - Resíduos sólidos recolhido na rodovia SP – 66 km 90 ao Km 106.....	61
Tabela 02 - Volume (m ³) mensal de resíduos sólidos coletados pela concessionária, por rodovia, Fevereiro / 2004 a Fevereiro / 2005.....	62
Tabela 03 - Valores do parâmetro “Interferência (I)” da fórmula de Relevância do Passivo Ambiental (RPA).....	73
Tabela 04 - Valores do parâmetro “Grau de Risco (GR)” da fórmula da Relevância do Passivo Ambiental (RPA).....	74
Tabela 05 - Valores do parâmetro “Agravante (Ag)” da fórmula da Relevância do Passivo Ambiental (RPA).....	74
Tabela 06 - Valores do Parâmetro Atenuante “(AT)” da formula de Relevância do Passivo Ambiental (RPA).....	75
Tabela 07 - Aplicativo prático do RPA.....	75
Tabela 08 - Relação da frota de veículos com a emissão de CO ₂	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Diagrama das relações rodoviárias e o meio ambiente.....	21
Figura 02 - Efeito de Bordo na área limdeira a rodovia.....	22
Figura 03 - Relações rodoviárias e o meio ambiente.....	29
Figura 04 - Volume de Resíduos Sólidos junto à faixa de domínio e canaletas de drenagem na rodovia SP 66 km 90 ao Km 106.....	63
Figura 05 - Resíduos Sólidos junto a faixa de domínio e canaletas de drenagem na rodovia SP66 do Km 90 ao Km 106.....	63
Figura 06 - Material recolhido que fica depositado na interface da faixa de domínio e o lindeiro indicando a parte da prova do impacto.....	64
Figura 07 - Erosão e impacto no lindeiro a rodovia SP-66.....	65
Figura 08 - Saída do Material Assoreado entre a canaleta e a barragem de contenção junto a faixa de domínio na SP 326, mostrando a necessidade de implantar a caixa de decantação maior para acumular os resíduos carreados.....	66
Figura 09 - Material assoreado carreado pela faixa de domínio de estrada, mostrando a necessidade de implantar o sistema de contenção denominado “caixa de retenção difusa”.....	67
Figura 10 - Vista da caixa de retenção difusa na operação normal de drenagem, ou seja, sem passar pelo compartimento de decantação.....	69
Figura 11 - Vista geral da caixa de retenção difusa.....	70
Figura 12 - Vista da caixa de retenção difusa em operação, onde o escoamento está direcionado para o compartimento de decantação (fluxo fechado para o corpo hídrico.....	70
Figura 13 - Caixa de retenção difusa proposta no presente trabalho.....	71
Figura 14 - Posicionamento da caixa de retenção difusa na faixa de domínio.....	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 IMPORTÂNCIA DAS RODOVIAS	15
3.2 IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO PELAS RODOVIAS	17
3.2.1 Fases do Projeto e o Ambiente Construído	24
3.2.2 Interações entre a Rodovia e o Meio Ambiente	30
3.3. CONDIÇÕES FÍSICAS DAS RODOVIAS NO BRASIL	32
3.4 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL RODOVIÁRIA	36
3.4.1 Avaliação de Impacto Ambiental - AIA	40
3.4.2 Auditoria Ambiental	42
3.4.3 Recuperação de Áreas Degradadas	44
3.4.4 Monitoramento Ambiental	45
3.5 OPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA	47
3.6 IMPACTOS AMBIENTAIS NA OPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA	49
3.6.1 Considerações do Passivo Ambientais	49
3.6.2 Conceituação de Passivo Ambiental	50
3.6.3 Caracterização do Passivo Ambiental Associado à Operação Rodoviária	53
3.6.4 Componentes do Passivo Ambiental Associado à Operação Rodoviária	55
4 MATERIAIS E MÉTODOS	57
4.1 QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS EM ÁREAS DE RODOVIAS CONURBADAS	57
4.2 DESENVOLVER UM DISPOSITIVO DE CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA DRENAGEM E DOS PRODUTOS PERIGOSOS JUNTO AOS RECURSOS HÍDRICOS INTERCEPTADOS PELA RODOVIA	58
4.3. PROPOSIÇÃO DE UM INDICADOR DOS PASSIVOS AMBIENTAIS EXISTENTES JUNTO ÀS MARGENS DAS RODOVIAS	59
4.4 QUANTIFICAÇÃO DO IMPACTO NA QUALIDADE DO AR DEVIDO À OPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO DAS RODOVIAS	59
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5.1 QUANTIFICAÇÃO	61
5.2 DESENVOLVIMENTO DE UMA CAIXA DE RETENÇÃO DIFUSA PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	67
5.3 PROPOSTA DE INDICADOR DE PASSIVO AMBIENTAL RODOVIÁRIO	72
5.4 OPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RODOVIAS X QUALIDADE DO AR	76
6. CONCLUSÕES	779
REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

As águas provenientes da drenagem superficial das rodovias, quando não são controladas em seu volume e sua velocidade, fazem o escoamento de grande parte de partículas diluídas na água e de resíduos sólidos colhidos no corpo estradal, causando no encontro com o corpo o hídrico coletor um forte impacto em suas margens, bem como uma significativa alteração na qualidade das águas. Somando a isto há um efeito de bordo na relação da faixa de domínio e a parte lindeira das áreas de proteção permanente – APP onde a quase inexistência da mata ciliar, os impactos ambientais das atividades de manejo da conservação rodoviária, o desmatamento do entorno, o preparo e adubação do solo agrícola, vão configurar uma degradação e um empobrecimento do solo através da erosão e o assoreamento nos cursos d'água.

Em uma análise real dos aspectos de uma rodovia já consolidada e em operação, pode-se afirmar que os maiores e mais significativos impactos ambientais são aqueles que têm na drenagem superficial o êmbolo propulsor de impactos no solo e na unidade dos recursos hídricos de uma microbacia local.

Como o ciclo das chuvas vem sofrendo forte interferência dos gases do efeito estufa, isso tem acarretado na drenagem superficial na sua forma de escoamento junto às canaletas e bueiros, acrescido de um maior volume de resíduos sólidos, uma constante sistematização de transbordamento e enchentes repentinas ao longo dos recursos hídricos lindeiros a rodovia.

Todas as águas de passagem quando não são controladas em seu volume e em sua velocidade, e com o carregamento de grande parte de partículas em suspensão e de resíduos sólidos rodoviários causam no encontro como o corpo hídrico coletor um forte impacto em suas margens, bem como uma alteração na qualidade de suas águas.

Vale ressaltar que com a configuração destas mudanças climáticas os impactos ambientais estão gerando um avanço significativo e gradual na erosão das margens, e um forte escoamento de partículas do solo que com a somatória dessas forças impactantes deixa junto à faixa de domínio um efeito de bordo com fortes características de solo degradado e com graves problemas ambientais nas Áreas de Proteção Permanente – APP.

Analisando-se em período normal das chuvas, uma plataforma asfáltica urbana (via urbana) e com coletores de sarjetas e bueiros com declividade normal pode-se constatar uma sedimentação na ordem de 1,40m³ de resíduos sólidos sedimentados a cada km lineares de

sarjeta, e $0,80\text{m}^3/\text{km}$ de material percolado na saída dos bueiros em direção ao corpo hídrico coletor, conforme os resultados obtidos nesta pesquisa.

Isto configura que na saída das águas superficiais há necessidade de se prover um sistema retardador de velocidade que induza a sedimentação destes corpos em suspensão e uma adequação do volume de entrada no corpo receptor, retendo todo esse material e provendo uma minimização deste impacto junto à micro bacia local, consequentemente a unidade hidrográfica da região.

Na formação do ciclo da chuva, entende-se que o solo de uma forma geral é o grande responsável da condução de grande parte deste volume d'água, porém há vários obstáculos naturais para colaborar de forma equilibrada com este ciclo, exemplo maior é a mata ciliar para com os rios. Há também uma relação bastante próxima onde às estradas são rios secos de asfaltos entrecortados pelos seus afluentes que são as canaletas e bueiros das drenagens superficiais onde a faixa de domínio é mata ciliar.

O grau de importância dos afluentes para com os rios ou para uma bacia hídrica é tão importante quanto à drenagem superficial é para as estradas, e justamente através da mata ciliar que se obtém anteparo e o combate a erosão e ao assoreamento dando vida as suas águas e protegendo a fauna e a flora.

Para a rodovia a faixa de domínio é como uma mata ciliar que resguarda e minimiza os impactos da estrada perante a biodiversidade ali existente quando da implantação do corpo estradal.

Desta forma, no presente trabalho estabeleceu um rol de soluções ambientais, para que além de cumprir os itens necessários da fase de licenciamento e da fase de operação, o empreendimento rodoviário possa receber técnicas e controle estabelecidos de forma a objetivarem realmente um ganho ambiental no empreendimento onde a sustentabilidade seja interligada no setor Água, Ar e Solo, restabelecendo a biodiversidade, e dando conforto e segurança ao usuário.

Promovendo este equilíbrio terá um grande instrumento de desenvolvimento que são as rodovias, a adequação necessária a uma boa qualidade de vida, uma manutenção e conservação voltada ao meio ambiente construído a custo e benefício adequado na faixa de domínio e aos lindeiros, onde possam ter segurança, conscientização, cidadania e educação ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho foi estabelecer um rol de soluções e índices ambientais, para neutralizar os impactos ambientais gerados em uma rodovia, onde o interesse maior foi estabelecer um equilíbrio sustentável junto aos recursos naturais, água, ar e solo impactados pela rodovia, sendo denominado de Km Ambiental.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar o volume de resíduos sólidos gerados em áreas de rodovias conurbadas;
- Propor uma solução que visa controlar o escoamento de drenagem superficial nas rodovias;
- Apresentar uma proposta de Índices de Recuperação de Passivo Ambiental provocado pelo sistema de drenagem junto às margens das rodovias;
- Quantificar o impacto na qualidade do ar devido aos serviços de operação e conservação das rodovias.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 IMPORTÂNCIA DAS RODOVIAS

O início do transporte, surgiu na fase de organização humana conhecida como sociedade pré-industrial, pela necessidade de facilitar a distribuição do excedente alimentar. Como este serviço era muito rudimentar basicamente para a carga e descarga em grandes deslocamentos da região produtora para a região consumidora e também iniciou-se de forma acanhada quase inexpressivo o deslocamento de pessoas, mesmo porque a elite da sociedade estava nos centros das cidades e já havia a necessidade do intercambio entre os povoados produtores e os centros das cidades.

Com o advento da industrialização surgiu a máquina a vapor e os meios de transporte, passaram a atender deslocamentos mais extensos, devido ao aumento populacional. Como consequência natural, a população cresceu abrangendo áreas em torno das cidades, porém de forma bastante desordenada pela falta de planejamento, surgindo assim, problemas de difícil solução como congestionamento e intensidade do tráfego, tornando – se um dos principais agentes do processo de poluição ambiental.

No Brasil, os incentivos ao transporte individual como o aumento do numero de veículos leves e os de carga trafegando nas rodovias com consequência diretas na queda de qualidade ambiental (TOLEDO, 1981).

A eficiência e a integração entre diversos modais de transportes são fatores fundamentais para o crescimento econômico de uma nação, pois permite o deslocamento das pessoas, a acessibilidade à educação, à informação, à saúde, à comercialização de bens, à integração social e a criação de pólos comerciais industriais e de lazer. Além de representar um fator positivo para a vida econômica dos países, a existência de transportes eficientes contribui para o bem estar dos cidadãos. Porém, os sistemas de transportes tão essenciais à sociedade moderna, com benefícios econômicos significativos para esta sociedade, trazem também impactos ao meio ambiente.

Tanto empreendedores quanto membros de grupos da sociedade organizada percebem a necessidade de se manter um equilíbrio entre o sistema de transportes e o meio ambiente.

As discussões ambientais relativas à implantação e operação de sistemas de rodovias são bastante abrangentes, visto que cada rodovia tem suas próprias características e influenciam o meio ambiente de maneira especial.

A integração entre transportes, desenvolvimento econômico, qualidade de vida e meio ambiente é uma tarefa árdua, porém significa desenvolvimento sustentável que foi paradigma da última década do século XX e continua a ser no século XXI.

Para avaliar a qualidade de vida de um indivíduo ou de uma sociedade, vários parâmetros referentes à saúde, vestuário, educação, habitação, oportunidade de trabalho, profissionalização, distribuição da população, lazer, segurança, tranquilidade, ambiente comunitário, recreação, satisfação espiritual, participação política na vida do país, realização pessoal e liberdade de expressão, devem ser observados e necessariamente estão interligados através da infraestrutura viária a serviços à sociedade. Pode-se afirmar que o transporte é o direito que viabiliza todos os demais direitos do cidadão, conseqüentemente também é o que mais depende e impacta o meio ambiente (SÁNCHEZ, 2006).

Na Europa, a rede viária do Império Romano marca seu início de sua construção 74 A.C., no final do século 1 a.C. já haviam sido construídos mais de 100.0000 km de vias (NARDO et. al., 2000). As vias eram utilizadas para o transporte de pessoas e produtos utilizando – se animais e charretes. Estas foram às primeiras vias construídas utilizando – se conceitos e técnicas similares às que hoje ainda são aplicadas, tais como: obra de arte, drenagem e até mesmo sinalização. São obras tão importantes e duradouras que muitas delas são ainda parcialmente utilizadas em seu traçado, sendo atualmente objeto de várias pesquisas arqueológicas.

No Brasil, em particular no Estado de São Paulo, a calçada do Lorena, registra a história, ser a via pavimentada mais antiga, e que ainda encontra-se preservada em alguns de seus trechos. Conhecida como o Caminho do Mar que ligava a capital paulista ao porto de Santos, no século 18 foi ampliada e pavimentada com blocos de rocha para permitir a passagem de carroças visando à melhoria das condições de exportação. Esta obra possui importância histórica e também técnica, pois foi construída utilizando-se técnicas inovadoras para a época, como drenagem e estabilização de encostas (TOLEDO, 1981).

As rodovias transformam a paisagem local e regional. São estruturas que durante a operação e mesmo depois do seu encerramento, permanecem ao longo do tempo como elementos da paisagem. Na maior parte das vezes, após o encerramento da utilização e quando preservados, estes empreendimentos podem se tornar símbolos da história de uma sociedade.

A principal característica das rodovias, é a grande extensão que percorrem, e proporcionalmente a estreita faixa de solo que ocupam, porém o impacto difuso é abrangente a grandes áreas no entorno, mais diretamente caracterizado no efeito de bordo da faixa de domínio.

A implantação de uma rodovia apresenta uma série de impactos socioambientais positivos e negativos o que não são alvos desta pesquisa, porém muito dos efeitos dos impactos na implantação são transferidos e incorporados no ambiente construído e majorados na operação e conservação da rodovia (SANTOS, 1994).

3.2 IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO PELAS RODOVIAS

A construção de uma rodovia de alguma forma sempre altera as condições ambientais do meio físico, antrópico e socioeconômico, As rodovias, devido à sua grande extensão, geralmente atravessam áreas ambientais construídas por diferentes formações geológicas, formas geomorfológicas, tipos de solos, florestas, grupo de faunas, rios, córregos, lagos, manguezais, talvegues de drenagem, bacias hidrográficas, ou seja, diferentes ambientes são interceptados (DE JORGE, 2001)

Quando há implantação de uma rodovia, estes ambientes são modificados e sempre sofrem algum tipo de impacto ambiental. Ocorre no meio biótico devido à supressão de vegetação, interferência em diferentes habitats, impactos sobre o meio socioeconômico, de diferentes naturezas, devido à interferência junto à população que reside lindeiramente ao empreendimento. Neste estudo são abordados apenas os impactos ambientais negativos relacionados ao meio físico e suas relações.

O impacto ambiental no meio físico tem início quando a rodovia é implantada em área onde não existe ação do homem, ou seja, a primeira intervenção é o desmatamento da faixa de obra (off set) e de seus acessos, que gera a exposição do solo, e na sequência, uma série de outras intervenções são realizadas, tais como: escavação em solo, corte em rochas, aterros, desvios das drenagens naturais, barramento de rios, impermeabilização, construção de obras de artes, fundações, túneis, etc., cada uma associada a algum tipo de impacto (BRANCO, 1997).

Santos (1994) define que a Geologia de Engenharia é fundamental em três conceitos básicos: natureza em continuo movimento, sentido do equilíbrio e a composição das características físicas dos diferentes materiais.

Em relação ao meio físico, os principais impactos ambientais relacionados à implantação e operação de uma rodovia são provenientes da ação de processos superficiais, tais como: erosão, movimentos gravitacionais de massa, assoreamento, recalques e colapsos, além de impactos relacionados à alteração da qualidade das águas superficiais e subterrânea (FOGLIATTI; FILIPPO E GOUDARD, 2004). Os mesmos autores descrevem que os maiores impactos decorrentes de um empreendimento rodoviário ocorrem durante a sua implantação, porém, os impactos decorrentes da operação tendem a permanecer por um período maior, tornando-se muitas vezes mais significativos.

As transformações no ambiente decorrentes da implantação de uma rodovia são incisivas, no entanto, ao longo do tempo são incorporadas pelo meio, retornando a uma situação de equilíbrio ou não. Segundo SANTOS (1994) “a natureza está sempre em busca do equilíbrio” e, neste sentido é que após as transformações impostas pela sua construção e operação, as obras rodoviárias permanecem como um novo elemento do meio ambiente ao longo do tempo.

No entanto, a busca do equilíbrio é constante e não possui limite no tempo, fazendo com que os impactos decorrentes destes empreendimentos, relacionados aos processos do meio físico sejam agravados, gerados ou até mesmo estabilizados durante a sua fase de operação. A dinâmica dos processos do meio físico relacionado a um empreendimento rodoviário depende de vários fatores, tais como: ambiente, projeto, método construtivo, manutenção da vida e das medidas preventivas e de controle adotados (FORNASARI FILHO et. al., 1992). A estabilização destes processos e a obtenção do desejável equilíbrio serão obtidas por meio de ações planejadas e concretas que possibilitem a elaboração de projetos adequados, implantação de medidas de prevenção, realização de manutenção e monitoramento das áreas.

A situação mais próxima do equilíbrio com relação aos processos do meio físico e consequente otimização das condições ambientais pode ser calculada por meio da implantação de instrumentos de gerenciamento ambientais – IGA, que proporcionarão a minimização de impactos ambientais (BITA & ORTEGA, 1998). Obviamente que tais instrumentos aplicados em todas as fases do empreendimento (concepção, implantação, operação e desativação), baseado em estudos de impacto ambiental, proporcionarão a adoção de programas e medidas

que irão minimizar os impactos ambientais do empreendimento como um todo, gerando assim o sistema de gestão ambiental rodoviário.

No entanto, a maioria das rodovias foram implantadas anteriormente à Resolução CONAMA 237/97, que regulamenta o sistema de licenciamento Ambiental de empreendimentos no Brasil e considera conceitos de gestão ambiental, e que define as competências e os tipos de atividades que devem estar submetidas aos processos de licenciamentos ambiental.

Segundo a resolução CONAMA 01/86, anterior à resolução 237/97 e que define os tipos de empreendimentos sujeitos à apresentação de estudo de impacto ambiental, estava apresentado no seu artigo 2º item I “Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento”. Desta forma, isentando-se as rodovias concedidas à iniciativa privada, a maioria das rodovias do país encontra-se “irregular” perante a legislação ambiental.

Em cada uma das quatro etapas em que um projeto pode ser dividido, quais sejam: planejamento, projeto, construção e operação, os diferentes constituintes do meio ambiente são impactados em maior ou menor grau, em função do tipo e do porte do projeto de transporte que se deseja implantar, bem como em função das características ambientais da região na qual o mesmo irá ser inserido (DIAS, 2001).

A primeira etapa de planejamento abrange estudos de localização e de mercado, análise de viabilidade técnica e econômica e avaliação de políticas sociais que geram expectativas principalmente no meio socioeconômico, pois a simples ideia de que um determinado projeto possa ser criado, pode induzir o desenvolvimento de movimentos migratórios, alterações do mercado imobiliário e reações de grupos e entidades organizadas da sociedade civil (GADOTTI, 2001).

A seguir a alternativa do projeto em estudo, elabora-se um detalhamento da mesma. Nesta etapa do projeto são fortalecidas as expectativas criadas na fase de planejamento, acelerando as suas implicações e causando impactos no meio socioeconômico, sendo considerada como a que mais impacta no meio físico pela realização de obras que provocam alterações nas águas, no solo, no ar e na paisagem. O meio biótipo pode ser impactado devido à utilização de técnicas construtivas, por vezes agressivas e inadequadas a certos ecossistemas.

Na fase de entrada em operação de uma rodovia, poderão ter impactos que foram previstos nas fases de planejamento e o controle dos mesmos. Os impactos decorrentes das operações rodoviárias são em geral com menor grau de significância dos que na fase de

implantação da mesma. As transformações impostas ao meio ambiente não são tão drásticas, já que muitos conflitos foram previamente equacionados total ou parcialmente.

Entretanto, os impactos decorrentes da operação rodoviária atingem nas respectivas áreas de influência a sua maior proporções, pois são impactos muitas vezes irreversíveis, isto é, que continuarão ocorrendo durante toda vida útil do projeto (DIAS, 2001).

Dentre estes impactos, aqueles provocados pelas atividades relacionadas com os serviços de conservação, manutenção e intervenções nas vias, com o reordenamento do tráfego e muitas vezes a queda de prioridade imposta à drenagem de superfície e a faixa de domínio, gerando um efeito de bordo junto à população lindeira ao empreendimento (PEREIRA, 2000).

Estes impactos são levantados de acordo com as técnicas mais apropriadas, onde resulta nas medidas que irão minimizar estas ações antrópicas, porém existe um espaço próprio de onde a função rodoviária se materializa que é a pista de rolamento composta pela capa asfáltica, pelo acostamento, pela drenagem superficial e uma faixa remanescente do solo originalmente existente quando da desapropriação, que se denomina “Faixa de Domínio” onde processa todo o efeito de bordo com a linha determinante dos lindeiros da rodovia (SANCHES, 2006).

Existe um espaço físico e cultural do corpo estradal que é a faixa de domínio onde se processa a transição do planejado e executado, com a realidade de toda a biodiversidade ali antes existente que transmite e potencializa os impactos previstos e não previstos que são contidos nas áreas de influência rodoviária.

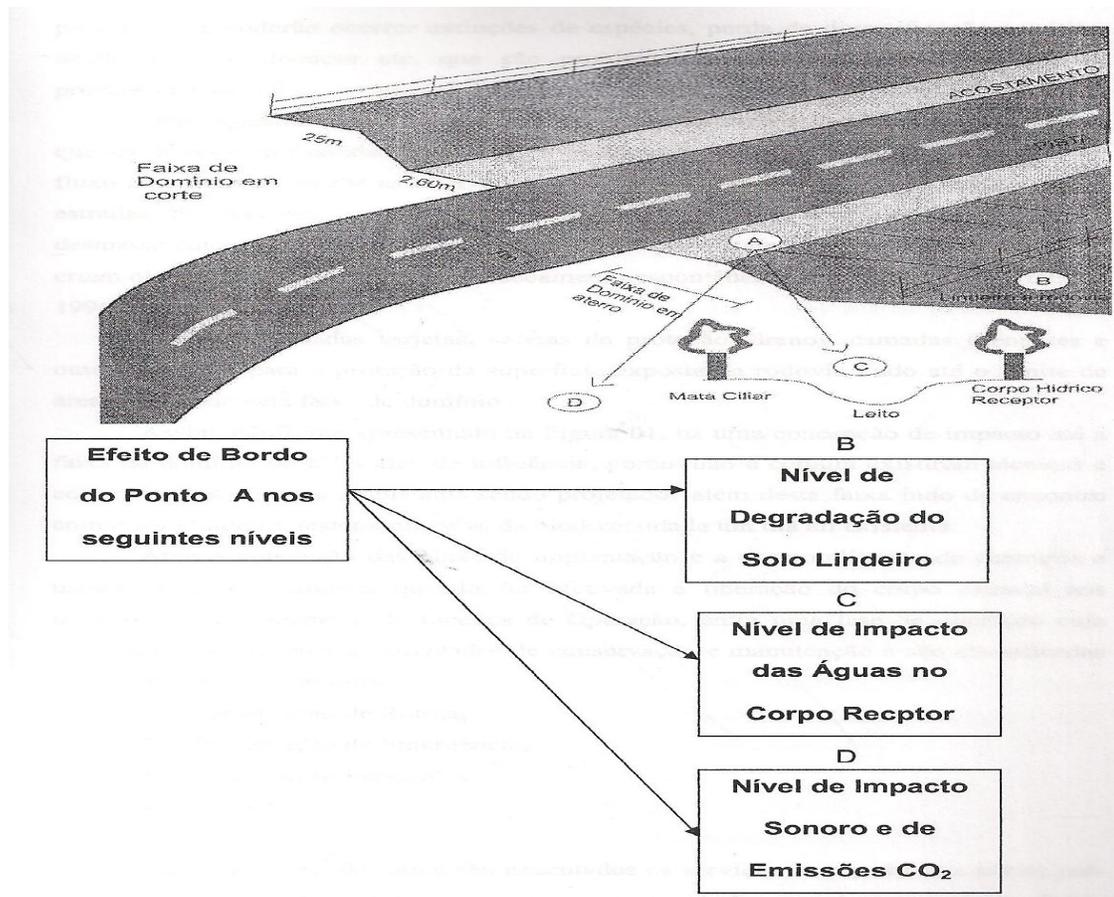
Neste espaço têm-se movimentos com o solo, tem-se alteração na flora e no revestimento vegetal, conseqüentemente interferências nos corpos hídricos, criações de novas paisagens sociais, perturbações na fauna, imposições sonoras, onde a medida do crescimento populacional e as necessidades da economia, vão processando de forma muito significativa e impactante, todos os recursos ambientais e até mesmo o próprio meio ambiente rodoviário passa a sofrer uma pressão anormal resultando assim em pressões ambientais, tais como: erosões, assoreamentos, poluição sonora e visuais e atropelamento da fauna (SANCHES, 2006).

Na Figura 01 apresenta-se um diagrama das relações rodoviárias e o meio ambiente, podendo ser observado a relação da faixa de domínio da rodovia com o solo lindeiro, com o corpo receptor e com a população residente nas proximidades.

Estas relações com o meio ambiente sob o ponto de vista físico podem até ser recuperadas com controles e combate á erosão, ao assoreamento, as deficiências de drenagem,

a revegetação de terraplanos, porém sem estabelecer um sistema que minimize este efeito de bordo o meio biótico sofre uma grande pressão onde poderão ocorrer extinções de espécies, perda de diversidade genética, desfloramentos, doenças endêmicas que são problemas irreversíveis, porém podem ser previstos e reduzidos (SANTOS, 1994).

Figura 01. Diagrama das relações rodoviárias e o meio ambiente.



Fonte: Carvalho, 1991. Adaptado pelo autor.

Entre estas relações a que mais importa níveis de impactos é a Drenagem, que são obras com finalidade de conduzir as águas superficiais ou subterrâneas quando o fluxo natural deles recebe as intervenções rodoviárias, como a abertura de acessos das estradas de serviços, cortes e aterros para implantação do traçado rodoviário, desmatamentos e supressões na faixa de domínio que afetam a ocupação e uso do solo e criam obstáculos e interrupções do escoamento espontâneo e normal das águas (SÁ 1996).

Podem ser usadas sarjetas, canaletas e proteções de concreto, drenos e outras soluções para a proteção da superfície exposta da rodovia, indo até o limite da área delimitada pela faixa de domínio (BELLA E BIDONE 1993).

Assim, conforme Figura 02 pode-se observar o efeito de bordo na área lindeira a rodovia, onde há uma concepção de impacto até a faixa de domínio ou até a área de influencia, porem não é comum existirem técnicas e controles com enfoque ambientais sendo projetada além desta faixa indo de encontro com o solo lindeiro, testemunha viva da biodiversidade um dia ali existente.

Figura 02. Efeito de bordo na área lindeira a rodovia.



Fonte: Autor, 2018.

Após a conclusão das obras de implantação e a desmobilização de canteiros e usinas, (asfalto e concreto) mais precisamente quando for efetivada a liberação do corpo estradal aos usuários, com a obtenção da Licença de Operação, entre uma fase de operação cuja rodovia passa a receber as atividades de conservação e manutenção elas são classificadas em quatro tipos, sendo estes:

- 1 – Conservação de Rotina;
- 2 – Conservação de Emergência;
- 3 – Conservação Especial;
- 4 – Trafego.

Na conservação de rotina são executados os serviços com padrões e níveis pré-estabelecidos visando manter a rodovia nas condições originais em que foram construídas, principalmente no que se refere ao controle das erosões, limpeza e manutenção da vegetação da faixa de domínio, manutenção do pavimento e da rede de drenagem.

A conservação de emergência atende dos serviços provocados por uma calamidade que danificou a rodovia, visando reparar, reconstruir ou restaurar as condições normais das obras de arte, estruturas ou trechos rodoviários.

Os serviços e obras necessários para preservar o investimento inicial, ampliações ou construções de sistemas de drenagem e obras de controle preventivo de erosões ou deslizamento de encostas estão agrupados em Conservação Especial, que vem muito a ter com esta relação rodovia – meio ambiente, pois para preservar o investimento inicial, também tem-se que preservar os impactos previstos inicialmente ou colocar técnicas que minimizem a extensão destes impactos ou preservando sua não propagação além da faixa de domínio e também mantendo e preservando a área lindeira com o mesmo objetivo do investimento inicial do empreendimento, só que com a responsabilidade socioambiental junto ao efeito de bordo da rodovia perante seus usuários e lindeiros.

Como os impactos decorrentes da drenagem são muitos próximos dos impactos da fase de implantação e da manutenção dos sistemas e drenagem de bueiros, sarjetas, decidas de água e caixas de passagens exigem vistorias periódicas em períodos chuvosos, objetivando a prevenção contra o assoreamento e o entupimento por resíduos sólidos, sente-se a necessidade de implantar medidas ambientais justamente para neutralizar e combater a propagação destes impactos nas áreas de preservação permanente e ao longo dos lindeiros rodoviários (BELLA; BIDONE, 1993). Estas medidas são:

Setor Água:

- a) Controle de Drenagem Superficial e Técnicas de Condução;
- b) Redutores de Velocidades das Águas;
- c) Sistema de Acoplamento com do Corpo Hídrico – Caixa Difusa;

Setor Solo:

- a) Condomínios Florestais de Espécies Nativas junto as APP nas Faixas de Domínio.

Setor Ar:

- a) Plantio de módulos florestais para compensação das emissões de CO₂.

Este conjunto de técnicas ambientais para a Conservação de rodovias que farão parte integrante das observações e índices a partir de faixa de domínio estabelecendo relações entre variáveis e a coleta de dados sempre com a preocupação central de identificar os fatores e como neutralizar as ocorrências no campo ambiental.

3.2.1 Fases do Projeto e o Ambiente Construído

A construção de uma rodovia de alguma forma sempre altera as paisagens com as ações impactantes no meio físico, biótico e antrópico. As rodovias, devido á sua grande extensão, geralmente atravessam diversos ambientes formados por várias formações geológicas, formas geomorfológicas, tipos de solo, florestas, grupos de faunas, rios, córregos, lagos, manguezais, talwegues de drenagem, bacias hidrográficas, ou seja, diferentes ambientes e paisagens são interceptadas.

Na fase de planejamento onde se elabora o projeto, divulga o empreendimento e processa a licitação com contratação das obras, após isso temos então a implantação do empreendimento rodoviário. Pode-se agrupar esta fase em: 1) mobilização de recursos, liberação de área física de trabalho, estruturas de apoios; 2) execução da terraplanagem, obras de artes especiais e correntes, túneis, obras de contenção, pavimentação, sinalização e obras complementares; 3) Circulação de veículos de passeio e carga, controle de operação e conservação rodoviária.

Nestas 3 fases citadas há a natureza do impacto respectivamente no meio físico, biótico e antrópico relacionado em impacto positivo, negativo e positivo-negativo acompanhando de sua significância (SANCHES 2006).

Quando há implantação da rodovia temos impacto no meio físico de alteração do sistema de drenagem e na bacia hídrica, erosão e assoreamento, alteração da qualidade da água, emissões de ruído e vibrações, alteração da qualidade do ar. No meio biótico há perda e

fragmentação da vegetação, interferências em áreas de preservação permanente, alteração nos habitats e corredores faunísticos e interferência em unidades de conservação. Junto destes impactos no meio físico há alterações do sistema de drenagem e por consequência na microbacia hidrográfica, e no meio biótico com a perda e fragmentação da vegetação e interferências em APP, pode-se acrescentar que no meio antrópico os efeitos sequenciais da realocação compulsória dos lindeiros e suas atividades, motivados pelos incômodos das atividades de implantação que irão migrar para a fase da operação rodoviária.

É necessário citar que antes da implantação da rodovia existia na paisagem original toda baseada em uma biodiversidade local que recebe um desequilíbrio constante na fase de operação e conservação rodoviária onde a ação do homem fica mais latente e onde tem-se que implementar técnicas mitigadoras destes impactos para uma procura da melhoria desta biodiversidade impactada.

Santos (1994) cita “a natureza para ser comandada precisa ser observada”, expressão que revela a maravilhosa capacidade de percepção e síntese própria dos sábios, pode-se entendê-la como a própria essência da Geologia de Engenharia, no campo rodoviário. Para o atendimento de suas necessidades (energia, transporte, alimentação, moradia, segurança física, comunicação) o Homem é inexoravelmente levado a aproveitar uma série de recursos naturais (água, petróleo, minérios, energia hidráulica, solos) e ocupar e modificar espaços naturais das formas de cidades, agricultura, indústria, usinas, vias de transportes, portos de canais, disposições de resíduos, o que já o transforma no mais poderoso agente biótico onde se verifica que a natureza deve ser obedecida, entendida e absorve-las nas atitudes comportamentais e nas soluções de engenharia de tal forma que as ações humanas dessa ordem sejam inteligentes, exitosas e provedoras da qualidade de vida para o solo; para esta geração e para as futuras, ou seja, sustentáveis. Assim os processos de erosão assoreamento, movimentos gravitacionais de massa, recalques colapsos, vão resultar em impactos diretamente na bacia hídrica com fortes alterações na quantidade e na qualidade das águas tanto superficiais como subterrânea (FOGLIATTI, et. al., 2004). Os mesmos autores indicam que nos resultados da matriz de identificação de impactos os maiores estão na fase da implantação, porém os impactos decorrentes da operação tendem a permanecer por um período maior, tornando-se muitas vezes mais significativos.

A IAEG – International Association For Engineering Geology and the Environment, refletindo o crescimento exponencial dos problemas ambientais em todo o mundo, lançou em 1992 sua conceituação epistemológica oficial para os estudos da geologia de engenharia e que também já faz parte do estatuto da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e

Ambiental: “Geologia de Engenharia é a ciência dedicada a investigação, estudo, e solução dos problemas de engenharia e meio ambiente decorrente da interação entre as obras e atividades do Homem e o meio físico, assim como o prognóstico e ao desenvolvimento de medidas preventivas a reparadoras de riscos geológicos e suas consequências”. De forma concisa, pode-se entender a geologia de Engenharia com a geociência aplicada responsável pelo domínio tecnológico da interface entre a atividade humana e o meio físico geológico.

O ambiente construído é resultado da intervenção humana no mundo físico natural. É onde lugares com diferentes características e identidades são criados e os meios para mantê-los funcionais e interdependentes são estabelecidos. Inclui tudo o que é construído – todo o tipo de construções, residências, escritórios, indústrias, escolas e igrejas junto com trabalhos de engenharia pesada como estações de tratamento, gerenciamentos de águas pluviais, rodovias e ferrovias, instalações de geração de energia, pontes, túneis e portos (ENVIRONMENTAL BUILDING NEW, 2001). Claramente, o ambiente construído inclui a recriação dos habitats naturais por meio das paisagens e estes habitats são geralmente, áreas externas que incluem pátios, parques, jardins, fazendas, áreas alagadas, lagos e outros espaços verdes entrecortados por vias, estradas e rodovias.

A variedade e o âmbito do ambiente construído estão organizados em seis componentes inter-relacionados: produto, interiores, estruturas, paisagens, cidades e regiões onde a soma dos seis componentes define o alcance do ambiente construído total. As construções e infraestrutura de ligação onde os ambientes são regiões onde cidades e paisagens são agrupadas e definidas pela unidade da bacia hidrográfica.

Exemplificando o legado de um ambiente construído dos Estados Unidos inclui 4,6 milhões de construções comerciais e 101,5 milhões de residências; 425 mil sítios subutilizados e 61 mil milhas quadradas (= 1582 mil m²) de estradas, vias e rodovias (USA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1994).

O ambiente construído apresenta muitos desafios para os processos e sistemas ecológicos naturais. Uma forma de considerá-las é pensar sobre os padrões do ambiente construído como nós e corredores. Os nós podem ser considerados os núcleos, que são cidades maiores ou menores, vilarejos e áreas industriais e comerciais autônomas. Para que funções econômicas e sociais aconteçam nesses nós ou núcleos urbanos, eles devem ser conectados por corredores de transportes e serviços.

Da mesma forma os padrões do ambiente natural também podem ser compreendidos como os conceitos de nós e corredores. Assim os primeiros seriam grandes campos, florestas, áreas importantes de recarga de águas subterrâneas e de proteção de nascentes, área alagadas,

águas correntes e lagos. Para esses núcleos naturais se apoiarem os processos naturais e funcionarem de forma ecologicamente adequada, eles devem estar conectados a corredores para o escoamento e transportes de água, nutrientes e de várias espécies de plantas e animais.

Como o ambiente construído se aproveita do ambiente natural, o habitat torna – se fragmentado, levando à perda da biodiversidade e à redução da capacidade de recarga da água. O ambiente construído depende do ambiente natural para armazenar e assimilar micronutrientes, purificar a água e fornecer recursos naturais para a construção, operação e manutenção. Exemplificando mostra – se que a preservação das áreas alagadas em um ambiente urbano, pode reduzir a carga de nitrogênio para uma bacia urbana. Esse novo entendimento dos impactos e da dependência do ambiente construído dos sistemas naturais, bem como da saúde e bem estar humano, esta levando a um novo paradigma de desenvolvimento que considera esses fatores, além do projeto para as necessidades e atividades humanas.

O termo *projeta*, em função do contexto foi inicialmente usado em projetos de transportes mais especificamente em rodovia. A mudança de projeto tradicional para projeto em função do contexto começou nos anos 1990 (ENVIRONMENTAL BUILDING NEW, 2001). A administração de Estradas de Rodagem de Maryland (Maryland State Highway Administration, 1998) fornece a seguinte definição: O projeto em função do contexto primeiro faz perguntas sobre a necessidade e o propósito do projeto de transporte e depois contempla igualmente segurança, mobilidade e preservação dos valores hedônicos, estéticos, históricos, ambientais e outros valores da comunidade.

De forma semelhante, o Departamento de Transportes de Minnesota (Minnesota Department of Transportation, 2007) define o projeto em função do contexto como "o equilíbrio e a implementação simultâneos dos objetivos de segurança e mobilidade com a preservação e melhora dos valores estéticos, cênicos, históricos, culturais, ambientais e comunitários nos projetos de transportes”.

Embora existam diferentes definições, o projeto em função do contexto garante que os projetos não sejam apenas funcionais e de custos eficiente com os ambientes, natural, social e cultural. Através do Quadro 01 pode – se comparar os critérios usados tanto para projetos tradicionais como em função do contexto. Os critérios que protegem elementos históricos e culturais, ainda que minimizem alguns impactos ambientais, não são os objetivos principais do projeto tradicional embora tenha sido considerado.

Quadro 01. Comparação de Critérios Usados para Projetos Rodoviários

Projeto Tradicional	Projeto Sensível ao Contexto
<p>Minimiza Custos Maximiza Capacidade Maximiza Segurança</p>	<p>Protege elementos históricos Protege elementos culturais Protege particularidades da comunidade Maximiza a estética visual Minimiza impactos ambientais Maximiza benefícios econômicos Incorpora valores da comunidade local Protege fortemente a biodiversidade Fornece habitats para a vida selvagem</p>

Fonte: Minesota Departamento of Transportation, 2007.

Nestes os engenheiros tendiam a pensar nos atributos históricos, culturais, sociais e ambientais como um inconveniente e como algo a se sobrepujar durante o processo de permissão.

No projeto em função do contexto, tais critérios são tratados como objetivos principais e são melhorados junto com os critérios tradicionais. Portanto o projeto em função do contexto reconhece que a proteção de elementos culturais e históricos, bem como de espaços abertos e selvagens, tem benefícios sociais e econômicos diretos e indiretos para os seres humanos e para a comunidade em que vivem.

As partes interessadas comprometidas levantarão importantes questões que devem ser incorporadas nas decisões de projeto. Por exemplo, o impacto da infraestrutura de transporte na fragmentação do habitat da vida selvagem é uma questão consistentemente levantada pelos envolvidos, porque afeta inúmeros processos ecológicos e hidrológico atravessando muitas escalas temporais e espaciais. A vida selvagem também fornece muitos benefícios recreacionais e econômicos ao público. Como resultado, a mitigação baseada no ecossistema, e é proposta como estratégia para incorporar considerações ecológicas em projeto de transporte.

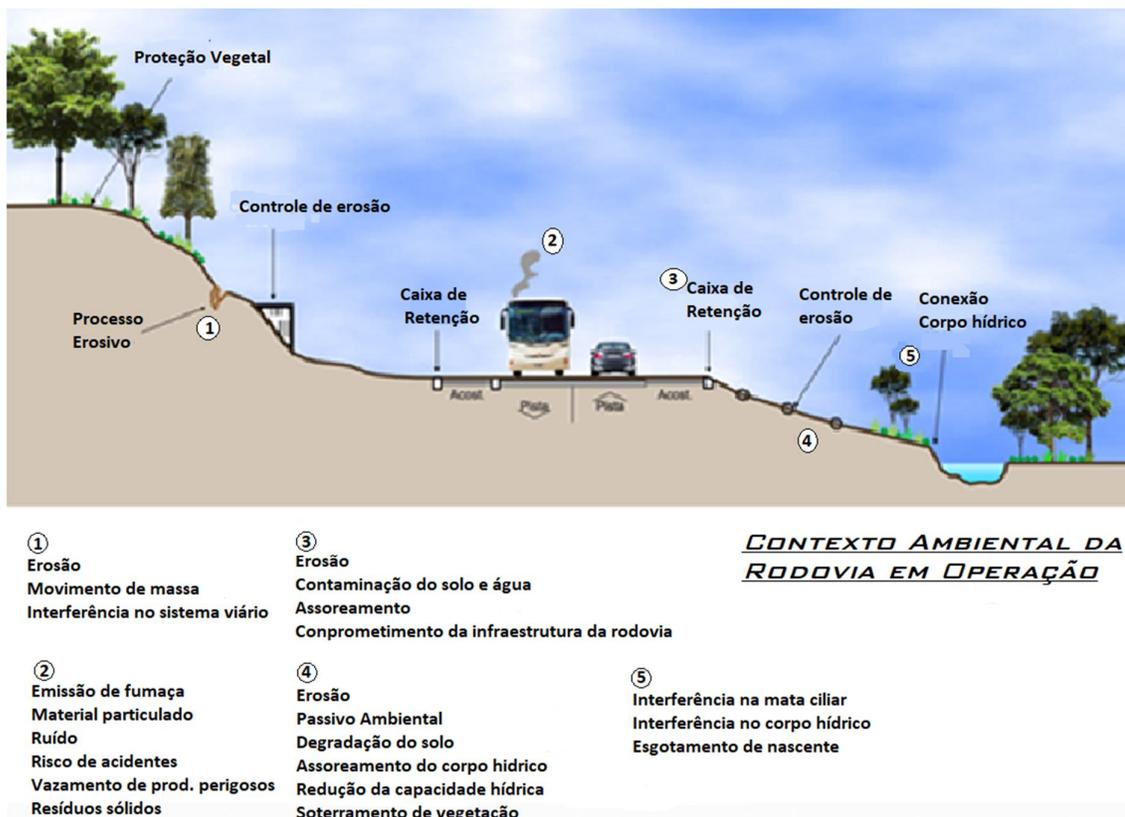
Estruturas para travessias de animais selvagens e galerias de águas pluviais projetados adequadamente são componentes comuns do projeto em função do contexto que protegem a conectividade do habitat. Corredores de vida selvagem são faixas de terra natural que conectam o habitat selvagem da fragmentação. Eles ajudam a reduzir os efeitos negativos da fragmentação do habitat e podem promover a diversidade de espécies (BRAGA et. al., 2002) e afetar espécies variadas como pássaros, peixes, lobos, borboletas, etc.

Entretanto, os impactos decorrentes da fase de operação rodoviária atingem as áreas de influência da rodovia, acrescidos da consolidação dos impactos da fase de implantação realçando suas magnitudes ou significâncias, muitas vezes irreversíveis e propagadas através da faixa de domínio aos lindeiros e em ações difusas nos campos dos receptores hídricos que compõe as Áreas de Preservação Permanentes e a bacia hidrográfica local.

Estas magnitudes propagadas são distribuídas em categoria alta, média e média baixa, nos impactos de alteração dos sistemas de drenagem, na erosão e assoreamento, na qualidade das águas, na contaminação do solo, na qualidade do ar, nas emissões de vibrações sonoras tornando a faixa de domínio um embolo indutor de efeito de bordo com estes impactos para os lindeiros do sistema rodoviário.

Assim, conforme apresentado na Figura 03, há uma concepção de impacto até a faixa de domínio, porém a difusão que passa pela área de influencia não é mais contemplada pela matriz de identificação de impactos rodoviários, não é comum existirem técnicas e controles com enfoque ambiental projetado e implantado além da faixa de domínio, preservando o solo lindeiro.

Figura 03. Relações rodoviárias e o meio ambiente.



3.2.2 Interações Entre a Rodovia e o Meio Ambiente

Em nosso planeta várias espécies de seres vivos, apesar de terem características diferentes uns dos outros, se interagem para obter um equilíbrio na natureza, e conseqüentemente a preservação da vida. Há outros fatores que devem ser observados tais como espaço físico, temperatura e localização determinando uma multiplicidade de seres vivos e de que forma se distribuem em nosso planeta, recebendo o nome de biodiversidade (bio = vida; diversidade = grande variedade) (BRAGA, 2002).

O conjunto específico no qual habita esta multiplicidade de espécie determina um ecossistema, sendo constituído por fatores bióticos, que é o efeito causado pelas diversas populações uma com as outras e por fatores abióticos, causados por fatores externos como água, ar e solo.

Assim os fatores abióticos e o espaço físico composto pela água, ar e solo são os elementos que condicionam de forma diferenciada as espécies, sendo que quando há vários ecossistemas em uma determinada localidade ou espaço indica então a formação de um bioma. Exemplo é o Bioma da Mata Atlântica, da Floresta Amazônica onde a ação antrópica de implantação e operação de uma rodovia, causa grande impacto ambiental (BRAGA, 2002).

No diagrama das relações rodoviárias e o Meio Ambiente, pode ser observado a relação da faixa de domínio com o solo lindeiro, com o corpo hídrico receptor e com a população residente no entorno.

Estas relações da rodovia implantada e em operação do ponto de vista do meio físico e biótico indicam a difusão dos impactos do ponto (A), figura 1, em seu efeito de bordo migrando com erosão, empobrecimento do solo original, desequilíbrio de nutrientes, nível de impacto nas águas no corpo receptor e em áreas de preservação permanentes – APP's com interferência na microbacia hidrográfica aumentando o nível de turbidez das águas acrescido do assoreamento da calha do receptor estrangulando a mata ciliar. Os impactos com vibrações sonoras em áreas conurbadas do entorno aumenta o desequilíbrio na qualidade do ar e somados com as emissões de CO₂ torna os impactos mais significativos.

Entre estes impactos os mais significativos estão agrupados no meio físico com alteração do sistema de drenagem, erosão, assoreamento, alteração no ar e na água, contaminantes do solo e no meio biótico com fragmentação e perda da vegetação, desequilíbrios em áreas de preservação permanente, alteração no habitat da fauna, onde se dá uma propagação da faixa de domínio para a área lindeira (SÁ, 1996).

Entre a rodovia e o meio ambiente construído há uma área delimitada pelo divisor topográfico onde está o principal elo do sistema de drenagem que é a microbacia hidrográfica composta pelo corpo hídrico receptor e estrutura básica da sustentabilidade regional.

Na área de abrangência das microbacias hidrográficas é onde ocorre a maior parte das interações das atividades do ambiente construído com a área de implantação da rodovia. Nestas atividades o homem planta, colhe, desmata, trabalha a adubagem do solo, executa estradas de serviço, atravessa áreas ripárias e sistematiza uma produção que se utiliza das funções da rodovia para o seu escoamento.

Assim a rodovia tem sua função socioambiental e transporta todo o progresso gerado na microbacia e transfere através da faixa de domínio os impactos às nascentes, às espécies da flora e fauna, e ao solo lindeiro através da drenagem superficial, traduzindo em grande interferência na sustentabilidade dos recursos hídricos das microbacias, que por sua vez alimentam as grandes bacias hidrográficas.

Desta forma temos a importância da mata ciliar protegendo as áreas ripárias das microbacias e a validade das áreas de proteção permanente – APP's, sendo caracterizado a importância dos serviços ambientais.

“A Lei nº 6.938 de 31 de Agosto de 1.981, foi precursora e geradora da maior parte do que atualmente compõe o Sistema Brasileiro de Gestão Ambiental”.

Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação, aplicação e outras providências (DIAS, 2001).

Analisando em seu artigo 2º inciso II a racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar e em inciso VI, que é o incentivo ao estudo e a pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais temos embasamento técnico para indicar medidas de combate aos impactos ambientais causados pela implementação da faixa de domínio da rodovia e suas consequências aos lindeiros proveniente do efeito de bordo da drenagem superficial (DIAS, 2001).

Na dinâmica da água na Terra então deparamos com dois conceitos básicos. O ciclo hidrológico ou ciclo da água; e a bacia hidrográfica. Este ciclo reflete o movimento ordenado da água e por sua caracterização de seus estados físicos (sólido, líquido e gasoso) dependendo de maior ou menor quantidade de energia. Parte da água que chega a superfície do solo evapora-se, o restante pode ter diversos caminhos envolvendo:

- Infiltração no solo, ficando disponível para as plantas, reabastecimento dos lençóis freáticos;

- Escoamento pelas encostas, formando sulcos e canais de drenagem, até atingir lagos, córregos, rios e oceanos;
- Formação de camadas de gelo em regiões de clima frio;
- Absorção pelas plantas e consumo de água pelos animais.

A bacia hidrográfica delimitada pelos pontos mais altos do relevo na qual a água das chuvas escorre para os pontos mais baixos formando os cursos de água. Existem as entradas e saídas das águas. A chuva e o fluxo de água subterrânea são as entradas, e as saídas ocorrem pela evaporação, pela transpiração das plantas e animais, e pelo escoamento das águas superficiais (rios e córregos) e subterrâneas, onde quando temos a implantação de uma faixa de domínio configura-se a zona de impacto ambiental na gestão das águas e é justamente a bacia hidrográfica na microrregião a mais afetada.

Passa a ser a unidade de planejamento integrando as ações visando o uso, a conservação e a recuperação das águas (Moreira, 2001).

3.3. CONDIÇÕES FÍSICAS DAS RODOVIAS NO BRASIL

A implantação da infraestrutura de transportes no Brasil nos moldes do que hoje se apresenta, teve início no final do século XIX e início do século XX. Nesta época, foram construídas as primeiras ferrovias com tecnologia predominantemente inglesa, as primeiras linhas de transmissão por empresas americanas, bem como construção de rodovias para a utilização de veículos automotores.

Apenas para ilustração da importância e comparação entre os empreendimentos de obras lineares, no Brasil, segundo dados referentes ao ano de 2010 do ministério dos transportes (GEIPOT, 2010) existem 1.724.929 km de rodovias implantadas, 29.283 km de ferrovias e 16.084,87 km de dutos.

A importância econômica e social das rodovias é significativa para o país. A distribuição do transportes de carga no Brasil, em toneladas, é realizada 60,49% por rodovias; 20,86% por meio aquaviário; 4,86 % em dutovias, e 0,33% por via aérea (GEIPOT, 2010).

As dutovias são compostas por oleodutos, gasodutos, minerodutos, principalmente, por aquedutos. Os principais produtos transportados são: água, petróleo, nafta, gasolina, diesel, querosene, óleo combustível, álcool, gás natural e minérios (GEIPOT, 2010). Ainda

segundo os dados do Anuário Estatístico de 2010, os minerodutos possuíam no ano de 2010 extensão de 567 km, os gasodutos 6.490,97 km e os oleodutos 9.026,9 km; já os aquedutos são muitos mais extensos e de difícil mensuração.

Segundo Garibaldi (2004), o sistema rodoviário brasileiro responde pela circulação de 95% do transporte de passageiros. Dos 1.724.929 km de rodovias existentes no ano 2010, apenas 149.064 km pavimentados, ou seja, 8,6% do total, o que mostra a precariedade do sistema, entre as rodovias pavimentadas, 56.097 km são de rodovias federais (aproximadamente 38%).

Apenas para comparação, Sijing (2005) expõe sobre as obras a serem construídas na China até o ano de 2.020, um país em franco desenvolvimento econômico. O autor destaca a importância dos estudos que estão sendo desenvolvidos para a construção de 100.000 km de ferrovias, 85.000 km de auto estradas, 8.000 km de dutos de gás.

No estado de São Paulo, existem cerca de 230.000 km de rodovias (13% das rodovias do país), considerando – se rodovias federais, estaduais e municipais, sendo que, destas, menos de 30.000 km são pavimentadas (20% das rodovias pavimentadas do país estão em São Paulo e 13% das rodovias do estado são pavimentadas) (ROMANINI, 2000).

Os dados atuais do ministério dos transportes (GEIPO, 2010) apontam que 36,1% possuem o pavimento em mau estado de conservação, em 36,2% o pavimento está em condições regulares e apenas 27,7% das rodovias encontram uma condição de pavimentação em bom estado de trafegabilidade. A situação de precariedade do sistema se torna mais evidente quando comparado com a situação de um país de dimensões continentais como a do Brasil, no caso, os Estados Unidos da América, onde a malha rodoviária asfaltada é de 27 (vinte e sete) vezes maiores que a brasileira e a população é apenas 60% superior (GARIBALDI, 2004).

Para a elaboração da 1ª Etapa do Programa de Recuperação de Rodovias do Departamento de Estradas de Rodagem do estado de São Paulo – PRR DO DER – SP/ Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID, que se encerrou em dezembro de 2006 foram cadastradas as áreas degradadas relacionadas às rodovias inseridas no programa. Estas áreas degradadas possuem diferentes naturezas: físico-química, biológica e sócio econômica e fazem parte dos impactos ambientais que migram da fase de implantação para a fase de operação e que não tem ações mitigatórias nos serviços de conservação e manutenção de rodovia, com resultados analisados indicando uma área degradada a cada 10 km de rodovia (DER, 2006).

Dentre as áreas degradadas levantadas e cadastradas, existem vários processos do meio físico. Foram registradas as feições de escorregamentos de encostas e taludes, erosões de diferentes tipos, assoreamento e colapsos afundamentos, sendo as erosões de processo mais comuns e mais numerosos com cerca de 60% dos casos, ocasionando assim uma forte pressão de assoreamento nos campos hídricos adjacentes da microbacia hídrica.

O histórico da formação da erosão está ligado a diferentes causas relacionadas aos procedimentos de obra, tais como: movimentos de terra periféricos, sistemas de drenagem inexistentes ou ineficientes, faltas de cobertura vegetal em taludes de corte e aterro, antigas áreas de apoio as obras (áreas de empréstimos, bota-foras, mineração), etc. Além de causas naturais, tais como: perfil de alteração dos solos, relevo, clima, pluviometria, etc.

Imagina-se que a situação de degradação ambiental encontrada no Estado São Paulo é menor que a situação de degradação existente com as rodovias do restante do país. Tal situação deve-se à falta de investimento público na conservação e manutenção de rodovias, atrelada à falta de pesquisa que possam subsidiar os trabalhos de conservação. Para as obras rodoviárias a falta de conservação e manutenção adequada leva à ocorrência de degradação de todos os seus componentes: sinalização, plataforma da rodovia (pavimento das faixas de rolamentos e acostamentos), dispositivos de acesso e sistemas de drenagem. O conjunto degradado de uma rodovia coloca em risco a saúde e segurança do usuário, da população que vive nas suas proximidades e o meio ambiente.

Outros tipos de obras lineares, também causam degradação ambiental de diversas formas causadas por processos do meio físico. Os maiores impactos relacionados ao meio físico ocorrem durante a instalação destas obras. O desmatamento, exposição do solo e movimentação de terra induzem á formação de processos erosivos, assoreamento e escorregamentos em taludes. No entanto, a operação destes empreendimentos também ocasiona os mesmos processos em razão da ineficiência ou inexistência de sistemas de drenagem, falta de proteção superficial e inclinações excessivas de taludes (FORNASARI FILHO et. al., 1995).

As ferrovias brasileiras são em geral, muito antigas. Uma situação muito comum que hoje se observa é a formação de erosões que causam a destruição da plataforma, e por vezes interrompem o funcionamento das mesmas. Os antigos sistemas de drenagem foram dimensionados para uma situação de pouca ocupação nas bacias de drenagem contribuintes e que atravessam as linhas férreas, no entanto, a ocupação avançou, impermeabilizou os terrenos e tornou os sistemas de drenagem obsoletos, com vazões insuficientes, causando erosões.

Santos (2002) descreve outro processo, empastilhamento, que resulta em erosão superficial nos taludes das ferrovias e queda de material sobre linha férrea causando riscos ao tráfego das máquinas em Taquaritinga (SP). Também, a ocorrência de escorregamentos em taludes associados às ferrovias é muito comum, principalmente nas regiões serranas.

Sobre as linhas de transmissão de energia, Santos (2002), diz que a “instalação e operação das linhas de transmissão em áreas sensíveis, como as regiões serranas ou pantanosas, sugere alterações no meio físico mais significativas e que se estendem à fase de operação do empreendimento, podendo ser deflagrado ou intensificados diversos tipos de movimentos de massa: rastejo, escorregamentos (incluindo rupturas de solos “moles”), movimentações de talus e processos erosivos mais intensos”.

A ocorrência de acidentes com linhas de dutos causados por processos do meio físico não é fato raro, e tem sido divulgado pela grande imprensa. Alguns destes acidentes estão associados a movimentos de massa em regiões serranas e geram o vazamento de produtos perigosos para o solo e nos recursos hídricos. As organizações empreendedoras estão tomando providências com relação à prevenção de ocorrência de acidentes, e nesse contexto, estão realizando estudos para a preservação e gerenciamento (GRAMANI et. al., 2005).

Nas rodovias a situação precária de gerenciamento e conservação, dentre outras razões que não são objeto de abordagem desta pesquisa, levou a criação no final da década de 90, ao sistema de concessão da rodovia à iniciativa privada, inspirando-se em experiências e modelos internacionais. O modelo consiste na concessão por tempo determinado, para consórcios de empresas privadas que assumem a responsabilidade de conservação, manutenção e implantação de melhorias nas estradas, em troca da exploração de tarifas de pedágio. Estas concessionárias são controladas por agências estatais reguladoras na federação e nos estados (DERSA, 2006).

A melhoria das condições rodoviárias nos trechos concessionados é perceptível aos usuários, porém a custos elevados de tarifas de pedágio. Dentre vários aspectos, o modelo de concessão exigiu a aplicação, por parte das concessionárias, de sistemas de gestão destas rodovias, que anteriormente eram parcialmente e em casos isolados, adotados pelos órgãos estatais, geralmente motivados por exigências de organizações financiadoras internacionais. Dentre estes modelos de gestão rodoviária insere-se a gestão ambiental e seus instrumentos.

No Estado de São Paulo, as rodovias que irão passar para regime de concessão são alvo de uma análise ambiental para solicitação do pedido de Licença de Operação- L.O. Com base na análise dos passivos ambientais da rodovia e um cronograma das ações para a obtenção da L.O. em geral, estes documentos são elaborados por empresas de consultoria

contratadas pelos órgãos rodoviários e são submetidos á aprovação dos órgãos ambientais (DERSA, 2006).

Dos documentos analisados pode-se constatar que estes respondem apenas parcialmente aos instrumentos de um Sistema de Gestão Ambiental - SGA, no que se refere principalmente à Auditoria Ambiental Preliminar e ao Cadastro de Passivos Ambientais.

Com relação ao instrumento de Monitoramento Ambiental da rodovia nenhum dos documentos analisados abordava o assunto, pois estes não apresentam uma análise sobre a possibilidade de impactos ambientais do empreendimento na faixa lindeira em questão.

Também, nenhum dos documentos apresentava um planejamento de ações que pudessem resultar na melhoria nas condições ambientais da rodovia, que vão além da faixa de domínio, com algum dispositivo de contenção e disciplinamento das águas superficiais de drenagem.

3.4 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL RODOVIÁRIO

O Planeta se transforma desde a sua origem. Entretanto, no período marcado pela presença do Homem, a transformação deixou de ser geológica para ser também cultural e tecnológica (OLIVEIRA et. al., 2003). Estes autores propõem ainda, que a partir do momento que as transformações do Homem começam a esculpir um novo planeta, este passou a ser considerado um agente geológico, o que define um novo período geológico, o Quinário.

As transformações impostas pelas sociedades modernas deixam suas marcas no Planeta e são praticamente irresistíveis, pois são alterações nos sistemas ambientais (SANCHEZ, 1998). Segundo Wathern (1998), a mudança realizada por uma atividade em um determinado local por um período de tempo, só é comparada se essa atividade não tiver sido iniciada. As rodovias são intervenções realizações pelo Homem que transformam o meio gerando uma nova realidade ambiental. Cabe ao Homem, utilizando da ciência e tecnologia, desenvolvem técnicas e procedimentos que proporcionem uma melhor condição na implantação e operação desses empreendimentos.

Os Sistemas de Gestão Ambiental - SGA foram criados com o objetivo de definir instrumentos que aperfeiçoem os métodos e práticas de controle ambiental de empreendimentos. A implantação de um SGA é um resultado de uma Política Ambiental pré-estabelecida. A Política Ambiental de uma organização é definida em um documento que expressa o conjunto de objetivos, metas, normas e leis, procedimentos, atribuições e responsabilidades que serão implementadas pelos instrumentos do SGA (FORNASARI FILHO, et. al., 1995).

Também a Política Ambiental é parte da política governamental de um estado ou do país e, mesmo tendo seus próprios objetivos, estes estão subordinados aos objetivos da política maior, devendo – se compatibilizar e integrar às demais políticas setoriais e institucionais desse governo (SILVA, 2002).

Na sequência são apresentadas as conceituações do Sistema de Gestão Ambiental (SGA):

1. Sánchez (1994) define: “gerenciamento ambiental é o conjunto de operações técnicas e atividades gerenciais que visa assegurar que um empreendimento opere dentro dos padrões legais ambientais exigidos, minimize seus impactos ambientais e atenda a outros objetivos empresariais, como manter um bom relacionamento com a comunidade”.
2. Valle (2002) conceitua “gestão ambiental é um conjunto de medidas e procedimentos bem definidos e adequadamente aplicados que visam reduzir e controlar os impactos produzidos por um empreendimento sobre o meio ambiente”.
3. As normas NBR ISO 14.001: 2015 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2015), que tratam das diretrizes e procedimento gerais, dizem que o Sistema de Gestão Ambiental A Alta Direção pode efetivamente abordar seus riscos e oportunidades, integrando a gestão ambiental aos processos dos negócios da organização, o direcionamento estratégico e à tomada de decisão, alinhando-os com outras prioridades de negócios e incorporando a governança ambiental em seu sistema de gestão global. A demonstração de uma implementação bem-sucedida desta Norma pode ser utilizada para assegurar às partes interessadas que a organização possui um sistema de gestão ambiental eficaz em operação.
4. Reis (1996) adota: “gerenciamento ambiental é o conjunto de rotinas e procedimentos que permite a uma organização administrar adequadamente as

relações entre as suas atividades e o meio ambiente que as abriga, atentando para as expectativas das partes interessadas”.

As quatro definições têm similaridade e se complementam, apenas, cabe ressaltar que a definição apresentada por Sánchez (1994) explicita ao fato de adoção da gestão ambiental ocorrer predominante em empreendimentos que já se encontram em fase de operações, que é o estudo de caso desta pesquisa.

A implantação de um Sistema de Gestão Ambiental - SGA por uma organização tem como pontos fundamentais, segundo Andrade, Tachizawa e Carvalho (2004), a; prioridade na organização, partindo da iniciativa de seu dirigente máximo, gestão integrada, processo de aperfeiçoamento contínuo, formação de pessoal técnico, auditoria preliminar, inovação de produtos seguros, conselho de consumidores, instalações adequadas, investigação e monitoramento, pesquisa, prevenção, exigência de melhoria dos fornecedores, planos de emergência, transferência de tecnologia, desenvolvimento de políticas públicas, comunicação aberta e cumprimento de normas, regulamentos e legislação.

O conjunto de medidas, procedimentos, rotinas, operações técnicas ou atividades gerenciais citados pelos autores, abrigam instrumentos que permitem gerenciar as atividades ambientais planejadas.

Bitar (1996) apresenta como instrumentos mais apropriados ao gerenciamento de empreendimentos: a avaliação de impacto ambiental, auditoria ambiental, recuperação de áreas degradadas, monitoramento ambiental, investigação de passivo ambiental, seguro ambiental, análise de riscos e sistema de gerenciamento ambiental.

Sánchez (1994) divide estes instrumentos em analíticos e organizacionais e discute a inserção de cada um deles nas diferentes fases do empreendimento, conforme apresentado no Quadro 02.

Apesar de estarem todos inseridos na fase de operação é o fundamento desta pesquisa o estudo da utilização e o desenvolvimento dos instrumentos que estão inseridos no âmbito dos instrumentos analíticos propostos por Sánchez (1994) quais sejam: avaliação de impacto ambiental, recuperação de áreas degradadas e monitoramento ambiental. Esses instrumentos não estão todos inseridos na operação, pois parte de um modelo ideal de financiamento de um empreendimento; no entanto há várias rodovias estaduais e vicinais que existe desde a década de 50 e não foi alvo de um processo formal de licenciamento ambiental. A análise dos SGA como um todo tem o objetivo de entender o mecanismo de relação entre os instrumentos analíticos e propor melhorias.

Quadro 02. Fases de utilização dos instrumentos de gestão ambiental rodoviário.

Fase de Aplicação	Tipo de instrumento	
	Analítico (ajudam na tomada de Decisão)	Organizacional (refletem a organização da empresa)
Projeto	Avaliação de impacto ambiental – AIA Análise de risco Ambiental	Política ambiental da Empresa
Implantação	Monitoramento Ambiental Auditoria Ambiental Recuperação de Áreas Degradadas	Sistema de Gestão Ambiental
Operação	Auditoria Ambiental Monitoramento Ambiental	Sistema de Gestão Ambiental Seguro Ambiental
Desativação	Monitoramento Ambiental Recuperação de Áreas Degradadas Investigação de Passivo Ambiental	Seguro Ambiental

Fonte: Sánchez, 1994.

A introdução dos conceitos dos instrumentos de gestão ambiental nas organizações das mais diversas áreas da economia foi motivada inicialmente pelas exigências dos órgãos reguladores (agências reguladoras) e das instituições financeiras internacionais. Até o início da década dos anos 90, eram realizadas apenas a avaliação de impacto ambiental e eventuais auditorias, sempre associadas à fase de instalação.

O início da utilização de outros instrumentos de gestão e a extensão do uso destes durante a fase de operação teve início neste século com a utilização da legislação ambiental brasileira, por meio da Resolução CONAMA 237/97, que acenou com agilização dos prazos de análises de pedidos de licença para empresas que adotem programas voluntários de gestão ambiental.

A experiência e os métodos de gestão ambiental de empreendimentos tem início no Brasil no final da década de 80. As primeiras experiências apontam a necessidade de envolvimento do corpo diretivo das organizações para que possa ser alcançado o sucesso do SGA, esta condicionante mantém – se até os dias de hoje. Sanchez (2006) cita outros fatores determinantes do sucesso de um SGA, tais como, preparação cuidadosa do plano de gestão, envolvimento de todas as partes interessadas e a adequada implantação.

Os trabalhos mais recentes apontam para a necessidade do conhecimento profundo do meio ambiente, como forma de otimização dos procedimentos de gestão (FORNASARI

FILHO et. al., 1995). Vários estudos já foram realizados e artigos publicados sobre SGAs aplicados a rodovias e outras obras lineares (SILVA, 2002).

3.4.1 Avaliação de Impacto Ambiental - AIA

A Avaliação de Impacto Ambiental- AIA (Environmental Impact Assessment – EIA em inglês) designa uma série de procedimentos, ferramentas e metodologias, utilizadas por organizações públicas ou privadas, voltadas ao planejamento e gestão ambiental. É um dos instrumentos do SGA proposto para descrever, classificar e propor medidas para minimizar os impactos ambientais de empreendimentos. Surgiu com objetivo de antever consequências futuras sobre a qualidade ambiental acerca de decisões tomadas na atualidade. Suas ações são fundamentadas na prevenção, mitigação, correção ou compensação de impactos ambientais (GALLARDO, 2004 e SÁNCHEZ, 1991).

É proposto que a AIA seja um instrumento básico para a elaboração dos projetos de instalação dos empreendimentos, subsidiando com informações ambientais as decisões sobre as características do projeto.

Os documentos gerados para atender as exigências do processo de avaliação de impacto ambiental, são o Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Com a evolução da legislação atrelou-se ao processo de licenciamento ambiental (Licença Prévia – LP, Licença de Operação – LO), (Lei Federal 6.938 de 1981, Resolução CONAMA 001/1986, Decreto de Lei 99.274/1990, Resolução CONAMA 237/1997).

O instrumento da AIA é considerado uma ferramenta importante para a elaboração de uma política de desenvolvimento sustentável (GLASSON et. al., 1999). Os mesmos autores, assim como Sánchez, Silva e Paula (1993) consideram que a AIA funciona apenas se for atrelado a uma política de decisão (processo de licenciamento), e como apoio aos projetos de planejamento, viabilidade técnica, alternativas locacionais (SANCHEZ et. al., 1994). Consideram ainda, que a AIA é um instrumento de gestão e seus fundamentos auxiliam na tomada de decisão do sistema de gestão ambiental e também, um instrumento de negociação social na participação pública no processo decisório.

A AIA é considerada um processo democrático, que possui duas vertes principais: técnica-científica e política-institucional (MOREIRA, 2001).

O processo de AIA é dividido em etapas por vários autores. No geral, são propostas duas etapas: pré-aprovação e aprovação. Para Sánchez (1995), a etapa inicial se divide em duas: a concepção do modelo da análise e análise propriamente dita. Dias (2001) ressalta que se trata de um processo lento, e que necessariamente existe uma etapa inicial de triagem. Para Glasson et. al., (1999) o processo é cíclico, podendo ter retornos às etapas iniciais por meio da interação entre os vários estágios, da Ecologia, de Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional de Meio Ambiente.

No entanto, a AIA somente é válida se for realizado o acompanhamento da implementação de suas medidas propostas, além do acompanhamento da operação do empreendimento (DIAS, 2001).

No estudo de caso desta pesquisa, por se tratar de empreendimentos antigos e que estão em operação, sem ter sido submetido a um processo formal de licenciamento ambiental, não existe uma AIA como referencia. Por tratar de empreendimentos em operação, para os quais não existe estudo ambiental preliminar, entende-se que a auditoria ambiental e a AIA se confundem em seus objetivos (BRAGA et. al., 2002).

A AIA, na sua essência, foi concebido para prevenir danos e antecipação da provável situação futura (MILARÉ, 2007). Para um empreendimento em operação, não pode existir a previsibilidade do impacto, pois este já ocorreu ou está ocorrendo. No âmbito de um processo de licenciamento, o que pode ser feito para um empreendimento em operação é o reconhecimento do impacto ambiental que o empreendimento realizou durante as suas fases de implantação e operação.

A falta de estudos ambientais prévios é a situação mais comum no Brasil, e deste quadro surgiu à necessidade da elaboração de uma análise do impacto ambiental existente e seu monitoramento (ROMANINI, 2000). Desta forma, será apresentada uma caracterização do impacto ambiental existente com o qual a rodovia em operação tem algum tipo de relação.

Existem vários métodos de elaboração de AIAs, muito utilizados e conhecidos, tais com: espontâneo (*ad hoc*), listagem de controle (checklist), matrizes (destaque para a matriz de Leopold), redes de interação (networks), superposição de mapas (overlay mapping), modelos de simulação, análise multicritério, sistemas especialistas e modelo Fuzzy (FOGLIATTI, et. al., 2004). Cada um desses métodos apresenta virtudes e limitações, dependendo do tipo de empreendimento e do contexto em que este se insere. Esses métodos são desenvolvidos para os estudos preliminares á implantação de um empreendimento, sendo que nenhum dos métodos existentes refere-se especificamente á análise de um empreendimento em operação.

Ross (1995) propõe que as análises ambientais para o meio físico têm de ser realizadas de forma integrada, e não como sínteses descritas de diferentes áreas do conhecimento (Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Hidrologia, e outros) apresentados em mapas ou cartas separadas e em diferentes escalas.

Desta forma a carta geotécnica, independente de seus métodos de elaboração, é uma ferramenta que busca promover a integração de informações temáticas, por meio do levantamento, avaliação e análise dos atributos do meio físico (SANCHEZ, 2006).

3.4.2 Auditoria Ambiental

A auditoria ambiental é um instrumento de gestão que permite uma avaliação sistemática, periódica e objetiva do desempenho ambiental de uma organização e dos sistemas de gestão implantados (VALLE, 2002).

Braga et. al., (2002) destacam que o objetivo da auditoria ambiental é verificar o atendimento à legislação, normas, regulamentos e técnicas relativas ao conjunto de exigências ou requisitos ambientais. Fornasari Filho et. al., (1995) ressaltam o papel da auditoria como parte integrante do sistema de gestão ambiental da norma ISO 14001:2015, juntamente com outros autores (RUESGA & DURÁN, 1995 e GILBERT, 1995).

Para a área industrial, Andrade, Techizawa e Carvalho (2004) definem os objetivos da auditoria ambiental;

- a. Permitir a investigação sistemática dos programas de controle ambiental de uma empresa,
- b. Auxiliar na identificação de situações potenciais de problemas ambientais. Verificar se a operação industrial está em conformidade com as normas, padrões legais e também, com padrões mais rigorosos definidos pela empresa, Valle (2002) define como pontos fundamentais a serem levantados no processo de auditoria;
 - a. Situação do licenciamento, a competência para o controle dos riscos ambientais,
 - b. Verificação da confiabilidade do monitoramento.

Silva (2002) complementa os objetivos da auditoria ambiental como sendo os seguintes;

- a. Avaliar o empreendimento levando em conta os passivos ambientais identificados e os eventuais custos de sua reabilitação,

- b. Melhorar as condições de diálogo de empresa com a comunidade e com os órgãos ambientais de licenciamento e controle de seguradoras, organizações não governamentais – ONGs,
- c. Identificar possíveis melhorias na gestão dos gastos destinados à correção de problemas ambientais.

Sánchez (1994) acrescenta aos resultados esperados de uma auditoria ambiental, a verificação da estrutura da organização para agir em situação de emergência.

Para empreendimentos em operação, Barros, Menandro e Silva (1993) consideram como mais adequado, o uso das auditorias de estudos de impacto ambiental.

- O EIA de operação, ou seja, a auditoria tem o objetivo de verificar a execução das medidas previstas nos estudos ambientais e a sua eficácia em relação aos efeitos que se pretende mitigar.

Como não existem estudos preliminares para o trecho de rodovia em questão, a auditoria ambiental será o reconhecimento dos impactos existentes e no reconhecimento da potencialidade de formação dos novos impactos ambientais.

Para essa pesquisa, adota-se o conceito de auditoria preliminar informal, conforme a proposta de Braga et. al., (1996) no entanto será chamado apenas de auditoria ambiental. Segundo os autores, a auditoria ambiental informal tem o objetivo de situar a organização, preparando para a análise de desempenho ambiental e deve ser realizada antes da implantação de um SGA formal.

O levantamento constitui-se na análise de situação ambiental atual do empreendimento em relação à existência de impactos ambientais e a possibilidade de ocorrência de novos impactos relacionados aos processos do meio físico, caracterização de impacto ambiental.

A auditoria ambiental tem nesta pesquisa, o objetivo de identificar as áreas degradadas da erosão e assoreamentos e outros processos do meio físico ao longo da faixa de domínio da rodovia no trecho estudado, bem como identificar as condições da infraestrutura de drenagem existente. A razão para o levantamento da infraestrutura é que tem como premissa, que se o sistema de drenagem estivesse implantado com base em critérios técnicos e de maneira coerente com as limitações do meio em que se insere, a ocorrência de processos de erosão se daria apenas em casos acidentais ou por interferência de terceiros. Ou seja, serão identificadas situações potenciais de formação de problemas ambientais. O levantamento da infraestrutura de drenagem será realizado apenas em trecho piloto para análise de sua eficiência e adequabilidade ao meio em que está inserida, apenas como demonstração do método.

3.4.3 Recuperação de Áreas Degradadas

A degradação ambiental considerada nesta pesquisa refere-se aos processos de erosão e assoreamento, e outros processos do meio físico serão tratados secundariamente.

A degradação é adotada pela aproximação do conceito de impacto ambiental negativo, geralmente associada a situações estabelecidas por alguma intervenção humana (BITAR e ORTEGA, 1998).

Alguns autores consideram áreas degradadas como passivos ambientais. Sánchez (1998) considera como passivo ambiental “o acúmulo de danos ambientais que devem ser reparados a fim de que seja mantida a qualidade ambiental de um determinado local”. Também, alguns órgãos rodoviários chamam suas áreas degradadas de passivos ambientais (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE – DNIT, 2006a; DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO –DER/SP, 2006a; DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA – DEINFRA, 2005; DEIFRA 2004a; DEIFRA 2004b; DEIFRA, 2004c e DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM DO PARANÁ – DER/PR, 2000).

O conceito de ativo ou passivo ambiental este necessariamente relacionado a um processo gerencial e/ou comercial. São considerados ativos os estoques de insumos dos almoxarifados, o imobilizado de máquinas, equipamentos e instalações e o diferido pela pesquisa, desenvolvimento de tecnologia e obtenção de informação de uma organização.

Os passivos ambientais referem – se aos benefícios econômicos que serão sacrificados em função da obrigação contraída comercialmente perante terceiros para o meio ambiente. São relacionados aos custos ambientais de preservação e recuperação do meio ambiente (DE JORGE, 2001).

Bergamini (2000) relaciona as seguintes obrigações que podem ser consideradas passivos ambientais: legal, requeridas pela legislação ou contrato; construtiva, quando parte da iniciativa da própria organização em decorrência da sua política, respondendo a uma expectativa criada pela própria empresa; equitativa, aquela cuja empresa considera correto fazê-lo.

Uma área degradada tornou-se passivo ambiental quando essa passa a ser considerada no balanço patrimonial de uma organização, especialmente quando se trata de empresas abertas de passivos ambientais, pois um de seus objetivos é demonstrar que a regularização ambiental do empreendimento tem de se desdobrar em ações concretas no âmbito de um plano de gestão ambiental e, portanto, considera-se que estas áreas serão recuperadas futuramente e necessitarão de investimentos para a realização das intervenções.

O conceito de recuperação associa a intenção de se obter a estabilidade dos processos do meio físico atuantes na área e, também, a sua recuperação visual (BITAR & ORTEGA, 1998). Consiste na recuperação para a proteção do solo contra a erosão e, em um sentido mais amplo, promover a integração da rodovia com o meio ambiente (FOGLIATTI, et. al., 2004).

A recuperação de áreas degradadas de empreendimentos em operação, devido à possibilidade de exibir um grande número de áreas, pode vir a requerer a elaboração de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD. Este instrumento é muito comum nas exigências dos órgãos ambientais durante os processos de licenciamento, ou quando da desativação de um empreendimento.

Augusto Filho (2002) apresenta uma proposta de gerenciamento de recuperação de passivos ambientais utilizando-se de um banco de dados do ambiente. Segundo o autor, a proposta é organizar os dados e disponibilizar de forma fácil e rápida a consulta por terceiros.

O cadastramento desses passivos ambientais foi realizado utilizando-se o método adotado pelo DER/SP (DER/SP, 1991 e DER/SP, 2006a e DER/SP, 2006b). O método do DER/SP prevê um inventário e uma hierarquização das áreas degradadas onde determinou-se uma priorização de intervenção como parte desse trabalho, através de uma formulação matemática com pesos e avaliações.

3.4.4 Monitoramento Ambiental

Bitar e Ortega (1998) definem Monitoramento Ambiental como sendo o instrumento que consiste essencialmente em realizar medições e observações específicas, em geral dirigidas e alguns indicadores e parâmetros, com o objetivo de verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, dimensionar a sua magnitude e, ainda, avaliar se as correspondentes medidas preventivas adotadas estão ou não sendo eficazes.

Complementando, segundo Valle (2002) e Donaire (1994), monitoramento ambiental pode ser definido como um sistema contínuo de observação, medição e avaliação. Estes autores propõem como objetivos:

- a. Documentar impactos de uma ação proposta;
- b. Alertar para impactos não previstos, ou mudanças nas tendências previamente observadas;
- c. Oferecer informações imediatas quando um indicador de impactos se aproxima de valores críticos;
- d. Oferecer informações que permitam avaliar medidas corretivas contribuindo para a troca ou ajuste das técnicas e ferramentas utilizadas;
- e. O período de monitoramento deve cobrir desde a concepção do empreendimento, caracterização da situação original gerando dados para comparações futuras, extrapolando, de acordo com o tipo de empreendimento, a vida útil do mesmo.

Para Cerri et. al., (2002), o monitoramento ambiental tem o objetivo de minimizar impactos ambientais de um empreendimento. Os autores propõem um método de documentação e ações que permitem o acompanhamento dos procedimentos adotados e da implementação das medidas compensatórias exigidas pelos órgãos ambientais.

Outros trabalhos citam exemplos de monitoramentos ambientais realizados durante a execução de obras, ou seja, durante a implantação de empreendimentos. Gallardo (2004) apresenta o resultado do acompanhamento ambiental da implantação da pista descendente da rodovia dos Imigrantes – SP. De Jorge et. al., (2001), DERSA 2006a e DER/SP (2006), apresentam o método e resultados da supervisão ambiental de obras de recuperação rodoviária no Estado de São Paulo.

Observa-se uma variedade de termos na definição dos trabalhos de monitoramento ambiental. De Jorge et. al., (2001) conceituam supervisão ambiental como sendo o acompanhamento ambiental de obras por meio de vistorias sistemáticas e periódicas, onde se verifica o cumprimento das medidas e procedimentos de prevenção apresentados preliminarmente nos documentos dos licenciamentos ambiental. A supervisão ambiental tem o objetivo de antecipar e identificar possíveis danos ambientais, atuando de forma preventiva e orientativa, com o intuito de evitar ou mitigar os impactos ambientais causados pelas mesmas e permitindo que estas sejam executadas de acordo com os procedimentos de controle preconizados nos projetos, sem a geração de qualquer passivo de ordem ambiental. A supervisão ambiental não apenas fiscaliza como orienta o cumprimento das metas de recuperação e a melhoria da qualidade ambiental das obras.

A supervisão ambiental é, portanto, o monitoramento ambiental sendo realizado, durante a fase de implantação de obra tendo ainda a finalidade de fiscalizar.

O monitoramento ambiental é o acompanhamento ambiental de um empreendimento em todas as suas fases, realizado com periodicidade definida, com o objetivo de analisar se as medidas de prevenção ambiental estão sendo aplicadas, e também se existem ocorrências de impactos ambientais. Por meio da definição de um padrão ambiental exigido, é possível, por meio do monitoramento periódico, analisar o desempenho ambiental do empreendimento (DERSA, 2006a).

A realização do monitoramento ambiental de um empreendimento deve sempre ter como base a avaliação de impacto elaborada anteriormente. Com base na AIA, são reconhecidos os impactos que podem vir a ocorrer nas diferentes fases dos empreendimentos, e pode-se avaliar se as medidas mitigadoras propostas estão sendo implantadas.

Na maioria das vezes, não estão disponíveis todos esses documentos e a elaboração do plano de monitoramento deve basear-se, principalmente, nos estudos do EIA-RIMA. Quando não existe nenhum desses documentos, é necessário um diagnóstico inicial que pode ser obtido por meio da elaboração de uma AIA ou Auditoria Ambiental (GALVES; AVO, 1998).

Esta análise preliminar das condições ambientais do empreendimento é a referência para implementação de um sistema de avaliação de desempenho ambiental a ser realizado com base no monitoramento do empreendimento.

3.5 OPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA

A palavra transporte é identificada como uma mudança de lugar. Significa conduzir, levar pessoas e cargas de um local para outro. Portanto é essencial para o funcionamento de qualquer economia onde cada dia mais a tendência é para a formação de um mercado único com uma economia globalizada (FARIA, 2004).

Para tal, a operação rodoviária tem forte embasamento em oferecer condições plenas de transportes através das atividades da conservação após a implantação da rodovia pois é relação direta com as características primárias do projeto da rodovia, acrescido das técnicas de mitigação dos impactos em face do uso da rodovia, ou seja sua operação.

Um “sistema de transporte” é definido como um conjunto formado pelos seguintes meio de transporte: modo terrestre, hidroviário e aeroviário, via de transporte, trajetória e instalações, terminais de carregamento e descarga.

A opção rodoviária seja para grande média e pequena distancia, uma modalidade fundamental de transporte e um importante avanço tecnológico, é praticamente presente em todos os países.

Segundo o DNER (1996), “A grande meta a ser alcançada por um gerenciamento cuidadoso de uma rodovia é a segurança de seus usuários, equivale a dizer que este gerenciamento se faz por meio de ações de atendimento, quando da ocorrência de acidentes.

Observa-se, no entanto que não foram considerados na referida conceituação os aspectos relativos à preservação, conservação e recuperação do meio ambiente.

Ressalta-se, assim, que para operar uma rodovia, faz-se necessário o desenvolvimento de atividades paralelas, de modo a garantir a sustentabilidade ambiental da operação rodoviária.

Assim, têm-se as seguintes definições dos serviços e atividades:

- a. Operação Rodoviária: conjunto de atividades desenvolvidas e executadas para controlar o tráfego, garantir condições de segurança, conservar o corpo estradal, controlar o uso da faixa de domínio e atender a situações de emergência;
- b. Conservação Rodoviária: atividades executadas para preservar o investimento rodoviário realizado pelo empreendedor em sua rede viária mantendo as rodovias em condições seguras com conforto ao usuário, dentro dos parâmetros econômicos da sua construção e preservando a qualidade ambiental do entorno. Conservação Rodoviária de Rotina: é o conjunto de serviços executados com a rodovia em operação e trafego ao longo de um período de tempo, e de acordo com os níveis estabelecidos que visam manter todos os elementos tão próximo quanto possível das condições originais de construção, garantindo o máximo de conforto e o mínimo do impacto ambiental, tais como:
 - Limpeza e reparação do sistema de drenagem;
 - Conservação do revestimento vegetal dentro e fora da plataforma;
 - Limpeza e reparação da sinalização de trafego;
 - Limpeza e varredura da pista;
 - Remoção do resíduo sólido da faixa de domínio.

3.6 IMPACTOS AMBIENTAIS NA OPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA

3.6.1 Considerações do Passivo Ambiental

Ao longo dos anos, a prática de transportes esteve estritamente estruturada em função de parâmetros técnicos e socioeconômicos. A partir dos anos 80, foram disseminados conhecimentos sobre a qualidade ambiental, iniciando então, a adoção de requisitos de atendimentos a padrões de qualidade e de preservação ambiental. Em função desse novo quadro de referência, passaram a avaliar os efeitos resultantes das praticas anteriores, chegando-se à constatação de que há degradação dos componentes ambientais (solo, cobertura vegetal, água e ar) e de ecossistemas, acumuladas há anos. Justamente este acúmulo de degradação denomina-se passivo ambiental (DNER, 1996) deve ser recuperado para que a operação dos serviços de transportes possa atingir seus objetivos.

Será conceituado e caracterizado, neste tópico, o passivo ambiental associado à operação rodoviária e sua difusão além da faixa de domínio, bem como serão propostas medidas de prevenção e de mitigação desses impactos na rodovia e na área de influencia direta da mesma, assim como a indução de eventos externos que partem da faixa de domínio em direção aos lindeiros e a área de influencia da rodovia.

A implantação e a operação de empreendimentos rodoviários sem planejamento e de forma destrutiva com projetos mal concebidos, ausência de investigação prévia do terreno e de uso das cartas geotécnicas, desconsideração dos condicionantes do meio físico, análise socioeconômicas insuficientes, dentre outros aspectos, tem gerado situações de degradação ambiental, não só causando prejuízos ao próprio empreendimento, mas causando impactos ambientais muitas vezes extrapolando a área de influencia direta do projeto.

Tal conduta tem consequência direta no decréscimo da qualidade de vida da população linceira, bem como, elevação significativa e desnecessária dos custos interno e externos do empreendimento.

Os custos internos dos empreendimentos são aqueles tradicionais como custos da matéria – prima, mão de obra, depreciação de equipamentos e outros contabilizados no processo produtivo e que são básicos para a composição do preço final.

Os custos externos de acordo com a Agencia Ambiental Americana (US. EPA, 1995), “São os custos gerados pelo impacto da atividade da empresa no meio ambiente e na

sociedade, pelos quais a empresa não se responsabiliza financeiramente, exemplo disto são os custos com tratamento de doenças respiratórias ocasionados pelas emissões na poluição do ar”.

Nunca se implantou ao produto ou serviço produzido, todos os custos necessários à sua elaboração, pois a empresa agrega ao seu custo de produção somente o valor dos insumos que representam desembolso financeiro por parte da empresa, ou seja, aqueles pelos quais efetivamente ela paga. Não são computados gastos futuros que a sociedade terá para repor esses bens, menos ainda o quanto a sociedade futura sofrerá por não tê-la a disposição, quando não renováveis, caso específico dos recursos ambientais e seus serviços (MARTINS E RIBEIRO, 1995).

Do exposto, pode-se concluir que o passivo ambiental criado pela operação rodoviária consiste em débitos ambientais do empreendimento, isto é, aquela parcela de degradação ambiental não recuperada ou “não paga” de alguma maneira pelo empreendedor e que constitui um débito para a sociedade e para o meio ambiente.

3.6.2 Conceituação de Passivo Ambiental

O termo “passivo Ambiental” começou a ser empregado nos últimos anos, por conta dos prejuízos ambientais gerados por graves acidentes ocorridos, como o vazamento de 1200 litros de óleo na Bahia da Guanabara no Rio de Janeiro no ano de 2000, Brasil.

Comercialmente, passivo representa tudo aquilo que é contabilizado como débito, como negativo em qualquer empreendimento, isto é, aquele conjunto de obrigações, trabalhista, bancária, fiscais e patrimoniais, não satisfeitas pela empresa ou empreendimento e que deve ser subtraído de seu patrimônio positivo (ativo), para obter o seu valor real (DER/PR, 2000).

Em termos contábeis, passivos são as obrigações das empresas com terceiros, sendo que tais obrigações, mesmo sem uma cobrança formal ou legal, devem ser reconhecidas. Já o passivo ambiental representa os danos causados ao meio ambiente, constituindo, assim a obrigação e a responsabilidade social da empresa com aspectos ambientais.

Na opinião do instituto Brasileiro de Contabilidade (IBRACON, 1996): “O passivo ambiental é toda agressão que se praticou contra o meio ambiente e consiste no valor de investimentos necessários para reabilitá-lo, bem como multas e indenização em potencial”.

Segundo D’Almeida (2002), “passivo ambiental representa a responsabilidade da organização perante terceiros, advinda de uma externalidade ambiental negativa ocasionada pelo dano ambiental gerado pela atividade poluidora desta organização e com as obrigações resultantes de potenciais danos ao meio ambiente, decorrente da atividade econômica da organização, ocorridos em eventos passados ou presentes”.

O departamento de Edificações, Rodovias e Transportes do Espírito Santo (DERT/ES, 2002) quando descreve sobre rodovias, diz que “passivos ambientais são externalidades nos meios físico, biótico e antrópico, como efeito de impactos e danos ambientais provocados em função da sua implantação e operação (incluindo conservação e manutenção), ou provocados por atividades de terceiros, que interferem negativamente na rodovia”.

Pode-se dizer, então, que passivos ambientais são obrigações contraídas voluntária ou involuntariamente, em decorrência de ação passadas ou presentes, as quais envolveram ou envolvem a organização e o meio ambiente em que está inserida e que, por conseguinte, exigirão a entrega de ativos ou a realização de serviços de controle, preservação e recuperação do meio ambiente, originando, como contrapartida, um ativo ou custo ambiental em um momento futuro (LISBOA, 2000).

Na implantação de uma rodovia, há um acordo implícito de se arcar com as perdas e os riscos do empreendimento, uma vez que, supostamente, suas vantagens sociais e econômicas compensarão a degradação do ambiente. Logo, é fundamental, para a manutenção desse “acordo”, que a rodovia seja operada e mantida de modo a maximizar os benefícios sociais e econômicos gerados com sua implantação.

A origem do passivo ambiental pode ser interna ou externa à organização. Os passivos de origem interna ou endógenos são gerados durante o processo de implantação e subsequência operação da rodovia. Consistem das alterações naturais e/ ou artificiais ocorridas em função da inserção da rodovia no meio ambiente. Sua recuperação está diretamente relacionada ao órgão responsável pela rodovia. Exemplos de passivos ambientais desta classe são:

- a. Rios poluídos pela descarga de efluentes de uma usina de asfalto ou por processos erosivos, e carreamento de resíduos sólidos;
- b. Floresta comprometida por chuva ácida produzida por gases e particulados emitidos pelos usuários do sistema;
- c. Processos erosivos desencadeados a partir da construção, pavimentação e operação, de uma rodovia ou não foram estancados e controlados pelo empreendedor, junto à faixa de domínio;

- d. Solos e águas poluídas pelo derramamento proposital ou acidental de combustíveis, óleos, graxas, asfaltos ou outros produtos perigosos utilizados durante a implantação ou operação da rodovia;
- e. Paisagem florestal danificada no interior da faixa de domínio e atropelamento da fauna;
- f. Pessoas acidentadas na rodovia devido à falta, à deterioração ou mesmo ao encobrimento da sinalização pela vegetação, ou pelas condições das rodovias.

Os passivos de origem externa ou exógenos, por sua vez, são induzidos pela implantação da rodovia. Em geral, são ocasionadas por um terceiro, ao qual pode-se imputar a responsabilidade quando comprovada o nexo causal. No caso de não se identificar o autor do dano, entretanto, a responsabilidade é solidária ao empreendedor. Na maioria das vezes é necessária uma ação coordenada entre o órgão gestor e outros órgãos da administração pública, por exemplo: a justiça, os órgãos estaduais e municipais de meio ambiente, vigilância sanitária, a polícia rodoviária e as prefeituras, para a recuperação do passivo.

São exemplos de passivos ambientais exógenos:

- I. Depósitos de lixo no interior da faixa de domínio efetuados por terceiros.
- II. Acessos e caminhos as rodovias abertos por proprietários rurais ou usuários e com deterioramento do pavimento, e carreamento de sedimentos aos corpos hídricos junto das Áreas de Preservação Permanentes - APP; resultando no assoreamento do corpo hídrico e conseqüentemente diminuição da capacidade hídrica da bacia hidrográfica local.
- III. Solos contaminados, lançados aos mananciais hídricos, pelo derramamento de cargas e produtos perigosos transportados em rodovia;
- IV. Processos erosivos induzidos por moradores de áreas lindeiras à rodovia.

O manual de Informações Ambientais básicas para Obras Rodoviárias do departamento de Edificações, Rodovias e Transportes do Espírito Santo (DERT/ES, 2002) redigido a partir de duas outras publicações, o manual de Conservação, Monitoramento e Controle Ambiental do DNIT e o Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR, teve por objeto agregar os conhecimentos multidisciplinares e interinstitucionais sobre a questão ambiental em obras rodoviárias.

Segundo o referido Manual, os passivos ambientais são ordenados em duas grandes categorias, agregadas em dois grupos para cada uma, conforme sua origem e localização.

A primeira categoria corresponde às ocorrências decorrentes da construção e da operação da rodovia, refletindo deficiências de projeto ou da conservação do corpo estradal, conforme os grupos a seguir:

Grupo I – ocorrências internas à faixa de domínio, que interferem ou tenham potencial para interferir no corpo estradal, ou estejam em evolução para áreas adjacentes;

Grupo II – ocorrência externa a faixa de domínio, em antigas faixas de apoio (acampamentos, usinas, jazidas, caixas de empréstimos, bota-foras) utilizadas na implantação da rodovia, que interfiram ou tenham potencial para interferir com a rodovia ou comunidades lindeiras e sejam passíveis de retomada da utilização e ou exploração.

A segunda categoria corresponde às ocorrências derivadas das ações antrópicas, em áreas de uso rural e áreas urbanas, conforme grupos a seguir:

Grupo III – ocorrências geradas por terceiros, em áreas adjacentes à faixa de domínio, que interferem ou tenham potencial para interferência no corpo estradal;

Grupo IV – ocorrências geradas pela ocupação urbana consolidada ou por modificações de uso e ocupação do solo urbano, com potencial de interferência sobre as condições de segurança de tráfego aos usuários e comunidades residentes, originando pressão ambiental das rodovias conurbadas.

3.6.3 Caracterização do Passivo Ambiental Associado à Operação Rodoviária

Para que se configure um passivo ambiental deve-se verificar a presença de aspectos: o primeiro, refere-se a existência de fonte de poluição decorrente de alguma forma de energia ou da emissão de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos e, o segundo, caracteriza-se pela afetação de um recurso natural (ar, água, solo, clima e paisagem) numa área considerada sensível (FERREIRA, 2003).

São áreas sensíveis de uma rodovia as áreas de proteção e preservação como reservas biológicas, florestais e indígenas, sítios históricos, arqueológicos e paleontológicos, reservas de recursos naturais para uso futuro ou uso alternativo como mananciais hídricos e reservas mineiras, áreas em processo de degradação natural como áreas urbanizadas e áreas abandonadas, áreas de interesse social como parques, praças, escolas e hospitais e, por último, áreas com a presença de conflito sociais como posses de terra, comunidades carentes e garimpos (BELLA; BIDONE, 1993).

Como o passivo ambiental associado à operação de uma rodovia deve ser recuperado, faz-se necessário conhecer o mesmo. Levantar o passivo ambiental de um empreendimento significa identificar e/ ou prever e caracterizar os efeitos ambientais adversos, de natureza física, biológica e antrópica, provocados pela construção, operação, manutenção, ampliação ou desmobilização de um empreendimento ou organização produtiva.

Para a realização de um levantamento de passivo ambiental devem ser desempenhadas algumas atividades básicas. Estas atividades são:

1. Definição da área de influência a ser estudada,
2. Caracterização ambiental detalhada da área de influencia do empreendimento que permita a obtenção de segmentos homogêneos, em termos de fragilidade ambiental da região e suas condições em termos de ocupação humana, sendo importante, o estabelecimento de uma equipe interdisciplinar que inclua, além de engenheiros, civis, geólogos, hidrólogos, geotécnicos e outros profissionais usualmente necessários aos projetos, profissionais das áreas de ciências biológicas, sociais e econômicas;
3. Identificação dos processos de transformação ambiental que deram ou darão origem ao passivo e com potencial para interferir no corpo estradal, na segurança dos usuários ou em propriedades contiguas de terceiros;
4. Estabelecimento de um quadro que permita identificar claramente os resultados da interação entre o meio natural e a ocupação humana (conflitos) existentes, com base no levantamento efetuado;
5. Proposição de soluções-tipos para diversas situações existentes, dentro de seu contexto ambiental / social / ocupacional característico, a partir do estabelecimento desse quadro;
6. Estabelecimentos de ações corretivas e preventivas para cada item do passivo identificado;
7. Composição a partir dos elementos anteriores, de um “(ante) projeto ambiental” da rodovia que permite, numa primeira fase, uma intervenção corretiva e, no futuro, o seu gerenciamento ambiental;
8. Orçamento das ações proposta, considerando recursos humanos, técnicos e logísticos necessários, assim como eventuais serviços de terceiros para recuperação;
9. Repetição periódica e sistemática dos levantamentos, visto que o processo é dinâmico e cada levantamento representa o retrato de um momento, não permitindo maiores avaliações sobre a evolução do mesmo, bem como sobre a eficácia das medias (soluções) proposta;

10. Verificação do orçamento disponível para a recuperação do passivo.

Quando reconhecido um dano ambiental devem ser verificados a sua sensibilidade natural pelo meio ambiental e a sua temporalidade ou período que afetará as condições iniciais do ambiente, a sua influência no meio e seus relacionamentos com outros aspectos do meio ambiente.

3.6.4 Componentes do Passivo Ambiental Associado à Operação Rodoviária

Conforme salientado anteriormente, poucos são os direitos tão essenciais quanto o de transportes. É inimaginável uma sociedade moderna sem os meios e modos de transportes existentes. No entanto, a presença dos mesmos no cotidiano das pessoas nem sempre acontece de forma pacífica, sendo, na maioria das vezes, agressiva ao meio ambiente (MELLO, 1996).

O incremento do número de veículos fomenta a utilização das redes viárias, que com o passar do tempo, transforma-se em fonte de poluição e de deterioração do ambiente, representando um exemplo típico de ruptura do sistema natural provocado pelo homem.

Os principais impactos negativos provocados pelo tráfego rodoviário sobre o meio ambiente e que constituem componentes do passivo ambiental quando não controlados são: erosão, assoreamento, carreamento de resíduos sólidos, poluição atmosférica, poluição sonora, vibrações, intrusão visual, segregação urbana e a perda de espaços verdes (BRANDÃO, 1996).

Surge, então, a necessidade de se gerenciar a operação dos sistemas de transportes rodoviários de forma a garantir a população um ambiente sadio, respeitando o conceito de desenvolvimento sustentável, qual seja: “atender às necessidades presentes sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de atenderem a suas próprias necessidades”.

Cabe ao operador rodoviário além do gerenciamento da via como garantia da segurança e do conforto dos usuários que nela trafegam, a responsabilidade pela proteção ambiental, evitando ou mitigando os impactos negativos causados pelas atividades associadas às operações rodoviárias.

Desta forma busca-se compreender, demonstrar e melhorar o desempenho ambiental dos serviços que podem impactar significativamente o meio ambiente. De acordo com a norma ISO 14031/2004 a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) é um processo e

ferramenta de gestão interna na determinação dos aspectos que serão tratados como significativos, estabelecendo critérios para seu desempenho ambiental e identificando os aspectos decorrentes dos serviços de operação rodoviária e parâmetros para criação de indicadores de condições ambientais.

Estes critérios orientam a coleta de dados relevantes para os indicadores selecionados. A análise e conversão de dados em informações que descrevem o desempenho ambiental da operação rodoviária são separadas em: Indicadores em Desempenho Gerencial (IDG) e Indicadores de Desempenho Operacional (IDO) sendo que, complementam estes indicadores as informações do meio ambiente que ajuda a entender melhor o impacto real ou o impacto mais significativo.

A seguir serão apresentados os mais significativos componentes do passivo ambiental de rodovia. Cabe ressaltar que não se trata de uma lista completa e que nem todos os itens mencionados se aplicam de forma generalizada.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Na sequencia são apresentadas as atividades que foram realizadas no trabalho, visando estabelecer um rol de índices ambientais, para neutralizar ou mitigar os impactos ambientais gerados pela conservação e operação de uma rodovia, onde o interesse maior é estabelecer um equilíbrio sustentável junto aos recursos naturais, água, ar e solo impactados pelos serviços rodoviários, sendo denominado de índices do Km Ambiental.

Todos os índices dos serviços têm como cenário a plataforma da rodovia, constituída da faixa de rolamento, canteiro central, acostamento e faixa de domínio onde os impactos se apresentam em sua atuação inicial observando o efeito de bordo destes impactos que na ótica da metodologia da racionalidade ambiental, dá apropriação de dados e conhecimentos práticos resultaram em valores que fundamentam uma nova ética voltada ao gerenciamento ambiental das rodovias.

4.1 QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS EM ÁREAS DE RODOVIAS CONURBADAS.

Foram realizadas varrições manuais com os seguintes materiais: carrinho de mão, vassouras, pás, enxadas e recipientes de coleta (balde de 18 litros), junto dos acostamentos e das faixas de domínio da rodovia SP 66 do Km 90 ao Km 106, visando quantificar os resíduos sólidos carreados pelo sistema de drenagem superficial. Esta quantificação ocorreu durante o período de 120 dias consecutivos. A SP 66 denominada Rodovia Osvaldo Scavone que liga Jacareí a São José dos Campos no Vale do Paraíba.

Neste trecho as quantidades de resíduos sólidos foram quantificadas através de varrição, sendo sua frequência realizada da seguinte forma:

- Período de chuva durante o ano – variação diária, meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março;
- Período de seca durante o ano – variação quinzenal, meses de junho, julho, agosto e setembro.

Os meses de outubro, novembro, abril e maio foram separados da observação por motivo da entrada e saída da estação chuvosa.

Para tanto, os resíduos sólidos foram varridos, coletados em carrinhos de mão e depois quantificados os volumes em baldes de 18 litros e pesados.

Assim, foi possível quantificar o volume de resíduos sólidos carreados para a faixa de domínio da rodovia SP 66, visando obter um indicador do impacto destes resíduos ao meio ambiente.

Também foi construída uma caixa de contenção em alvenaria de bloco de concreto, com as seguintes dimensões:

- Largura: 1,00 metro;
- Comprimento: 2,00 metros;
- Profundidade: 1,00 metro.

Esta caixa de alvenaria foi construída e conectada junto a canaletas de águas pluviais situada nas margens da rodovia SP 66 e SP 326 Rodovia Brigadeiro Faria Lima – Ligação Bebedouro – Colômbia. Assim, foi acompanhado o carreamento dos sólidos durante o período de 120 dias junto a esta caixa de alvenaria, visando diagnosticar o impacto dos resíduos carreados junto ao escoamento das águas pluviais. Após este período observou-se que o volume de capacidade da caixa estava completo indicando a quantidade de 2 m³.

4.2 DESENVOLVER UM DISPOSITIVO DE CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA DRENAGEM E DOS PRODUTOS PERIGOSOS JUNTO AOS RECURSOS HÍDRICOS INTERCEPTADOS PELA RODOVIA.

Em virtude dos volumes quantificados de resíduos sólidos carreados junto às margens das rodovias, o presente trabalho desenvolveu um dispositivo que visa o controle do escoamento superficial da drenagem pluvial. Este dispositivo está sendo denominado de “Caixa de Retenção Difusa”.

Esta caixa difusa foi implantada na SP 99, sendo construída de alvenaria em bloco de concreto impermeabilizada, tendo a função de armazenar e direcionar o volume de águas pluviais para reter resíduos sólidos carreado pelas drenagens superficiais. Esta estrutura foi denominada de Caixa de Retenção Difusa. Os volumes de resíduos coletados na caixa foram quantificados durante o período chuvoso ao longo de um ano. O volume da caixa difusa é de

20m³. A SP 99 foi selecionada por estar na rota de trafego de produtos perigosos na região macrometropolitana da capital paulista.

Preliminarmente sua funcionabilidade foi para mitigar os impactos dos acidentes dos produtos perigosos com a retenção através do fechamento do desvio das comportas de madeira visando dar condições para que um caminhão socorro com conjunto moto bomba faça o recolhimento do efluente armazenado na caixa, para retardar o impacto do efluente com o corpo hídrico da microbacia regional.

A construção desta estrutura em alvenaria de bloco de cimento tem a função de direcionar e reduzir a velocidade e armazenar parte do volume proveniente da drenagem superficial, os resíduos sólidos descartados na faixa de domínio, e possível armazenamento de produtos perigosos para não contaminação do corpo hídrico da microbacia.

4.3. PROPOSIÇÃO DE UM INDICADOR DOS PASSIVOS AMBIENTAIS EXISTENTES JUNTO ÀS MARGENS DAS RODOVIAS

O presente trabalho elaborou um indicador de passivo ambiental provocado pelos impactos decorrentes da drenagem superficial junto às margens das rodovias.

Tal indicador foi denominado RPA (Relevância do Passivo Ambiental). No entanto, este indicador deve ser validado em trabalhos futuros, sendo que na presente data está sendo apresentado para discussões e futuros aperfeiçoamentos.

O RPA auxilia na hierarquização do passivo onde teremos que relacionar as condições dos custos para a recuperação do passivo.

4.4 QUANTIFICAÇÃO DO IMPACTO NA QUALIDADE DO AR DEVIDO À SERVIÇOS NA OPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO DAS RODOVIAS.

Durante a época de construção e na conservação de rotina e especial de uma rodovia, por um período de 24 meses foi possível quantificar o combustível gasto pelos maquinários para a realização das respectivas atividades. Utilizou-se os seguintes equipamentos: caminhão basculante; caminhão irrigadeira, caminhão guincho, motoniveladora com ripper, retroescavadeira, veículo pré-demarcação para sinalização, caminhão espargidor, caminhão

abastecedor, compressor de ar, escavadeira de esteiras, fresadora a frio, martelete, pá carregadeira de pneus, rolo compactador vibratório, rolo compactador pé de carneiro, trator agrícola, usina de solos, usina de asfalto e vibroacabadora.

Esta frota foi monitorada durante um período de contrato de 24 meses, onde apropriou-se o quantitativo de combustível gasto para a realização de suas atividades de conservação e melhorias rodoviárias, atividades de rotina e especial, aplicando sobre estes valores do consumo de combustíveis os índices de geração de CO₂ fornecidos pelo IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) obtendo-se as emissões de CO₂ efetuadas na conservação dos trechos rodoviários.

Assim, foi possível estimar a emissão em toneladas de CO₂ para a obra. Como para cada 160 kg de CO₂ há necessidade de 1 árvore, logo estimou-se a quantidade de árvores necessárias para compensar o impacto ambiental para as atividades de conservação de rotina e especial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 QUANTIFICAÇÃO DE VOLUME DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ÁREAS CONURBADAS

Na Tabela 01 são apresentados os resultados médios da coleta de resíduos sólidos recolhidos na SP 66 do km 90 ao km 106, apropriação efetivada em 16 km de pista simples, sendo 32 km de coleta (lado esquerdo e direito/ Sul e Norte) durante o período de 120 dias consecutivos. A SP 66 denominada Rodovia Osvaldo Scavone liga Jacareí a São José dos Campos. Verifica-se que em média no período normal tem-se uma geração de 1.883 kg/dia de resíduos sólidos, considerando que esta quantidade foi obtida em 16 km de pista, tem-se em média o índice de 117,7 kg/dia.km de resíduos sólidos. Em períodos de feriado tem-se um aumento da quantidade de resíduos sólidos gerados, ou seja, tem-se um índice de 134,4 kg/dia.km de resíduos sólidos.

Tabela 01. Resíduos sólidos recolhido na rodovia SP 66 do km 90 ao km 106.

1-Média Recolhida Semanalmente de Resíduos Sólidos	Média Diária
Período Normal.....11.300 kg	1.833 kg / dia
Período Feriado.....12.900 kg	2.150 kg / dia
2- Volumes de Material Abrasivo Areia	Média mensal
Coletado no Acostamento	0,18 m ³
Coletado na Canaleta ou Sarjeta	0,32 m ³
3- Volume Coletado em 120 dias material abrasivo – areia	
Coletado no Acostamento + Canaleta	0,96 m ³ a 1,0m ³

Fonte: Autor, 2013.

Os valores apresentados na Tabela 01 são índices que deram condições de projetar um gerenciamento ambiental indicando qual é a melhor forma de transportar recolher e dispor do material e projetar seu reaproveitamento, por exemplo, a partir da informação do volume diário é possível determinar qual o tipo do caminhão para transbordo, qual classe do aterro para receber e quais são as atividades mitigadoras para a redução desses índices.

Na Tabela 02 é apresentado o volume mensal de resíduos sólidos coletados pelas concessionárias responsáveis para seis rodovias do estado de São Paulo. Estes dados são representativos para 400 km de vias concessionadas, revelando 300 toneladas de resíduos sólidos, papéis, papelão, alumínio, ferro, madeira, garrafas pet, plásticos, colchões, latas de tintas, resíduo da construção civil, tanques e lavadoras, gerando uma média diária de 1800 à 2000 kg / dia, valores que vem aumentando de acordo com o aquecimento dos parâmetros da economia. Assim, foi possível constatar que gera-se 21,5 m³ de resíduo por km de pista dupla por dia, o que representa 353 kg por km por dia. No período de fevereiro 2004 a fevereiro 2005.

Tabela 02. Volume (m³) mensal de resíduos sólidos coletados pela concessionária, por rodovia, Fevereiro / 2004 a Fevereiro / 2005.

Meses	SP 147	SP 191	SP 330	SP 215	SP 352	SP 157	Total
Fev/04	212,00	203,00	813,00	195,10	66,00	8,00	1.497,10
Mar/04	257,00	274,00	713,00	192,30	72,00	20,00	1.528,30
Abril/04	234,00	243,00	914,00	193,15	63,00	12,00	1.659,15
Mai/04	192,64	313,00	713,00	194,12	65,00	6,00	1.483,76
Jun/04	280,30	314,00	468,00	191,20	165,00	12,00	1.430,50
Jul/04	196,00	1214,20	813,00	199,12	53,00	33,00	2.508,32
Ago/04	160,00	732,50	750,00	196,10	33,00	19,00	1.890,60
Set/04	146,00	182,00	780,00	193,20	75,00	5,00	1.381,20
Out/04	160,00	712,00	750,00	193,00	36,00	19,00	1.870,00
Nov/04	287,00	603,00	850,00	194,60	52,00	8,00	1.994,60
Dez/04	322,00	280,00	930,00	196,35	75,00	10,00	1.713,35
Jan/05	243,00	730,00	800,00	197,56	44,00	3,00	2.990,56
Fev/05	347,00	774,00	780,00	192,32	70,50	12,50	3.297,32
Total	3.035,94	6.574,70	9.974,00	2.528,12	869,50	167,50	25.244,76

Fonte: ARTESP, 2013.

Na Figuras 04 e 05 são apresentados resíduos sólidos evidenciados junto a faixa de domínio e canaletas de drenagem na rodovia SP 66 do km 90 ao km 106.

Figura 04. Volume de Resíduos Sólidos junto a faixa de domínio e canaletas de drenagem na rodovia SP 66 km 90 ao km 106



Fonte: Autor, 2013.

Figura 05. Resíduos Sólidos junto a faixa de domínio e canaletas de drenagem na rodovia SP-66 do km 90 ao km 106



Fonte: Autor, 2013.

No caso das rodovias com grande números de intersecções em APP (Áreas de Prevenção Permanentes), exemplos SP 326 e SP 322, foi possível verificar que através do monitoramento ambiental e da varredura do material que fica depositado na interface da faixa

de domínio e o lindeiro indicando aí a parte de prova do impacto e da degradação induzida pela operação rodoviária ou conservação de quando a APP e o corpo hídrico recebe de impacto. Tal impacto é apresentado na Figura 06, na qual apresenta o material recolhido no presente trabalho.

Figura 06. Material recolhido na interface da faixa de domínio e o lindeiro indicando a parte da prova do impacto



Fonte: Autor, 2013.

Durante o monitoramento dos resíduos sólidos carreados nas rodovias, foi possível constatar a erosão do solo advindo do escoamento superficial das águas pluviais. Conforme se observa na Figura 07, sendo que este ponto está situado na SP 66.

Figura 07. Erosão e impacto no lindeiro na rodovia SP-66



Fonte: Autor, 2013.

Com o objetivo de conter o material sólido carregado nas margens da rodovia SP 326 – Rodovia Brigadeiro Faria Lima (Ligação Bebedouro – Colômbia) o presente trabalho executou uma caixa de alvenaria revestida e impermeabilizada. Nas Figuras 08 e 09 são apresentados os resíduos carregados monitorados na SP 326 onde é possível constatar a necessidade de implantar o sistema denominado “caixa de retenção difusa”. Destaca-se que caso este resíduo não seja contido, causará o impacto ambiental significativo junto ao solo lindeiro a rodovia bem corpo ao corpo hídrico.

Figura 08. Saída do Material Assoreado entre a canaleta e a barragem de contenção junto a faixa de domínio na SP 326, mostrando a necessidade de implantar a caixa de decantação maior para acumular os resíduos carreados.



Fonte: Autor, 2013.

Conforme apresentado, pode-se constatar que o volume de material carreado nas margens das rodovias é significativo. A caixa de alvenaria apresentada na Figura 08, executada no presente trabalho, possui volume igual a 2 m^3 , sendo totalmente preenchida após uma semana de chuvas intensas. Este volume carreado, tenderia a ser disposto nos córregos, fato este que ocasionaria assoreamento nos corpos hídricos.

Figura 09. Material assoreado carregado pela faixa de domínio de estrada, mostrando a necessidade de implantar o sistema de contenção denominado “caixa de retenção difusa”.



Fonte: Autor, 2013.

Face a este episódio é que motivado o desenvolvimento de instrumento técnico para a mitigação e redução do assoreamento e carregamento de resíduos sólidos de qualquer natureza, fazendo assim um instrumento onde a conservação rodoviária possa sistematicamente ocorrer na retirada deste material mitigando a sedimentação no corpo hídrico.

Assim, o trabalho desenvolveu um dispositivo que visa o controle do escoamento superficial da drenagem pluvial e está apresentado no próximo item.

5.2 DESENVOLVIMENTO DE UMA CAIXA DE RETENÇÃO DIFUSA PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.

O desenvolvimento da caixa difusa que é construída de bloco de cimento, canaletas de amarração, vergalhão de aço e impermeabilização com produtos hidrofugantes, e com capacidade de armazenamento de 20,0 m³ a 30,0 m³ capacidade esta em função da rota de produtos perigosos na rodovia, pois além da retenção dos resíduos sólidos e do assoreamento,

este instrumento também tem função de evitar a chegada de produtos perigosos oriundas de acidentes, junto ao corpo hídrico, principalmente se o corpo hídrico fizer parte do abastecimento de água de uma localidade.

As dimensões podem ser variáveis, podendo ser aproveitadas as conformações e os movimentos da terra quando da construção dos aterros e uma logística no recebimento das canaletas de drenagem unindo antes da entrada no circuito da caixa as canaletas e outros mecanismos de condução de águas pluviais na pista.

Vale ressaltar que o sistema de caixa é composto de 3 compartimentos (Figura 17) assim distribuídos e com seguintes funções:

COMPARTIMENTO A – Caixa principal de recolhimento e pré-decantação dos efluentes proveniente da drenagem da pista. Este material será depositado deixando de impactar a microbacia da Área de Proteção Permanente. Conforme figura10.

Na parte frontal e divisória com o compartimento B está instalado uma linha de tubos separados a cada 0,50 m do eixo da parede onde há uma pequena rampa indutora de decantação, e uma passagem de 1,0m x 0.50m que funciona como extravasor para o compartimento B. Conforme figura10.

COMPARTIMENTO B - Caixa secundária onde se processa o recolhimento do resíduo sólido, aonde também recolhe parte do material de assoreamento que migrão do compartimento A e em caso de produtos perigosos funciona como uma antecâmara de preparação para o recalque junto ao compartimento C. Conforme figura10.

COMPARTIMENTO C - Compartimento base para instalações de conjunto moto bomba para recalque do fluido perigoso, através de conexão de engate rápido com mangueiras.

A operação normal se dá em 2 etapas; a primeira quando a operação da rodovia ainda apresenta em baixo revestimento vegetal da faixa de domínio elevando assim o carreamento de resíduos sólidos, fazendo necessário que as águas tenham que percorrer a chicana das caixas A e B para só depois desaguar no corpo hídrico, assim a comporta ainda permanece fechada manualmente.

É necessário o empenho da conservação e o monitoramento da área que dar-se a o recolhimento e ensacamento do material sedimentado nos compartimentos.

Quando da operação de emergência no caso específico de acidentes com produtos perigosos e o volume conduzido pelas canaletas chegar ao sistema fará o transbordo para o caminhão de socorro assim a chegada do líquido no corpo hídrico será evitada.

À medida que a Relevância do Passivo Ambiental e a Coleta Seletiva Rodoviária e os Pontos de Recolhimento Voluntário de Resíduos for sendo implementados e a qualidade ambiental da faixa de domínio faz restabelecer, inclusive com a consolidação dos módulos florestais junto da mata ciliar do corpo receptor haverá a possibilidade da comporta funcionar com baixa vazão, ou seja, dando passagem somente ao efluente para as caixas de retenção. Somente em caso especiais de acidentes que deverá ser fechada a comporta.

A caixa de Retenção (apresentada nas Figuras 10 a 14) direciona para a obtenção de um indicador da eficiência do recolhimento vegetal na faixa de domínio e do nível de limpeza e varredura na pista onde já tem-se um indicador ambiental que terá que estar abaixo de 0,4 m³ de sedimento recolhido para cada km de canaleta de pista.

Se faz necessário esclarecer que este instrumento de mitigação dos impactos ambientais das rodovias em operação ainda está em fase de monitoramento e aperfeiçoamento como, por exemplo, a formatação da conserva das caixas, bem como os tipos e dimensões, baseadas na plataforma de espraiamento e retenção primária.

Figura 10. Vista da caixa de retenção difusa na operação normal de drenagem, ou seja, sem passar pelo compartimento de decantação.



Fonte: Autor, 2013.

Figura 11. Vista geral da caixa de retenção difusa.



Fonte: Autor, 2013.

Figura 12. Vista da caixa de retenção difusa em operação, onde o escoamento está direcionado para o compartimento de decantação (fluxo fechado para o corpo hídrico).



Fonte: Autor, 2013.

Figura 13. Caixa de retenção difusa proposta no presente trabalho.



Fonte: Autor, 2013.

Figura 14. Posicionamento da caixa de retenção difusa na faixa de domínio.



Fonte: Autor, 2013.

5.3. PROPOSTA DE INDICADOR DE PASSIVO AMBIENTAL RODOVIÁRIO

Os componentes do passivo ambiental são processos e alterações ambientais, e portanto, faz necessário utilizar instrumentos que representem de forma clara e objetiva de modo a permitir as caracterização e uma fórmula adequada de priorização.

O trabalho apresenta na sequencia um indicador denominado RPA - Relevância do Passivo Ambiental sendo que na presente data está sendo apresentado para discussões e futuros aperfeiçoamentos.

No entanto, este indicador tem como base os parâmetros relatos no Quadro 03 que se baseiam na Instrução de Projeto IPDES006 do DER/SP (2006) com algumas alterações efetuadas pelo autor onde as características físicas mínimas deverão ser consideradas no levantamento da etapa de identificação dos passivos ambientais.

O primeiro passo para gerar o indicador RPA é analisar a interferência com o corpo da rodovia, com o usuário ou com o lindeiro. O técnico rodoviário ambiental classifica então o risco como: oferece risco, poderá oferecer risco, ou não oferece risco. Alguns agravantes são considerados no processo como se encontra em solo arenoso, índice pluviométrico elevado (> 2.000 mm / ano) e se encontra em Unidade de Conservação ou APP (Área de Preservação Permanente). Também considera-se os atenuantes tais como; presença de cobertura vegetal e não concentração de água.

O índice de Relevância do Passivo Ambiental (RPA) define-se pela expressão:

$$RPA = I + GR + Ag - At \quad (01) \text{ onde:}$$

I = interferência (impacto decorrente de passivo)

GR = Grau de Risco

Ag = Agravante

At = Atenuante

Para o cálculo do RPA são atribuídos valores a cada parcela que compõem o índice, os quais são acumulativos no caso do passivo apresentar mais de uma característica conforme indicado na sequencia.

Para o parâmetro “Interferência (I)”, os valores são obtidos conforme apresentado na Tabela 03.

Quadro 03. Parâmetro para identificação dos passivos ambientais

PARAMETROS PARA O CADASTRO AMBIENTAL (PCM)	
TIPOS	CARACTERISTICAS
Erosão	Acima de 0,40m de profundidade, 0,50m de largura e 5m de extensão.
Assoreamento	Acima de 2,00m de extensão perpendicular ao eixo da linha de drenagem; franjas com mais de 2,00m de extensão em tanques ou reservatórios lindeiros a rodovias, e afloramento em corpo hídrico.
Instabilidade de taludes	Taludes com mais de 3,00m de altura e trincas de tração com mais de 2,00m de extensão; Taludes com mais de 3,00m de altura apresentando: blocos rochosos em sua base, de grau de abatimento, cicatriz de escorregamento, e queda de blocos ou rastejo; Taludes em rocha, distante a menos de 1,00m da borda do acostamento, apresentando sinais de queda de blocos ou blocos soltos.
Alagamento	Acima de 5,00m de extensão paralelo ao eixo da rodovia e em trecho com alagamento freqüente; Vestígio de material particulado e resíduos sólidos em pontos baixo, com extensão acima de 6,00m.
Invasão de Faixa de Domínio	Edificações permanentes irregulares que se encontram dentro do limite da faixa de domínio; Disposição dos resíduos sólidos em áreas conurbadas.
Áreas de Apoio não Recuperadas	Qualquer área em que os processos de degradação continuem ativos.

Fonte: Adaptado pelo autor, 2018.

Tabela 3. Valores do parâmetro “Interferência (I)” da fórmula de Relevância do Passivo Ambiental (RPA).

Impacto (IMP)	Valor	Peso (E)
1 – Rodovia	5	0,3
2 – Usuário	3	
3 – Lindeiro	2	

Fonte: Autor, 2018.

Assim, para o cálculo do parâmetro “Interferência (I)” usa-se a seguinte equação:

$$I = \sum_{j=1}^n IMP_j \cdot E \quad (2)$$

Para o parâmetro “Grau de Risco (GR)”, os valores são obtidos conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Valores do parâmetro “Grau de Risco (GR)” da fórmula da Relevância do Passivo Ambiental (RPA).

Grau de Risco	Valor	Peso (E)
1 – Oferece risco	6	0,4
2 – Pode oferecer risco com a evolução	4	
3 – Não oferece risco	0	

Fonte: Autor, 2018.

Assim, para o cálculo do parâmetro “Grau de Risco (GR)” usa-se a seguinte equação:

$$GR = \sum_{j=1}^n GR_j \cdot E$$

Para o parâmetro “Agravante (Ag)”, os valores são obtidos conforme apresentado na Tabela 05.

Tabela 5. Valores do parâmetro “Agravante (Ag)” da fórmula da Relevância do Passivo Ambiental (RPA).

Aspectos Ambientais (AA)	Valor	Peso (E)
1 – Processo encontra-se a montante do ponto de captação de abastecimento público	4	0,2
2 – Processo encontra-se em solo arenoso	3	
3 – Índice Pluviométrico > 2000 mm/ano	2	
4 – Encontra-se em Unidade de Conservação – UC	1	

Fonte: Autor, 2018.

Assim, para o cálculo do parâmetro “Agravante (Ag)” usa-se a seguinte equação:

$$Ag = \sum_{j=1}^n AA_j \cdot E$$

Para o parâmetro “Atenuante (At)”, os valores são obtidos conforme apresentado na Tabela 06.

Tabela 6. Valores do parâmetro “Atenuante (At)” da fórmula da Relevância do Passivo Ambiental (RPA).

Características Ambientais (CA)	Valor	Peso (E)
1 – Presença de Conserva Vegetal	5	0,1
2 – Não há concentração de Água	5	
3 – Sem Atenuantes	0	

Fonte: Autor, 2018.

Assim, para o cálculo do parâmetro “Atenuante (At)” usa-se a seguinte equação:

$$At = \sum_{j=1}^n CA_j \cdot E$$

O resultado do RPA é um critério para a priorização de intervenções e recuperações dessas áreas no Km Ambiental. A ordem de prioridade para o serviço de recuperação ambiental deve ser obedecida da seguinte maneira para resultado do RPA $\geq 3,5$ deve ser considerado Prioridade A, caracterizada por passivos ambientais com interferência direta no corpo estradal oferecendo risco eminente e interferência com o lindeiro. Para resultado do RPA $< 3,5$ deve – se considerar prioridade B, caracterizada por passivos ambientais com interferência em lindeiro/usuário podendo oferecer risco com a evolução do problema. Apresentam aspectos atenuantes que minimizam os impactos.

Abaixo, na Tabela 07 segue um aplicativo prático de um cadastro para o passivo ambiental e posteriormente o calculo do RPA.

Localização: rodovia – SP 66 km: 70,20 pista: esquerda

Parâmetro de identificação: instabilidade de talude- Cicatriz de escorregamento.

Tabela 07. Aplicativo prático do RPA.

Interferência		peso	Grau de Risco		peso		
X	Rodovia	5	0,3	X	Oferece	6	0,4
X	Usuário	3		Pode oferecer	4		
	Lindeiro	2		Não oferece	0		
Agravantes		peso	Atenuantes		peso		
	Encontra-se a montante do ponto	4	0,2		Presença de cob. Vegetal	5	0,1
X	Encontra-se em solo arenoso	3		X	Não há concentração de água	5	
X	Índice pluvi. > 2.000mm/ano	2			Sem atenuante	0	
X	Encontra-se Uni. Conservação	1					

Fonte: Autor, 2018.

Com o cadastro preenchido basta aplicação da formula do RPA como segue,

$$RPA = (5 + 3) * 0,3 + 6 * 0,4 + (3 + 2 + 1) * 0,2 - 5 * 0,1 = 2,4 + 2,4 + 1,2 - 0,5 = 5,5$$

Como o resultado é 5,5, ou seja, maior que 3,5 é classificado como prioridade A para recuperação.

5.4 OPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RODOVIAS X QUALIDADE DO AR

A variação na qualidade do ar decorre da presença de elementos; substâncias e partículas não ocorrentes, em quantidade e qualidade, na sua conformação original. No caso específico de rodovias, a qualidade do ar sofre, sobretudo, os efeitos da geração de particulados de emissões de CO₂ e odores.

Na operação e conservação de rodovias os processos incidentes sobre a qualidade do ar estão associados à geração de particulados na operação de máquinas e equipamentos de terraplanagem, equipamentos de pavimentação, operação de usina de asfalto, movimentação de veículos de apoio.

Toma-se como básico uma frota de equipamentos e seu consumo para a recuperação de rodovias e operações básicas como descrito na Tabela 08, na qual apresenta a quantidade de CO₂ média por frota de veículo.

Esta frota foi monitorada durante um período de contrato de 24 meses, onde apropriou-se o quantitativo de combustível gasto para a realização de suas atividades de conservação e melhorias rodoviárias, aplicando sobre estes valores do consumo de combustíveis os índices de geração de CO₂ fornecidos pelo IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) obtendo-se as emissões efetuadas na conservação dos trechos rodoviários.

Com estes valores das emissões, relacionou-se com a absorção de CO₂ por espécie nativa, que neutraliza parcialmente as emissões.

Os módulos florestais implantados na faixa de domínio teriam a função de estar neutralizando as emissões realizadas nos serviços de conservação rodoviária. Estes módulos também darão suporte no abrigo da diversidade da fauna e conexões com os corredores ecológicos ao longo do sistema, abrigando e combatendo a extinção da flora e da fauna.

Para os cálculos apresentados na Tabela 08 foram utilizados parâmetros convencionais que determinam a emissão de CO₂ a partir da quantidade de combustível, tais como:

Tabela 08. Relação da frota de veículos com a emissão de CO₂.

Equipamento	Consumo Em litros Por hora	Meses de Trabalho Durante a obra	Horas de Trabalho por dia Durante a obra	Consumo Em litros Por dia	Consumo Em litros Por Mês	Consumo em Litros durante A obra	Emissão De CO ₂ (Kg)
Caminhão basculante 8m ³	21,8	8	4	87,2	1.744,0	13,952	36.275
Caminhão irrigadeira – 6000 L	17	8	4	68	1360,0	10880	28.288
Caminhão Guincho 3,5 t	20,8	8	4	83,2	1664,0	13312	34.611
Motoniveladora c/ ripper – CAT 120	18,2	8	4	72,8	1456,0	11648	30.285
Retroescavadeira 0,77 m ³	97,5	8	4	39	780,0	6240	16.224
Veículo pré-demarkação p/ sinaliz. gasolina	7	8	4	28	560,0	4480	8.064
Caminhão espargidor – 6000 L	17	4	1	17	340,0	1360	3.536
Caminhão abastecedor	25,6	4	1	25,6	512,0	2048	5.325
Compressor de Ar – XA175	17,55	4	1	17,55	351,0	1404	3.650
Escavadeira c/ esteiras 2,2m ³	24,44	4	4	97,76	1955,2	7821	20.334
Fresador a frio – W1000	25,87	4	1	25,87	517,4	2070	5.381
Martelete – 35 Kg (Ar)	0	0	0	0	0	0	0
Pá carregadeira s/ Pneus	17,16	4	4	68,64	1372,8	5491	14.277
Pá Carregadeira c/ Pneus	20,8	4	1	20,8	416,0	1664	4.326
Rolo compactador vibrat. Cilindrico – 7 t	10,27	4	4	41,08	821,6	3286	8.545
Rolo compactador vibrat. Cilindrico – 11,3t	19,5	4	1	19,5	390,0	1560	4556
Rolo compactador pé de carneiro – 15,5t	22,75	4	4	91	1820,0	7280	18.928
Rolo compactador s/ pneus – 27t	12,87	4	1	12,87	257,4	1030	2.677
Trator agrícola – 5t	11,18	4	4	44,72	894,4	3578	9.302
Trator s/ esteira	18,2	4	4	72,8	1456,0	5824	15.142
Usina de Solos – 400t / h	75	4	1	75	1500,0	6000	15.600
Usina de Asfalto Frio – 150t / h	225	4	1	225	4500,00	18000	46.800
Unidade aplicadora roffman (Sinalização)	14,7	4	1	14,7	294,0	1176	3.058
Acabadora – 400t / h	12,74	4	1	12,74	254,8	1019	2.650
TOTAL	675,2			1.300,8	26.016,6	137.522	348.854

Fonte: Autor, 2018.

- álcool – 0,25 kg CO₂/Litro de combustível;
- gasolina – 1,80 kg CO₂/ Litro de combustível;
- diesel – 2,60 kg CO₂/ Litro de combustível;

Por exemplo, a queima de 10 litros de gasolina é responsável pela emissão de 18 kg de CO₂.

Outros dados utilizados para o cálculo apresentado na Tabela 08 são:

-são necessários 25 equipamentos (veículos e maquinários) para execução da obra rodoviária em análise.

Assim, a estimativa foi de 137.500 litros o que representa uma emissão de 350 ton de CO₂ por obra. Como uma arvore capta 160 kg de CO₂, logo há a necessidade de se plantar 2180 árvores por obra.

6. CONCLUSÕES

O processo de migração espontânea do contingente populacional atraído por novas oportunidades de trabalhos oriundos de outras regiões do país resulta em uma elevação no volume de resíduos gerados de toda a natureza onde está a pressão ambiental se vê concretizada na disposição de resíduos ao longo da faixa de domínio, principalmente em área de rodovia conurbadas como é o estudo de caso pesquisado no presente trabalho.

Neste tópico ressalta-se a importância do saneamento básico e do sistema de coleta dos resíduos sólidos rodoviários, pois esta coleta de resíduos não consta nos serviços de manutenção de rodovias e também nos trechos conurbados, por motivo da faixa de domínio muitas vezes estar conflitante com as atividades ligadas ao movimento socioambiental da cidade onde a rodovia se localiza.

Em muitos dos casos pesquisados, observa-se que os impactos ambientais produzidos estão sobre forte pressão do aumento do consumo e da forte indicação dos custos imobiliários junto as rodovias, gerando assim uma correlação, ou seja, fatores do regime urbano sobre as características rurais da faixa de domínio, o que leva inclusive um atrito sob base legal da responsabilidade pelo passivo ambiental gerado pelos usuários.

Ainda na legislação não se fundamenta a inclusão da caracterização do resíduo sólido rodoviário em áreas conhecidas e com setores específicos rodoviários deixando assim uma amplitude maior do passivo ambiental e uma forte carência na recomposição desta área com característica de degradação.

Foi constatado que é na mata ciliar e em áreas de preservação e nos fragmentos florestais que a mitigação dos resíduos se faz mais necessária, hora pela contaminação da água, hora pela degradação do solo.

Foi constatado que em média no período normal tem-se uma geração de 1.883 kg/dia de resíduos sólidos nas margens das rodoviárias, que representa um índice de 117,7 kg/dia.km de resíduos sólidos junto as rodovias. Em períodos de feriado tem-se um aumento da quantidade de resíduos sólidos gerados, ou seja, tem-se um índice de 134,4 kg/dia.km de resíduos sólidos nas margens das rodovias.

Também foi possível constatar, através do monitoramento de campo, a significativa quantidade de material sólido carregado nas margens das rodovias, sendo concluído a necessidade de implantar o sistema denominado “caixa de retenção difusa”. Destaca-se que caso este resíduo não seja contido, causará o impacto ambiental significativo junto ao solo lindeiro a rodovia bem como ao corpo hídrico.

A caixa de retenção difusa mitiga o impacto do assoreamento e estabelece um fluxo de reaproveitamento do solo ali decantada no combate as erosões. Da uma alternativa de transbordo nos acidentes com produtos perigosos não levando a contaminação até o corpo hídrico.

Foi proposto o índice de Relevância do Passivo Ambiental – RPA – caracterizando a necessidade de um cadastro por ordem de relevância onde ordenará as ações corretivas combatendo a perda de solo e conseqüentemente o assoreamento da APP- Áreas de Preservação Permanente. No entanto, este indicador deve ser validado em trabalhos futuros, sendo que na presente data esta sendo apresentado para discussões futuras e aperfeiçoamentos.

Na redução das emissões de CO₂ com a implementação na mata ciliar e da faixa de domínio com o plantio de espécies nativas conectadas reequilibrando a biodiversidade do solo rodoviário e preservando o bem maior que é a água do planeta, certamente evitará a propagação de efeito de bordo aos lindeiros.

Evidencia-se que o conhecimento da necessidade de se ter um sistema integrado de técnicas e do acoplamento e retenção com o corpo hídrico nos indica a grande importância na elevação do restauro da biodiversidade desta faixa de solo remanescente que é a faixa de domínio. Assim, as rodovias que implementarem os índices apresentados, está sendo proposto que sejam denominadas de “Km Ambiental” que é justamente para o estabelecimento de características sempre de base ambiental no trato da faixa de domínio, para ser então um elo de ligação com a educação ambiental, tão necessária a nossa sociedade.

Por meio desta implementação do Km Ambiental nos moldes propostos, tem-se uma maior probabilidade de êxito no desempenho das atividades que compõem a operação rodoviária, não só no ponto de vista de eficiência do serviço prestado mas especialmente do ponto de vista da preservação da qualidade ambiental, o que trará reflexos positivos em todo o ciclo de vida da rodovia.

REFERÊNCIAS

- AKIOSSI, A. Gestão em concessionária de rodovias. X Congresso Brasileiro da Geologia e Ambiental. Ouro Preto – MG, 2002.
- AKIOSSI, A.; KERTZMAN, F. F. AUGUSTO FILHO; O.; OLIVEIRA F. M. e MOREIRA; J. Ajuste do traçado rodoviário a partir da utilização da carta de restrições ambientais: o caso do contorno de Sorocaba-SP..**XI Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental**. Florianópolis, 2005.
- ALMEIDA, J. R. F. Implantação de projetos de dutos na Petrobrás: perspectiva ambiental. **III Encontro Ibero-americano de Unidades Ambientais do Setor de Transportes**. Florianópolis, 1998.
- ALMEIDA, L. C. R., 1998. Mapeamento para cadastro de pontos de alto risco geológico-geotécnico em vias públicas: o exemplo da Avenida Menezes cortes – RJ. **III Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica**. ABGE. Florianópolis, 1998.
- ANDRADE, R. O. B.; TACHIZAWA, T.; CARVALHO, A. B. **Gestão Ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável**. 2ª ed. São Paulo: Markron Books, 2004.
- AUGUSTO FILHO, O. Utilização de SIG no gerenciamento de passivo ambiental: um exemplo para empreendimento rodoviário. **X Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia e Ambiental**. Ouro Preto, 2002.
- BARROS, C.; MENANDRO, L.; SILVA, L. A. A auditoria Ambiental no setor elétrico brasileiro. **VI Congresso Brasileiro de Energia – Seminário Latino-Americano de energia**. Rio de Janeiro, 1993.
- BELLA, Vitor; BIDONE, Edson D. **Rodovias, Recursos naturais e meio Ambiente**. Rio de Janeiro: EDUFF, 1993.
- BERGAMINI JR, Sebastião. Custos emergentes na contabilidade ambiental. **Pensar Contábil**, Rio de Janeiro, ano III, n. 09, ago./out. 2000.
- BITAR, O.Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na RMSP**. São Paulo, 1997. Tese Doutorado, Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- BITAR, O.Y & ORTEGA, R.D. **Gestão Ambiental**. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998.
- BRAGA, Benedito et. al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Moderna, 1997.
- BRANCO, Samuel Murgel. **O Meio Ambiente em Debate**. 26ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

- BRANDÃO, Glúcia Brito. **Transportes e Meio Ambiente no Brasil**. 1996. Dissertação – Mestrado em Sistemas e computação – Instituto Militar de Engenharia, 1996.
- CARVALHO, Pedro Alexandre Sawaya de. **Manual de Geotecnia**. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, 1991.
- CERRI, C. E. P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W. E.; MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. **Tropical Agriculture and global warming impacts and mitigation options**. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 2007.
- D'ALMEIDA, Cristina M. Rodrigues. **O Passivo Ambiental Segundo Diferentes Abordagens**. 2002. Dissertação – Mestrado em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPRE, 2002.
- DERTES. **Manual de Informações Ambientais Básicos para Obras Rodoviárias**. Vitória: Departamento de Edificações, Rodovias e Transportes do estado do Espírito Santo, DERTES, 2002.
- DNER. **Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambientais**. Rio de Janeiro: DNER, 1996.
- DE JORGE, F. N. **Avaliação do Desempenho Ambiental** – proposta metodológica e diretriz para aplicação em empreendimentos civis e de mineração. Tese de doutorado, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2001.
- DER-PR – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Paraná. **Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná e Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná: 1999/2000.
- DER-SP – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. **Instruções Ambientais para Empreendimentos Rodoviários do DER/SP**. São Paulo: DER/SP 200621. Disponível em :<www.der.sp.gov.br>. Acesso em: 15 nov. 2006.
- _____. **Relatório Interno: Cadastro dos Passivos Ambientais Associados as Rodovias**, São Paulo 2006b. Consultado no órgão em 21/09/2006.
- DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A. – DERSA. **Manual de Supervisão Ambiental** – Rodoanel Mario Covas – Trecho Sul. São Paulo. 2006a.
- DIAS, E. G. C. S. **Avaliação de Impacto ambiental de projetos de mineração do Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da USP, São Paulo 2001.
- DONAIRE, D. Considerações sobre a influência da variável ambiental na empresa. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, p. 68-77, mar. –abr. 1994.
- FARIA, José Eduardo. **O Direito na Economia Globalizada**. São Paulo: Malheiros, 2004.
- FERREIRA, ARACÉLI Cristina de Sousa. **Contabilidade Ambiental: uma informação para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Atlas, 2003.

FOGLIATTI, M. C. et. al., **Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

FORNASARI FILHO, N. & BITAR, O.Y. **O meio físico em estudos de impacto ambiental-EIAs**. In: BITAR, O.Y. (Coord.). *Curso de geologia aplicada ao meio ambiente*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995.

GADOTTI, Moacir. **Pedagogia da Terra**. São Paulo: Peiropolis,. 2000

GALLARDO, A. L. C. F. **Análise das Práticas de Gestão Ambiental na Construção da Pista Descendente da Rodovia dos Imigrantes**. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da USP. USP. São Paulo 2004.

GALVES, M. L.; AVO, A. M. Investigação do passivo ambiental de rodovias por meio de indicadores de impactos. **Seminário Nacional a Variável Ambiental em Obras Rodoviárias**. Foz do Iguaçu, 1998. P. 329-333.

GARIBALDI, C. M. **Gestão de Passivos Ambientais Associados a Escorregamentos em Rodovias**: contribuições ao cenário metodológico. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2004.

GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento dos Transportes – **Anuário Estatístico dos Transportes do Ano de 2010**. Brasília 2010. Anuário 2010. Disponível em: <http://gipot.gov.br/NovaWeb/IndexAnuario.htm>. Acesso em: 16 jan. 2013.

GILBERT, M. J. **BS 7750 (futura ISSO 14000)**. Sistema de gerenciamento ambiental. São Paulo, IMAM, 1995.

GLASSON, G.; THERIVEL, R.; CHADWICK. **A Introduction to environmental Impact Assessment**. London 1999. UCL Press, 2ª ed.

GOUDARD, Beatriz. **Avaliação Ambiental de Alternativas de Projetos de Transporte Rodoviário com o uso da lógica Fuzzy**. Dissertação de Mestrado – Instituto Militar de Engenharia – IME, 2001.

GRAMANI M. F.; OLIVITO, J. P. R.; AUGUSTO FILHO, O.; MAGALHÃES . F. S. Análise da potencialidade de geração de corridas de massa nos trechos serranos do duto IBRACON - Instituto Brasileiro de Contabilidade. NPA 11 - **Normas e Procedimentos de Auditoria - Balanço e Ecologia**, 2000.

LISBOA, Plácido. Passivo Ambiental. **XVI Congresso Brasileiro de Contabilidade Goiânia-GO**. 2000. Disponível em: <http://www.eac.fea.usp.br/eac/arquivos/artigos/mais/passivoambientalpdf>>. Acesso em: 17 ago. 2003.

_____. Maryland Department of Transportation State Highway Administration. **Sound Barrier Policy**. 1998.

MARTINS, Eliseu & RIBEIRO, Maisa de Souza. **A informação como instrumento de contribuição da contabilidade para a compatibilização do desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente.** São Paulo, 1995.

MELLO, José Carlos. Meio Ambiente Educação e Desenvolvimento. **Coleção da INTRAMER da OEA**, Washington: OEA, 1996.

MILARÉ, Edis. **Direito do Ambiente: Doutrina, Jurisprudência e Glossário.** 5ª edição. Revista dos Tribunais, São Paulo, 2007.

_____.Minnesota Department of Transportation. **Engineering Services Division.** 2007.

MORAES, Luis Carlos Silva de. **Curso de Direito Ambiental.** São Paulo: Atlas, 2001.

MOREIRA, Maria Suely. **Estratégia e Implementação do Sistema de Gestão Ambiental: Modelo ISO 14000.** Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2001.

NARDO, et. al. **Análise de risco e avaliação do impacto ambiental decorrente do uso de agentes de controle biológico:** memória do workshop. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1995

NBR ISSO 14001. **Sistemas de Gestão Ambiental:** diretrizes gerais sobre princípios, Sistemas e Técnicas de Apoio. ABNT. 2015.

OLIVEIRA, Antonio Gledson de; NETO, Francisco Anuatti; AIMOLA, Luiz Antonio (Coord.). **A Experiência Brasileira de Concessões de Rodovia.** São Paulo: USP/FIPE/UFRS/ABCR, 2003.

OSBAT. **XI Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental.** Florianópolis, ABGE São Paulo, 2005.

PEREIRA, Alessandra Pimentel de Oliveira. Subsídios para o **Gerenciamento Ambiental na Implantação e Operação de Ferrovias.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes – Instituto Militar de Engenharia, 2000.

REIS, Mauricio j.l. ISSO 14000: Gerenciamento Ambiental – um novo desafio para a sua competitividade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

ROMANINI, P. U. Rodovias e Meio Ambiente: principais impactos ambientais. Incorporação: da variável ambiental em projetos rodoviários e sistema de gestão ambiental. São Paulo. 2000^a, 2v. Tese Doutorado- Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

ROMANNI, P. U. Rodovias e Meio Ambiente: principais impactos ambientais, incorporação da variável ambiental em projetos rodoviários e Sistema de gestão. Secretaria dos transportes do estado de São Paulo, São Paulo, 2000b.

ROSS, J. L. S. Análises e Sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para p planejamento ambiental. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo: FFLCH – USP 1995. ISSN 0102-4582.

RUESGA, S.M.; DURAN, G. (org). **Empresa Media Ambiente**. Madrid: Pirâmide, 1995.

SANCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos. São Paulo. 2006. Oficina de textos.

_____.As etapas iniciais do processo de avaliação de impacto ambiental. São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. Avaliação de impacto ambiental. V. 1, São Paulo: SMA, 1998.

_____.Gerenciamento ambiental e a indústria de mineração. São Paulo. Revista de Administração, v. 29, n.1,p. 67-75, 1994.

_____.O processo de avaliação de impacto ambiental, seus papéis e funções. São Paulo 1995. In LIMA, A.L.B,R.; TEIXEIRA H.R.; SÁNCHEZ, L.E. (org.). A Efetividade da Avaliação de Impacto Ambiental no estado de São Paulo. São Paulo: SMA. 1995.

_____.Os papéis da avaliação de impacto ambiental. SANCHES, L.E. (org) Avaliação de Impacto Ambiental: situação atual e perspectivas. São Paulo: EPUSP, nov. 1991.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-254.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Publicada no DOU no 247, de 22 de dezembro de 1997, Seção 1, páginas 30841-30843.

Sanchez, L. E.; SILVA, S. S.; PAULA, R. G. Gerenciamento ambiental e medição de conflitos um estudo de caso. São Paulo 1993. II Congresso Ítalo-brasileiro de Engenharia de Minas. São Paulo, EPUSP, p. 475-496.

SANTOS, A.R. Fundamentos Filosóficos e Metodológicos da Geologia da Engenharia. São Paulo, 1994. Comunicação técnica. IPT, publicação 2088.

SANTOS, A. R. Geologia de Engenharia: conceitos, método e prática. São Paulo, ABGE, 2002. ISBN 85-09-00121-9. ABGE – IPT. P. 127-129.

SILVA, E. Avaliação Qualitativa de Impactos Ambientais do Reflorestamento no Brasil. 1994. Teste de Doutorado – UFV, Viçosa, 1994.

SILVA, V. C, R. Planejamento do Sistema de Gestão Ambiental de Linhas de Transmissão Aérea Localizada em Área Serrana com Unidade Conservação. São Paulo, 2002. Teste de Doutorado – Poli / USP.

SIJING, W. Geolines: New Challenge to the Engineering Development of China. GEOLINE – Geology and Linear Structures. Lyon France 2005, IAEG Abstracts. Cd-rom.

SÁ, Margarida Maria de. **Contribuição à Implementação de um Sistema de Gestão Ambiental na Construção de Rodovias: uma Lista de Verificação para um Programa de Auditoria ambiental**. Dissertação de Mestrado em Ciências em Planejamento Energético – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996.

SANCHEZ, Luiz Enrique. Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2001.

Toledo, Flávio de. **Recursos humanos no Brasil: mudanças, crises e perspectivas**. São Paulo, Editora Atlas, 1981.

USA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **POLLUTION PREVENTION STRATEGY: POLLUTION PREVENTION - PARTICIPANT HANDBOOK**. Washington (DC): United States Environmental Training Institute; 1994

U.S.EPA. (EPA). Conceptual Framework to Support Development and use of Environmental Information in Decision-making. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, 1995.

VALLE, CyroEyer do. QualidadeAmbiental: ISO 14000. 4ª ed. E amp. São Paulo: Editora SENAC, 2002.

WALTHERN, P. An introductory guide to EIA. In: Walther, P. (org). **Environmental impact assessment: Theory and practice**. London: Unwin Hyman, 1988.