

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

PAULO GUSTAVO ZAGO TIRAPELLI

**ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE RODOVIAS
SUSTENTÁVEIS NO BRASIL**

BAURU
2016

PAULO GUSTAVO ZAGO TIRAPELLI

**ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE RODOVIAS
SUSTENTÁVEIS NO BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao centro de Ciências exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração, como parte dos requisitos do curso de Engenharia Civil, sob orientação do Prof. Me. Ricardo Ramos da Rocha.

BAURU
2016

Tirapelli, Paulo Gustavo Zago

T596a

Análise de Implantação de Rodovias Sustentáveis no Brasil / Paulo Gustavo Zago Tirapelli. -- 2016.

48f. : il.

Orientador: Prof. M.e Ricardo Ramos da Rocha.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)
– Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.

1. Sustentabilidade. 2. Rodovia. 3. Pavimento. 4. Energia. I.
Rocha, Ricardo Ramos da. II. Título.

PAULO GUSTAVO ZAGO TIRAPELLI

**ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE RODOVIAS SUSTENTÁVEIS NO
BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao centro de Ciências exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração, como parte dos requisitos do curso de Engenharia Civil, sob orientação do Prof. Me. Ricardo Ramos da Rocha.

Banca Examinadora:

Prof. Me. Ricardo Ramos da Rocha
UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

Prof. Esp. Antonio Marcos Galvez Serra
UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

Prof. Me. Alexander da Silva Maranhão
UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

Bauru, 12 de Dezembro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me propiciou a sabedoria para conduzir o trabalho em questão. Agradeço a minha família e aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado para me dar forças e seguir em frente. Agradeço ainda ao meu orientador Professor Ricardo Rocha que sempre se propôs a ajudar e dar conselhos.

RESUMO

Sustentabilidade, uma palavra que ganha força com o passar do tempo mesmo não havendo uma conclusão quanto a sua definição. Isso se deve ao fato do mundo buscar alternativas para desenvolver sem agredir a sociedade e o meio ambiente.

Parte integrante da maioria do país as rodovias ligam cidades e estados e é o modal mais utilizado, conseqüentemente o que mais agride o meio ambiente e a sociedade principalmente durante sua construção.

O objetivo do trabalho é mostrar medidas e opções para tornar as rodovias brasileiras mais sustentáveis de modo a diminuir a agressão ao meio ambiente e o impacto social e apresentar opções para geração de energia e manutenção da própria rodovia.

Através de modelos gráficos e exemplos reais, fazer uma comparação do atual estado das rodovias brasileiras com o modelo ideal de rodovia sustentável e realizar uma análise sobre a sua implantação no Brasil levando em conta fatores econômicos, ambientais e sociais.

De acordo com a pesquisa realizada pôde-se concluir que a implantação de rodovia sustentável no Brasil é viável e seria benéfica e, embora seja trabalhosa, os resultados são compensatórios pois têm-se um local auto sustentável que gera sua própria energia e que ainda tem um impacto social.

ABSTRACT

Sustainability, a word that gains strength with the passage of time even without a conclusion as to its definition. This is due to the fact of the world seek alternatives to develop without causing damage to society and the environment.

The highways linking cities and states and is the modal more used in the country, consequently what more harm the environment and society especially during its construction.

The objective of this study is to show measures and options to make the Brazilian highways are more sustainable in order to reduce the damage to the environment and the social impact and present options for power generation and maintenance of own highway.

Through graphical models and real-world examples, make a comparison of the current state of the Brazilian highways with the ideal model of sustainable road and make a review about its deployment in Brazil taking into account economic, environmental and social issues.

According to the survey conducted it was concluded that the deployment of sustainable highway in Brazil is feasible and would be beneficial and, although it is laborious, the results are therefore compensatory have a place self sustainable that generates its own energy and which still has a social impact.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Triple Bottom Line	12
Figura 2 – Representação de Pavimento Rígido	15
Figura 3 – Representação de pavimento Flexível	15
Figura 04 – Refino de petróleo	17
Figura 05 – Pavimento asfáltico	18
Figura 06 – Pavimento de concreto	19
Figura 07 – Estrutura geral pavimento permeável	20
Figura 08 – Compactação de solo como rolo vibratório	21
Figura 09 – Pavimentação de via	22
Figura 10 – Origem das águas nos pavimentos	23
Figura 11 – Trincos devido a infiltração	24
Figura 12 – Infiltração pelo acostamento	25
Figura 13 – E Turbine	26
Figura 14 – Lombada Energética	27
Figura 15 – Estrada Solar	28
Figura 16 – Uso de pneu no asfalto	29
Figura 17 - Máquina HM-IR	30
Figura 18 – Ponto de Parada	31
Figura 19 – Barreira New Jersey	32
Figura 20 – Rodovia SP-321	35
Figura 21 – Rodovia SP – 300.....	36
Figura 22 – Árvores frutíferas ao longo da rodovia	37
Figura 23 – Comparação pavimento de concreto e asfalto	37
Figura 24 – Modelo de E-turbine na Rodovia	39
Figura 25 – Projeto ponto de descanso	40
Figura 26 – Serra do Rio do Rastro	41
Figura 27 – Modelo de rodovia sustentável	42
Figura 28 – Modelo de rodovia sustentável	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 SUSTENTABILIDADE	12
Figura 1 – Triple Bottom Line	12
3.1 SUSTENTABILIDADE NA RODOVIA	13
3.2 PAVIMENTO	13
3.2.2 SITUAÇÃO ATUAL DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL	14
3.2.3 PAVIMENTO RODOVIÁRIO RÍGIDO	14
3.2.4 PAVIMENTO RODOVIÁRIO FLEXÍVEL	15
3.3 MATERIAIS USADOS PARA PAVIMENTAÇÃO.....	16
3.3.2 PAVIMENTO DE CONCRETO	18
3.3.2.1 RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS, DETERIORADOS COM CONCRETO.....	19
3.3.3 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS.....	19
3.3.3.1 TIPOS DE PAVIMENTO PERMEÁVEIS.....	20
3.4 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DE RODOVIA	21
3.5 DRENAGEM	22
3.5.1 ORIGEM DAS ÁGUAS NOS PAVIMENTOS	22
3.5.1.1 INFILTRAÇÃO	23
3.5.1.2 INFILTRAÇÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO	24
3.5.1.3 INFILTRAÇÃO ATRAVÉS DO ACOSTAMENTO	24
3.5.2 EFEITOS DA PRESENÇA DE ÁGUA NO PAVIMENTO	25
3.6 FONTES DE PRODUÇÃO DE ENERGIA NA RODOVIA	26
3.6.1 E TURBINE	26
3.6.2 LOMBADA ENERGÉTICA.....	27
3.6.3 ESTRADA SOLAR	27
3.7 CONSERVAÇÃO DE RODOVIA.....	28
3.8 RECICLAGEM DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	29
3.8.1 REAPROVEITAMENTO DE PNEUS NA RODOVIA.....	29
3.8.2 RECICLAGEM DE ASFALTO.....	30

3.9 PONTOS DE PARA E DESCANSO.....	30
3.10 SELO ISE (ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL).....	31
3.11 ARBORIZAÇÃO	32
3.12 BARREIRAS NEW JERSEY	32
4. METODOLOGIA.....	33
5 ALTERNATIVAS PARA IMPLANTAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE NAS RODOVIAS BRASILEIRAS	34
5.1 PROJETO DA RODOVIA.....	34
5.2 CONSTRUÇÃO DA RODOVIA	34
5.3 ÁRVORES NA RODOVIA	35
5.4 PAVIMENTO	37
5.5 REAPROVEITAMENTO DE MATERIAIS NA CONTRUÇÃO DA RODOVIA	38
5.6 SUSTENTABILIDADE NA CONSERVAÇÃO DA RODOVIA.....	38
5.7 GERAÇÃO DE ENERGIA NA RODOVIA.....	39
5.8 PONTOS DE PARADA	40
5.10 CERTIFICAÇÕES QUE AJUDAM A SUSTENTABILIDADE	43
5.11 SUSTENTABILIDADE NA RODOVIA HOJE.....	44
6 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Segundo SILVA, Júlio (2015) o Brasil é um país com dimensões continentais que utiliza o modal rodoviário como principal para transporte de cargas e pessoas. As rodovias começaram a serem tratadas como política de estado quando Washington Luís ainda era governador de São Paulo em meados de 1920 e, com o discurso de “Governar é fazer estradas”, tratou de criar as primeiras, que ligavam o interior do estado ao porto de Santos e, mais tarde como presidente inaugurou a primeira rodovia asfaltada do País (Rio-Petrópolis). Contudo foi o Presidente JK ao final da década de 1950 e com o intuito principal de atrair empresas internacionais do ramo automobilístico que focou na criação de mais estradas pavimentadas. Isso, claro, acabou por deixar de lado o principal modal durante o período de exportação de café, as ferrovias (fato esse que resultou em malhas ferroviárias sucateadas). Anos depois e com o desenvolvimento cada dia mais necessário a aposta do País continua e hoje essas rodovias representam cerca de 60% (CNT, 2009), do transporte de carga nacional.

Nos dias atuais, mesmo o modal rodoviário sendo o principal diante dos outros, comparado com outros países a malha rodoviária brasileira está fora dos padrões internacionais uma vez que apenas 12% da mesma é pavimentada (INVEPAR, 2015).

Isso nos mostra não apenas o atraso em relação à infraestrutura mas também um atraso em relação ao pensamento global uma vez que ao passo em que outros países como Estados Unidos o transporte de carga é feito através do modal ferroviário o Brasil insiste em investir, muito por conta de sua história, em Rodovia.

Junto com o desenvolvimento das estradas e isso atrelado ao governo não conseguir mantê-las surgiram no país as chamadas concessionárias de rodovias que têm por fim deixá-las em bom estado para uso de qualquer meio de transporte viário. Hoje o estado de São Paulo é o que apresenta maior número de concessionárias (elas controlam 5.428 quilômetros), ao passo que é o estado que apresenta, segundo a CNT (Confederação Nacional de Transporte), as 19 de 20 melhores rodovias do País no ano de 2015. Essas chamadas privatizações estão auxiliando na recuperação e desenvolvimento da malha rodoviária, porém esse

rápido desenvolvimento afeta diretamente a sustentabilidade na rodovia uma vez que as empresas mantenedoras se preocupam mais com valores econômicos.

Por esses motivos o trabalho tem como justificativa verificar a implantação do conceito de sustentabilidade em rodovias, uma vez que as grandes empresas tratam tal assunto com descaso seguindo o discurso que ações a favor da sustentabilidade tem um alto custo e não é compensatório.

A pesquisa de mostrou satisfatória, uma vez que torna a rodovia um objeto de fonte de energia e fonte de alimento em tempos de necessidade.

Para que se torne uma rodovia completamente sustentável é necessário alguns elementos estejam presentes como a arborização, necessária para diminuir a temperatura e desgaste do ambiente, pavimento reciclado com pneus ou pavimento de concreto que não é proveniente de combustíveis fósseis e fontes geradoras de energia afim de tornar a rodovia auto sustentável energeticamente.

2 OBJETIVOS

O trabalho que segue apresenta um objetivo geral e específicos que são apresentados a seguir

2.1 OBJETIVO GERAL

O intuito deste trabalho é fazer uma análise primeiramente geral a respeito de sustentabilidade na rodovia no Brasil e, em um segundo momento, analisar o conceito de implantação da mesma nas rodovias brasileiras.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos podem ser citados:

- comparar rodovias nacionais e internacionais no quesito sustentabilidade.
- analisar a atual condição sustentável de rodovias concessionadas com o foco em rodovias do sudeste e sul.
- utilizar pavimentos considerados mais ecológicos

3 SUSTENTABILIDADE

A palavra do momento seja em qualquer área de pesquisa é esta: Sustentabilidade. E apesar de estar na moda não conseguiram ainda chegar a um acordo quanto a sua definição.

Segundo CABRERA, Luiz (2009), a primeira a usar o termo sustentabilidade foi a Norueguesa Gro Brundtland em 1987 através de um livreto chamado “Our Common Future”, que relacionava o meio ambiente com o progresso. Em uma passagem do referido livro a autora tenta explicar o termo dizendo que “Desenvolvimento sustentável significa suprir as necessidades do presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprirem as próprias necessidades”. (BRUNDTLAND, Gro). E vale notar que, diferente do que é pensado, a proposta não era parar a economia em prol do meio ambiente e sim utilizar os recursos que nos foram proporcionados com consciência para uma futura geração.

Ainda sobre o conceito de sustentabilidade, CREDIDIO, Fernando (2008) diz que sustentabilidade é um conceito sistêmico que resulta das atitudes das pessoas, organizações e está diretamente relacionada com a sobrevivência do planeta. Significa, sobretudo, sobrevivência, sobrevivência dos recursos naturais, dos empreendimentos e, portanto, da própria sociedade. Ainda sobre o assunto podemos exemplificar a condição citada através do Triple Bottom Line, e como vemos na figura 01 é uma expressão que engloba três pilares: o econômico, o social e o ambiental, e pode ser desenhado segundo o esquema abaixo:

Figura 1 – Triple Bottom Line



Fonte: bioseta (2014)

Isto quer dizer que para que o empreendimento seja considerado sustentável o mesmo deve ser socialmente justo, ambientalmente responsável e economicamente lucrativo.

3.1 SUSTENTABILIDADE NA RODOVIA

Segundo Fischer (1997), rodovias sustentáveis não são aquelas que passam por parques de preservação ou reservas naturais. Sustentabilidade na rodovia é mais abrangente que isso. Um simples local de descanso para motoristas pode ser considerado sustentabilidade, ou, até mesmo, o pavimento que se utiliza.

O fato é que para ser considerada sustentável a rodovia deve abranger os três pilares (econômico, social e ambiental).

3.2 PAVIMENTO

Segundo MARQUES, (SANTANA, 1993), pavimento é uma estrutura construída sobre uma superfície obtida pelos serviços de terraplanagem com a função principal de fornecer ao usuário segurança e conforto, que devem ser conseguidos com a máxima qualidade e o mínimo custo.

Podemos dividir pavimento rodoviário em 3 tipos, sendo elas:

- Rígido
- Semi-rígido (Semi-flexível)
- Flexível

3.2.1 HISTÓRICO DO PAVIMENTO

Segundo BERNUCCI (2010), a história da pavimentação remete a própria história da humanidade, desde o povoamento dos continentes, as conquistas territoriais até o desenvolvimento. Assim como o pavimento a história também foi construída em camadas. Uma das mais antigas estradas pavimentadas não foi desenvolvida com a intenção de mobilizar veículos com rodas mas sim trenós que transportavam cargas. Deve-se dar, ainda, atenção especial as estradas romanas que, visando objetivos militares e manutenção da ordem do império romano, foram capazes de implantar um sistema robusto com um alto nível de critério técnico.

Ainda segundo BERNUCCI (2010), no Brasil a primeira estrada que se tem registro trata-se de um caminho aberto que liga São Vicente ao Planalto Piratininga, e foi em 1661 que a referida estrada foi recuperada e intitulada Estrada do Mar, permitindo, assim, o tráfego de veículos. No caso dessa Rodovia utilizou-se para pavimentação lajes de granito, a chamada calçada de Lorena, ainda hoje preservada. Durante o Império foram poucos os desenvolvimentos nos transportes no Brasil, principalmente o rodoviário e por conta disso o investimento começou apenas por volta do ano de 1906 quando foi criado o Ministério da Viação e Obras Públicas.

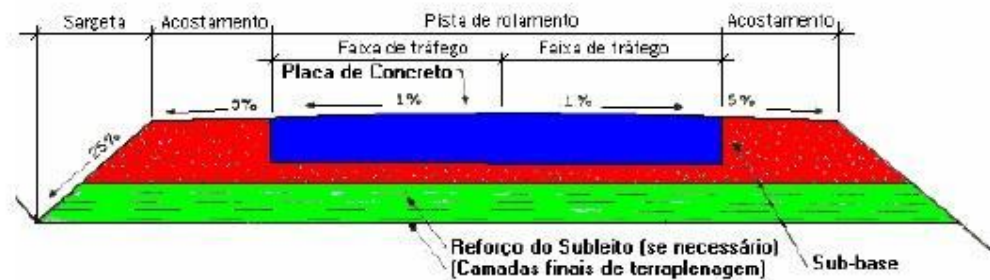
3.2.2 SITUAÇÃO ATUAL DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL

Segundo BERNUCCI (2010), a CNT (Confederação Nacional de Transporte), considera a grande maioria do pavimento do Brasil de baixo conforto ao rolamento, incluindo muitos pavimentos concessionados. Estima-se que é necessário R\$ 10 bilhões para recuperação de toda malha viária do País. É interessante ressaltar que, apesar de ser o modal mais investido no Brasil, ainda é possível encontrar rodovias fora dos padrões aceitáveis.

3.2.3 PAVIMENTO RODOVIÁRIO RÍGIDO

Segundo MARQUES (2012), pavimento rígido, conforme figura 02, é aquele constituído por camadas que trabalham essencialmente a tração. Seu dimensionamento é baseado nas propriedades resistentes de placas de concreto. A pista de rolamento é por onde os veículos trafegam e o acostamento é a pista lateral que serve como segurança. A inclinação da pista de rolagem deve ser de 1% para que a água proveniente de chuvas possa escorrer para o acostamento que por sua vez tem uma inclinação de 5% para levar a água excedente para as canaletas laterais. Quando se aproxima da canaleta a inclinação aumenta para 25% para melhor deslizar. Por se tratar de um material rígido, as inclinações do pavimento de concreto são menores comparada ao pavimento de asfalto.

Figura 2 – Representação de Pavimento Rígido

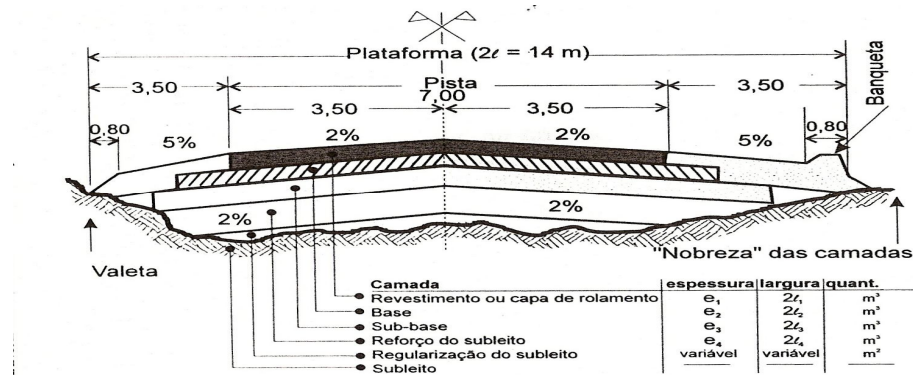


Fonte: Notas de aula pavimentação (2012)

3.2.4 PAVIMENTO RODOVIÁRIO FLEXÍVEL

Segundo MARQUES (2012), pavimentos rodoviários flexíveis são aqueles que trabalham com camadas que não resistem a tração. Normalmente são constituídos de revestimento betuminoso sobre camadas puramente granuladas. Na figura 3 pode ser visto o pavimento flexível e como é sua estrutura quanto a construção.

Figura 3 – Representação de pavimento Flexível



Fonte: Notas de aula pavimentação. (2012)

O pavimento flexível, diferente do rígido, é composto por camadas conforme figura 3. A largura da pista de rolamento deve ser de 7 metros e com uma inclinação de 2% para que a água possa escorrer. O acostamento tem uma largura de 3,5 metros e uma inclinação de 5%.

3.2.5 PAVIMENTO RODOVIARIO SEMI-FLEXÍVEL

Para MARQUES (2012), pavimento semi-rígido seria uma situação intermediária entre o pavimento rígido e o pavimento flexível como o caso de misturas solo-cimento, solo-cal, solo-betume. Por definição seria quando se tem uma base cimentada sob o revestimento betuminoso.

3.3 MATERIAIS USADOS PARA PAVIMENTAÇÃO

Para realizar a pavimentação de uma via, pode ser utilizado diferentes materiais e ligantes, esses que interferem diretamente no tipo de pavimento que deseja ser construído. Se o desejado é construir um pavimento flexível o indicado é que utilize asfalto. Caso o desejado seja um pavimento Rígido o correto é utilizar o concreto.

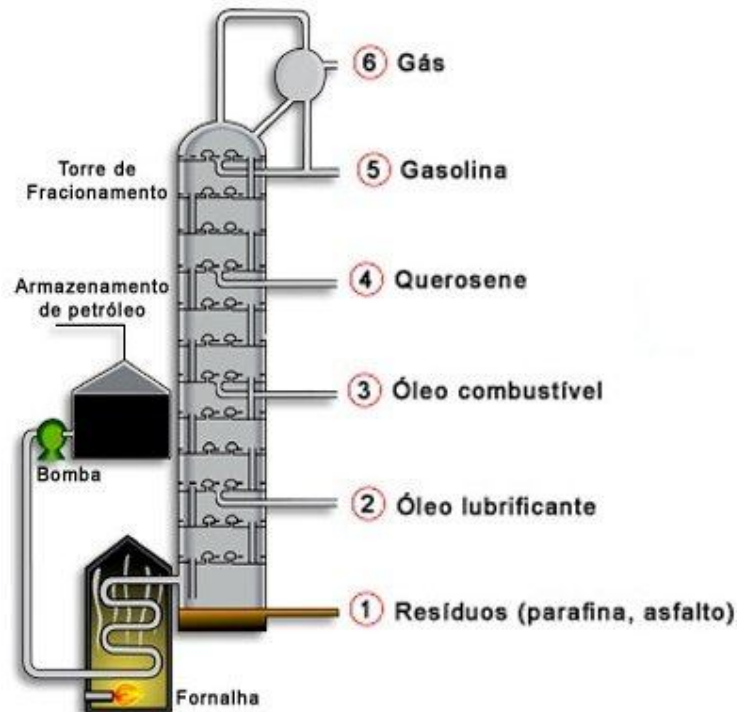
3.3.1 PAVIMENTO DE ASFALTO

Segundo BERNUCCI (2010), asfalto é um dos mais antigos materiais de construção utilizados pelo homem que o utiliza desde a agricultura até a construção de vias (como no caso em análise). O uso na pavimentação é um dos mais antigos e há várias razões para seu uso, sendo os principais:

- Forte união ente os agregados;
- Age como ligante o que fornece uma boa flexibilidade;
- É impermeabilizante;
- É durável.

No que diz respeito a terminologia, diferente dos brasileiros e americanos que preferem usar o termo asfalto, os europeus chamam o mesmo produto de betume. O asfalto utilizado na pavimentação é um ligante betuminoso que é um dos derivados do petróleo quando acontece a sua destilação e é representado pela figura 04. No Brasil utilizamos a denominação CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo), para designar este produto.

Figura 04 – Refino de petróleo



Fonte: sobiologia.com

Como suas características físicas podemos citar que em temperaturas baixas as moléculas não tem capacidade de se mover em relação as outras e isso faz com que a viscosidade seja elevada e nessa situação funciona quase que como um sólido. Quando se aumenta a temperatura as moléculas começam a se agitar diminuindo a viscosidade.

Segundo NAKAMURA (2011), nos últimos anos a engenharia de pavimentos buscou novas tecnologias principalmente com o intuito de elevar a resistência do revestimento. A mais famosa foi o desenvolvimento do chamado asfalto-borracha, que, como o próprio nome já sugere, o asfalto é misturado junto a um pó extraído de pneus. Embora seja uma técnica mais cara, tem um caráter ecológico maior uma vez que os pneus têm um devido descarte, além de aumentar a resistência do asfalto. Quanto maior o teor de borracha aplicado mais durável será o pavimento. Na figura 05 pode-se ver pavimento de asfalto, mais escuro comparado ao pavimento de concreto, sendo esta uma de suas desvantagens.

Figura 05 – Pavimento asfáltico



Fonte: Via Rondon (2012)

3.3.2 PAVIMENTO DE CONCRETO

Segundo a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), as rodovias brasileiras necessitam de pavimentação de alta durabilidade e baixo custo de manutenção, capaz de suportar alto tráfego. Sobre estes aspectos o pavimento de concreto seria hoje o mais indicado para melhorar a qualidade as estradas e, por sua vez, a segurança nas mesmas.

Ainda segundo a instituição, por ser mais claro o pavimento proporciona uma maior visibilidade e economia em iluminação por parte da rede pública. Em questão de segurança, este tipo de pavimento oferece uma distância de frenagem menor e não promove aquaplanagem. Chamado também de pavimento verde, há estudos que apontam que o pavimento de concreto ainda consegue reduzir o consumo de combustível. Na figura 06 é apresentando um pavimento de concreto, mais claro comparado ao asfalto, que por sua vez é um derivado do petróleo.

Figura 06 – Pavimento de concreto



Fonte: viasconcretas.com

3.3.2.1 RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS, DETERIORADOS COM CONCRETO

Além de ser usado pra construção do pavimento, o concreto também pode ser utilizado para manutenção das rodovias com revestimento asfáltico. Segundo a ABCP a técnica é chamada de cobertura branca e permite reaproveitar infraestrutura de pavimento executada com materiais de diferentes naturezas. Neste caso, a camada de asfalto funciona como uma sub-base e a técnica tem uma expectativa de vida de até 20 anos. Pavimento verde, é uma das alternativas mais recomendadas para atender as exigências ambientais que, hoje em dia, estão cada vez mais rigorosos.

3.3.3 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Segundo SUZUKI (2013), os pavimentos tradicionais tem a finalidade de conferir ao revestimento a máxima impermeabilidade possível, visando a proteção dos materiais subjacentes não tratados contra o aumento da umidade, que diminui sua capacidade de carga e evita a rápida degradação do revestimento.

Com a evolução da malha viária mundial, a impermeabilização do solo fez aumentar a intensidade das inundações. Isso forçou a pesquisa de medidas de

técnicas alternativas de drenagem que devolve ao solo a capacidade de infiltração. Ainda segundo o autor, o pavimento permeável foi pela primeira vez usado na França entre 1945 e 1950, contudo sem muito êxito pois qualidade na época do ligante asfáltico se apresentava com pouca trabalhabilidade. Voltou a ser usado 20 anos mais tarde quando mais alguns países como EUA e Japão começaram a se interessar pela técnica.

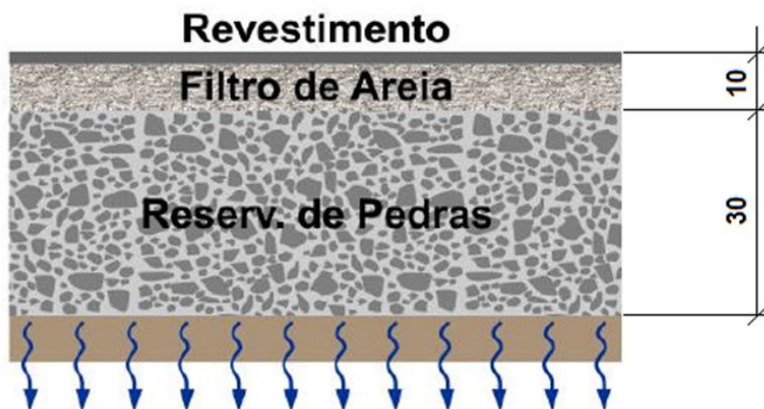
Atualmente no Japão, o pavimento permeável é integrado a programas que incluem todas as técnicas de infiltração, e essas técnicas são empregadas nos quarteirões de grandes cidades em locais que podem ser inundados como quaras de esporte e pátios de escola. Na Austrália desde 1996 existem pesquisas nas formas de controle na fonte e incorporado as técnicas de pavimento permeável.

3.3.3.1 TIPOS DE PAVIMENTO PERMEAVEIS

De acordo com SUZUKI (2013), os pavimentos permeáveis são conhecidos, também, como estruturas-reservatório.

O Sistema de infiltração total é quando o único meio de saída do escoamento é por infiltração no solo. Deste modo, o reservatório deve ser suficientemente grande para acomodar o volume de escoamento de uma precipitação. Na figura 07, vê-se a estrutura geral de um pavimento permeável.

Figura 07 – Estrutura geral pavimento permeável



Fonte: Aquafluxus.com

3.4 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DE RODOVIA

Segundo matéria publicada no site PORTOGENTE, existem três fases essenciais para a construção de uma rodovia: planejamento, projeto e construção.

Planejamento: é a etapa que define a função principal da rodovia sendo escolhido para o turismo, comercial ou militar. É feito nessa fase, ainda, os estudos de tráfego e velocidade da rodovia.

Projeto: Segundo PORTOGENTE (2016), as informações retiradas da etapa de planejamento são utilizados para fazer o projeto da rodovia que consiste no seu desenho, perfil transversal e longitudinal e obras de arte.

Construção: Segundo matéria da equipe de imprensa da empresa BETUSEAL, as principais etapas para construção de uma rodovia são:

- Desmatamento da área a ser construída;
- Fundação ad estrutura;
- Estaqueamento;
- Compactação do solo.
- Pavimentação

Na figura 08 está representado a compactação do solo com rolo compactador vibratório, que como o próprio nome sugere compacta o solo através do seu peso e da vibração.

Figura 08 – Compactação de solo como rolo vibratório



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 09 apresenta a pavimentação, ultimo processo da construção de uma rodovia.

Figura 09 – Pavimentação de via



Fonte: Elaborado pelo autor

3.5 DRENAGEM

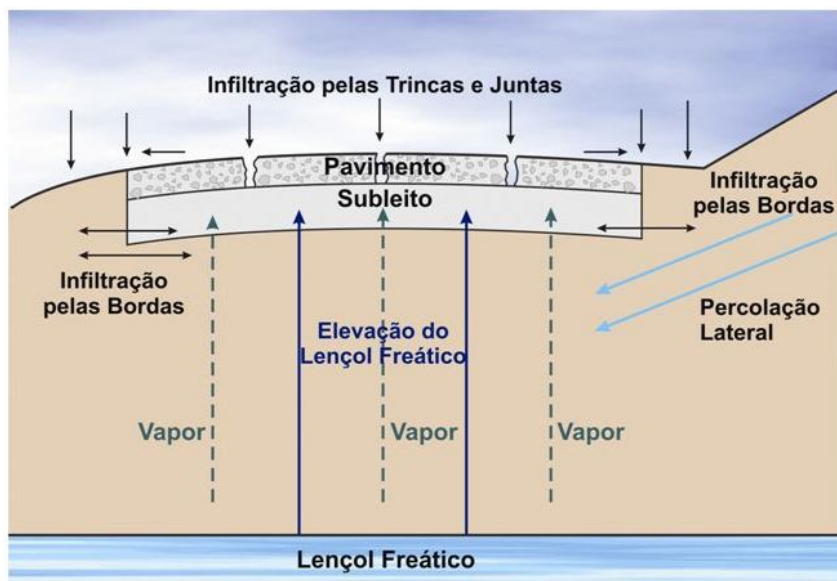
Segundo SUZUKI (2013), em pavimentação deve ser alcançado o objetivo principal de projeto e construir economicamente uma estrutura que suporte as cargas de tráfego. Mesmo bem dimensionados e construídos para atender as diretrizes do projeto, muitos pavimentos apresentam problemas funcionais, estruturais e até de segurança viária. Um dos problemas relacionados ao péssimo desempenho dos pavimentos é a aplicação de cargas de tráfego quando os materiais que o constituem estão saturados. Para evitar tal situação é necessário retirar toda água que cai sobre o pavimento e é nesse ponto que entra a drenagem.

3.5.1 ORIGEM DAS ÁGUAS NOS PAVIMENTOS

SUZUKI (2013), fala que a umidade na estrutura do pavimento pode ser proveniente e varias fontes, entre elas: infiltração, percolação, capilaridade e vapor de agua. A agua no pavimento pode ser proveniente de infiltrações devido as juntas,

trincas ou outros tipos de defeito na superfície do pavimento. A figura 10 mostra as formas que a água consegue penetrar na estrutura

Figura 10 – Origem das águas nos pavimentos



Fonte: Drenagem superficial de pavimentos (2013)

A água pode penetrar na estrutura através de infiltração pelas laterais de modo que a água escorre pelo local não pavimentado e atinge o sub leito. Além disso, o lençol freático interfere diretamente no pavimento sendo através do vapor ou pela possível elevação do lençol.

3.5.1.1 INFILTRAÇÃO

Segundo SUZUKI (2013), as águas das chuvas são a maior fonte de água que penetram no pavimento sendo que podem infiltrar tanto pelas juntas, tanto pelas bordas. Essa água que infiltra no pavimento tem um impacto direto no comportamento e cada material usado para a pavimentação e o excesso da mesma começa a danificar significativamente a estrutura pavimentada com o passar do tempo.

Esta ação da água é silenciosa e afeta diretamente a vida útil do pavimento. Para identificar caso uma infiltração esteja ocorrendo, têm-se que ficar atento as

seguintes evidências: manchas nas imediações das trincas e desnivelamento das juntas no caso de pavimentos rígidos.

3.5.1.2 INFILTRAÇÃO NA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO

De acordo com SUZUKI (2013), os trincos que surgem nas superfícies o pavimentos tanto de concreto como de asfalto e um processo contínuo, que depende diretamente dos materiais da estrutura montada e a intensidade do tráfego. Na presença de água, este processo é potencializado tornando difícil a estimativa a quantidade e água que penetra no pavimento. Esta quantidade vai depender, também, das características geométricas da pista e da permeabilidade dos materiais utilizados. Na figura 11 percebe-se rachaduras (trincos) ao longo de todo pavimento ocasionados pela infiltração.

Figura 11 – Trincos devido a infiltração



Fonte: Comunitexto.com

3.5.1.3 INFILTRAÇÃO ATRAVÉS DO ACOSTAMENTO

SUZUKI (2013), aponta em seus estudos que a infiltração da água pelas bordas do pavimento (acostamento), pode ocorrer de duas formas distintas: através da variação de carga hidráulica e através da capilaridade. A rodovias que se tornam mais propensas a infiltrações são aquelas com baixa declividade longitudinal em virtude da maior dificuldade que a água encontra para escoar.

Os pontos cruciais seja para pavimento de concreto ou pavimento de asfalto são as juntas entre a pista de rolamento e o acostamento, e isso se agrava quando os materiais empegados nessas duas faixas são distintos, fato que pode auxiliar na formação de trincas no pavimento. A figura 12 é um exemplo de infiltração pelo acostamento. Dá-se para notar que o mesmo é de material diferente da pista rodante.

Figura 12 – Infiltração pelo acostamento



Fonte: Flaviovasco.com

3.5.2 EFEITOS DA PRESENÇA DE ÁGUA NO PAVIMENTO

Segundo SUZUKI (2013), os mais sérios danos causados a pavimento devem-se ao volume e a movimentação de água livre no interior da estrutura.

Essa água pode servir de fonte para saturação indesejada de camadas subjacentes se estas forem feitas de materiais e baixa permeabilidade.

Em síntese, pode se dizer que os principais efeitos danosos da água livre na estrutura são:

- Redução da resistência dos materiais granulares e do solo do subleito;
- Formação de vazios em pavimentos de concreto o que acarreta e formação de trincas e deterioração do pavimento;

- Comportamento e desempenho insatisfatório dos solos expansivos devido a presença de água;
- Trinco nos revestimentos em função do contato direto com a água.

3.6 FONTES DE PRODUÇÃO DE ENERGIA NA RODOVIA

Como comentado no trabalho anteriormente, as rodovias no Brasil é o seguimento de transporte que mais recebe investimento, isso muito por conta dos grandes investimentos feitos pelo setor automobilístico que alavancaram o setor. Desta forma surgem ideias para aproveitar a grande quantidade de veículos na produção de energia. Pensando nisso, existem projetos que já estão em desenvolvimento para aproveitar ao máximo a energia que podemos produzir.

3.6.1 E TURBINE

Segundo GUIMARAES (2012), uma das formas de geração de energia é a chamada e-turbine. O deslocamento dos carros em alta velocidade faz com que turbinas que ficam ao longo da rodovia produzam energia e armazena uma bateria central que, por sua vez, alimentaria os postes de iluminação e telefones de emergência. Na figura 13 vemos o projeto e as turbinas representadas nele.

Figura 13 – E Turbine



Fonte: blogdopetcivil.com

3.6.2 LOMBADA ENERGÉTICA

Segundo GUIMARAES (2012), é uma nanotecnologia e foi desenvolvida através de um polímero com nano partículas cerâmicas. Elétrons são liberados a partir do peso dos veículos que passam pela lombada, gerando, assim, energia. Na figura 14 pode-se ver esta lombada projetada nos laboratórios da UNESP.

Figura 14 – Lombada Energética



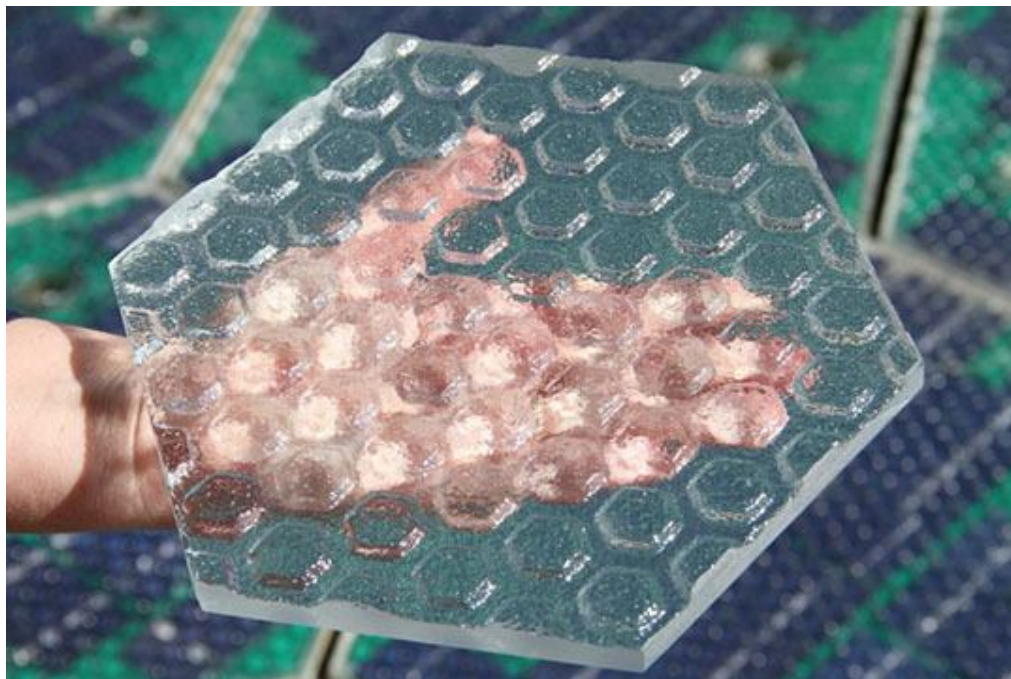
Fonte: blogdopetcivil.com

3.6.3 ESTRADA SOLAR

Segundo GUIMARAES (2012), a ideia principal deste projeto é utilizar placas solares como pistas de rodagem para rodovias. O grande desafio, porém é alinhar painéis de alta resistência para suportar o peso dos veículos.

Segundo CARVALHO (2014), um dos maiores desafios da energia solar é encontrar espaço para instalação de suas placas e a solução encontrada pelos inventores de tal técnica foi utilizar o piso das estradas. A ideia original é equipar o pavimento da rodovia com painéis que absorvem a luz do sol e a transforma em energia elétrica. Uma vantagem é que cada painel é feito de material reciclado. A figura 15 mostra o material utilizado. A tecnologia está em fase de teste e pode ser uma alternativa para o problema do espaço necessário para a energia solar.

Figura 15 – Estrada Solar



Fonte: blogdopetcivil.com/2014/06/06/estradas-solares

3.7 CONSERVAÇÃO DE RODOVIA

Segundo CABRAL (2011), conservação é o conjunto de operações que são destinadas a preservar as características técnicas e operacionais de uma rodovia. A conserva pode ser dividida em 5 tipos.

A chamada conservação corretiva é o conjunto de operações que tem por objetivo reparar um defeito e restabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia.

Na conservação periódica é requerida em intervalos de tempo já programados.

Há ainda a conservação preventiva periódica que é realizada periodicamente com o objetivo de evitar futuros problemas.

A conservação rotineira seriam reparos na pista ou no acostamento com extensão inferior a 150 metros e manutenção regular dos dispositivos de drenagem.

Na conservação de emergência é o conjunto de operações destinadas a corrigir defeitos surgidos e modo repentino, ocasionando restrições ao tráfego.

3.8 RECICLAGEM DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo MELLO (2010), a reciclagem dos materiais na construção civil trata de transformar os resíduos das obras em produtos comerciais que possam ser novamente utilizados.

Nas rodovias os materiais aproveitados são usados como sub-base para pavimentos em vias de menor tráfego. Hoje já existem usinas de reciclagem nos Estados de São Paulo e Minas Gerais.

3.8.1 REAPROVEITAMENTO DE PNEUS NA RODOVIA

Segundo RICCHINI, o chamado asfalto enriquecido com borracha da reciclagem de pneus usados visa a conservação da rodovia. Além de contribuir para uma melhor destinação do material ele ainda aumenta a qualidade do asfalto e diminui o desgaste além de reduzir os custos com manutenção.

Ainda segundo RICCHINI, o produto é composto de asfalto de petróleo e borracha de pneu que é, então, misturado com o agregado e dá origem ao asfalto. Sua primeira ocupação no Brasil ocorreu no ano de 2001 na BR116. A figura 16 mostra rodovia construída com a reciclagem de pneus.

Figura 16 – Uso de pneu no asfalto



Fonte: setorreciclagem.com

3.8.2 RECICLAGEM DE ASFALTO

De acordo com FIAMONCINI (2013), na cidade de Florianópolis uma empresa desenvolveu uma técnica para reciclar 100 % do asfalto. Chamado de tratamento Eco-Asfáltico a técnica utiliza o pavimento que seria descartado no meio ambiente e leva até a máquina desenvolvida. Em 8 minutos e com um processo de aquecimento o asfalto é amolecido, depois adiciona-se a emulsão e acontece a aplicação. A figura 17 mostra a máquina HM-IR utilizada para reciclagem do asfalto.

Figura 17 - Máquina HM-IR



Fonte: tudosobrefloripa.com

3.9 PONTOS DE PARA E DESCANSO

Segundo CRUZ (2015) em matéria publicada, a agência nacional de transportes terrestres (ANTT), está com um projeto em fase de implantação para um ponto de parada e descanso na rodovia BR – 116. A estrutura será implantada no trecho de Curitiba. O projeto conta com estacionamento, banheiros, sala de descanso, sala de jogos, auditório e consultório médico.

Para CRUZ (2015), o complexo ainda contará com câmeras de segurança e o local não terá custo para os motoristas. A figura 18 mostra o projeto desenvolvido e apresentado.

Figura 18 – Ponto de Parada



Fonte: g1.com.br

O projeto é piloto e servirá para futuros projetos em rodovias federais e o mesmo foi desenvolvido visando a chamada Lei dos Caminhoneiros, criada no ano de 2015.

3.10 SELO ISE (ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL)

De acordo com SERRAT, a alguns anos se iniciou uma tendência mundial dos investidores procurarem por empresas socialmente responsáveis, sustentáveis e rentáveis para aplicar o investimento. O ISE é um índice desenvolvido pela BOVESPA para mensurar a o engajamento em sustentabilidade que a empresa apresenta.

É composto por empresas que se destacam em responsabilidade social e as empresas ganham vantagens:

- É reconhecida pelo mercado como empresa que atua com responsabilidade social;
- É reconhecida como empresa com sustentabilidade a longo prazo;
- É reconhecida como empresa preocupada com o impacto ambiental em suas atividades;

3.11 ARBORIZAÇÃO

Segundo a EMBRAPA, os impactos mais óbvios da presença de árvores em um ambiente tem relação com a temperatura e a umidade relativa do ar. Essa região onde apresenta árvores tem um microclima diferenciado.

Para a EMBRAPA, em uma superfície pavimentada descoberta não há a proteção da luz solar incidente. Desta forma o calor absorvido pelo pavimento aquece o ar e a alta temperatura contribui para que seja refletida a radiação solar. Árvores aumentam o sombreamento e, aliado a respiração das plantas que consome gás carbônico, reduz a quantidade de calor na atmosfera e reduz a poluição no ar. Atrelado a redução dos gases têm-se uma economia devido ao consumo de gastos.

A EMBRAPA afirma que a locação planejada das árvores pode contribuir para o consumo de energia devido ao resfriamento.

3.12 BARREIRAS NEW JERSEY

Segundo SANTOS, as barreiras New Jersey são usadas para dividir vias de tráfego em rodovias. São artefatos pré-fabricados de concreto produzidas geralmente por indústrias específicas mas pode ser moldada in loco. Elas atuam para prevenção de acidentes. Em comparação com as defensas metálicas têm mais eficiência no quesito segurança. A figura 19 apresenta a barreira pré-moldada sendo colocada na rodovia para dividir o tráfego.

Figura 19 – Barreira New Jersey



Fonte: cimentoitambe.com

4. METODOLOGIA

O seguinte trabalho tem quanto metodologia um cunho quantitativo uma vez que utiliza de levantamento bibliográfico para analisar aspectos precisos em relação a rodovias. Ainda pode ser classificada como exploratória. Através de pesquisa bibliográfica e documental compara em alguns aspectos uma rodovia considerada sustentável tal como uma que se deseja implantar a sustentabilidade e para tal se utiliza de acervos bibliográficos e documentos. Uma análise comparativa final e a apresentação das conclusões do trabalho.

Através do levantamento bibliográfico apresentando o trabalho faz uma análise da sustentabilidade já existente e aplica as melhores soluções na realidade brasileira.

Os aspectos analisados para implantação na rodovia brasileira são: projeto, construção da rodovia, arborização na rodovia, pavimento, reaproveitamento de materiais, selo ISE.

5 ALTERNATIVAS PARA IMPLANTAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE NAS RODOVIAS BRASILEIRAS

Falar em sustentabilidade de rodovias no Brasil é um tema novo e pouco desenvolvido tanto em âmbito tecnológico como em pesquisas. Vale ressaltar que a sustentabilidade em rodovia é um tema abrangente.

Em suma, uma rodovia é considerada sustentável quando consegue equilibrar os três pilares da sustentabilidade (Econômico, Social e Ambiental), e ainda desenvolver suas atividades.

5.1 PROJETO DA RODOVIA

A sustentabilidade da rodovia começa pelo projeto. Este tem um impacto na geometria e locais por onde a mesma passará.

O projeto deve ser feito de tal forma que a rodovia seja eficaz e tenha o menor impacto possível nas cidades por onde passará e no meio ambiente a sua volta.

5.2 CONSTRUÇÃO DA RODOVIA

O processo de construção da rodovia ou ampliação é onde tem de se ter mais cuidado principalmente com as questões ambientais. Não é apenas com o desmatamento que deve se preocupar uma vez que todos os equipamentos da obra consumindo combustível tem um impacto ambiental alto. Pode ser citado, ainda, o impacto social, primeiro pela construção causar poluição sonora alta e em segundo pelo impacto no trânsito.

Para amenizar tais questões no momento da construção deve-se seguir a risca o tempo estipulado da obra bem como realizar a compensação ambiental do desmatamento de preferência próximo a área que foi desmatada o que afetaria apenas um pouco o microclima local.

5.3 ÁRVORES NA RODOVIA

Um dos primeiros processos para construção de uma rodovia é o desmatamento o que afeta diretamente o microclima local. Há a lei de compensação, ou seja, de acordo com o desmatamento realizado é necessário o plantio da mesma quantidade em outro local, ação essa que para o micro clima local não interfere em nada.

As árvores naturalmente trabalham como despoluidoras do ar, o que em uma rodovia onde passam caminhões e carros todos os dias, é essencial para o conforto dos usuários. Na figura 20 é representada a rodovia SP-321 onde é nítida a falta de arborização a beira da rodovia. O impacto disso é um aumento na temperatura.

Figura 20 – Rodovia SP-321



Fonte: Elaborado pelo autor

Hoje, um fator que interfere diretamente na arborização ao longo da rodovia é que no lugar dessas têm-se feito plantações. O correto a ser feito seria plantar arvores a beira de rodovias em pontos estratégicos. Desta forma seria uma reação em cadeia em benefício do conforto para se dirigir na rodovia.

Com pontos estratégicos de plantio de árvores o microclima do local iria ficar mais ameno e a temperatura mais controlada. Consequência disso seria a não

utilização de ar condicionado do veículo o que economiza combustível e diminui o montante de gás carbônico lançado na atmosfera.

Devido a temperatura estar mais baixa o material da rodovia (seja asfalto ou concreto) teria atrito menor com o pneu o que diminuiria o desgaste dos dois materiais o que aumenta a vida útil do pneu e diminui a quantidade de reparos necessários no pavimento.

Para implantação dos pontos arborizados na rodovia é necessário ressaltar que, devido a segurança, devem ser feitos a uma distância segura da rodovia uma vez que se um motorista perder o controle do veículo não atinja alguma árvore. Na figura 21 é representada a rodovia SP-300 e nota-se a área verde ao lado da rodovia em uma distancia segura.

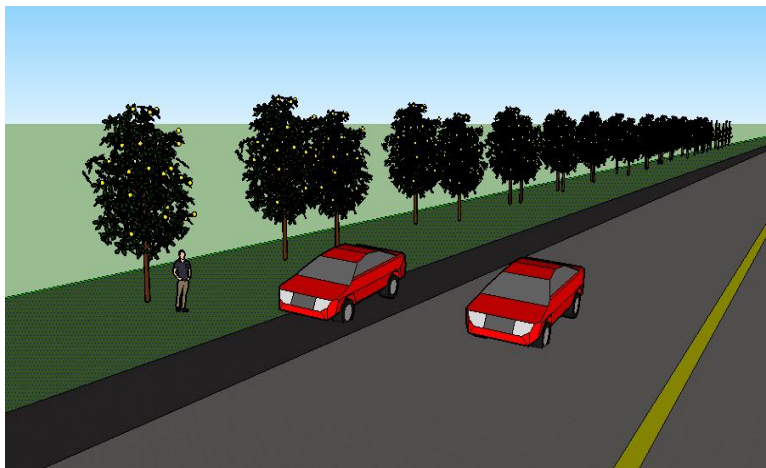
Figura 21 – Rodovia SP – 300



Fonte: Elaborado pelo autor

Para tornar a ação de fazer pontos verdes ao longo da rodovia mais socialmente ativa, as árvores plantadas podem ser frutíferas. Desta forma aqueles que andam por elas e não tem com o que se alimentar poderiam retirar as frutas e seguir viagem. A figura 22 mostra uma simulação de arvores frutíferas dispostas ao longo da rodovia servindo de alimento para os que ali passam.

Figura 22 – Árvores frutíferas ao longo da rodovia.



Fonte: Elaborado pelo autor

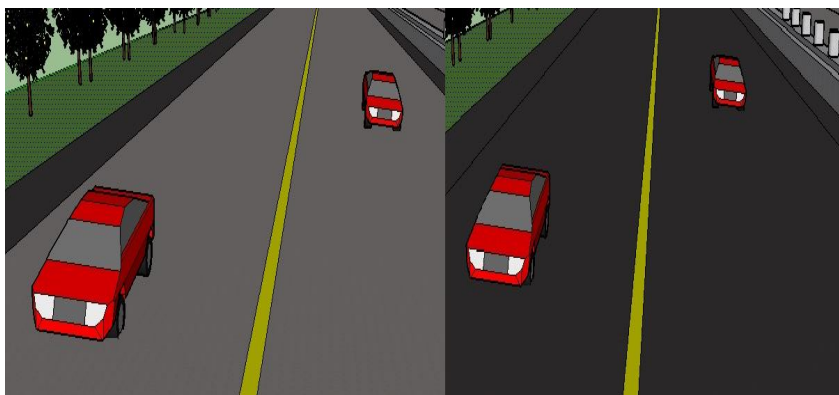
5.4 PAVIMENTO

A escolha do pavimento a ser utilizado, seja ele pavimento de concreto ou pavimento asfáltico interfere diretamente na sustentabilidade.

O pavimento de asfalto é originado a partir de uma fonte natural não renovável (petróleo), e por esse motivo o mais recomendado é utilizar o pavimento de concreto.

Além de ser de origem mais sustentável que o asfalto o concreto é mais claro o que ajuda a deixar a pista mais visível durante as noites. Na figura 23 faz-se uma comparação gráfica entre o pavimento de concreto e o pavimento de asfalto. Nota-se, claramente, a maior visibilidade oriunda do pavimento de concreto.

Figura 23 – Comparação pavimento de concreto e asfalto



Fonte: Elaborado pelo autor

Em casos que não possam ser utilizados pavimento de concreto (um exemplo seria a região de Bauru que apresenta um solo muito poroso), a solução é reaproveitar o pavimento de asfalto já existente.

5.5 REAPROVEITAMENTO DE MATERIAIS NA CONTRUÇÃO DA RODOVIA

Têm-se tornado comum hoje a reutilização de materiais na construção civil. Primeiro porque é economicamente viável e segundo porque diminui o impacto ambiental.

Atividade que vem ganhando espaço no Brasil e que é viável é a utilização de pneus antigos em rodovias.

A técnica consiste em coletar os pneus já sem vida útil. A partir dele, extrair a borracha e o aço. A borracha é adicionada ao asfalto o que melhora suas qualidades e aumenta o tempo para desgaste. O aço é mandado para reciclagem onde poderá ser reaproveitado. Além da técnica melhorar a qualidade do asfalto e reduzir o custo para fazê-lo, ainda contribui para geração de empregos dos recicladores.

Outra alternativa para utilizar os pneus é coloca-los junto a barreira New Jersey. Desta forma economizaria com material, uma vez que internamente ao invés de concreto é usado pneu reciclado.

Materiais provenientes da sobra de edificações também podem ser utilizados para fazer a barreira, fato esse que seria um fim ecológico para esses materiais que muitas vezes são descartados equivocadamente.

5.6 SUSTENTABILIDADE NA CONSERVAÇÃO DA RODOVIA

Conservação é uma atividade posterior a construção da rodovia. Quando se fala em conservação se fala em manutenção periódica da rodovia a fim de manter o conforto, beleza e boas condições para os usuários.

Essa atividade tem um impacto sustentável alto, uma vez que utiliza equipamentos que consomem grande quantidade de combustível além de afetar diretamente o trânsito em rodovias devido a paradas para manutenção.

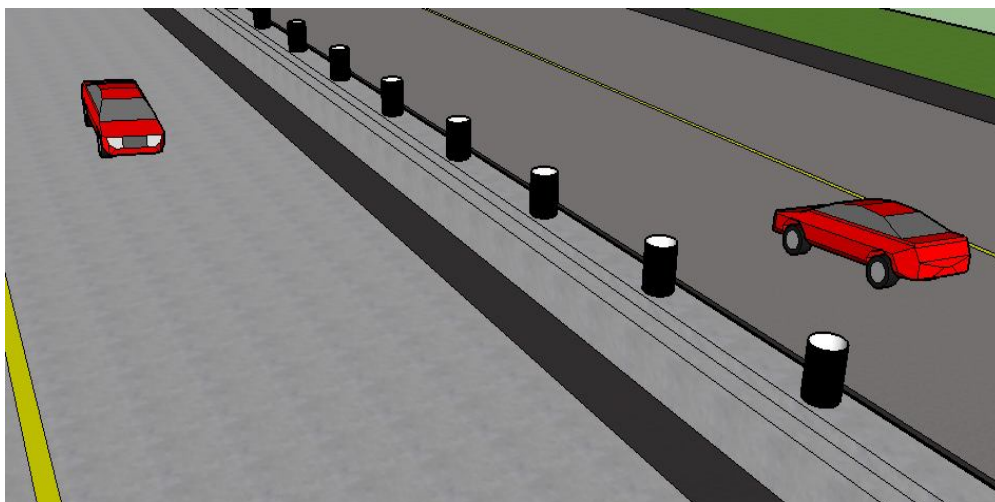
Para amenizar tais ações o correto é ter um controle da quantidade de litros gastos nos equipamentos e desta forma trabalhar em redução do consumo. Utilizar equipamentos com tecnologia nova que diminui o impacto no ambiente é uma alternativa viável.

5.7 GERAÇÃO DE ENERGIA NA RODOVIA

Devido a grande utilização do modal rodoviário no país, deve-se aproveitar a extensão para usar técnicas de geração de energia. Quando a rodovia é concessionada, esta energia gerada pode ser vendida o que seria uma fonte de renda para a própria concessionária. Além de vender tal energia ela ainda pode ser usada para sustentar a iluminação da rodovia, além dos pontos de comunicação e as bases.

A forma de geração de energia que daria mais certo nas rodovias brasileiras seria a e-turbine. Com o movimento dos carros nas duas direções, hélices dispostas no canteiro central ou nas barreiras New Jersey são acionadas e estas acionam geradores. A figura 24 representa a disposição dos equipamentos ao longo da rodovia.

Figura 24 – modelo de E-turbine na Rodovia



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.8 PONTOS DE PARADA

Diferente de estradas pelo mundo, no Brasil é difícil encontrar pontos de parada para descanso ao longo da rodovia. Muitas vezes esses pontos de parada são postos de abastecimento que, em acordo com o governo, disponibilizam espaço em seu território para descanso dos motoristas.

Um projeto inovador em rodovia federal foi enviado para o governo no ano passado. O projeto contempla uma vasta área com câmeras de segurança, salão de jogos e descanso para motoristas que estão em viagem longa. O projeto inovador foi desenvolvido para a rodovia BR – 116.

O ponto de descanso é algo ligado a sustentabilidade. Ele reduz o número de acidentes em uma rodovia, além de garantir conforto para o usuário. Para se tornar um projeto ativo e que realmente faça a diferença o correto é que em todas as rodovias existam pontos de parada a cada 100 quilômetros. A figura 25 apresenta o projeto enviado ao governo para ponto de parada de descanso. O ponto ainda pode ser usado como forma de turismo atrelando o projeto a paisagem a sal volta. Pode ser próximo ou dentro de uma área de reserva ambiental, desta forma o conforto é maior.

Figura 25 – Projeto ponto de descanso



Fonte: atrbrasil.com

5.9 MODELO IDEIAL DE RODOVIA SUSTENTÁVEL

O modelo ideal de rodovia sustentável abrange desde o seu projeto até a sua conserva e deve sempre ser seguido o modelo de sustentabilidade embasado nos três pilares: ambiental, social e econômico.

O projeto deve ser feito sempre aproveitando a paisagem natural e mantendo as espécies nativas em reserva. Desta forma a rodovia mantém o conforto original e os desgastes são menores. A figura 26 mostra a rodovia da Serra do Rio do Rastro, considerada uma das melhores e mais bonitas do país. Nota-se que a paisagem natural foi mantida e o projeto da rodovia foi feito de forma a equilibrar paisagem e desenvolvimento.

Figura 26 – Serra do Rio do Rastro

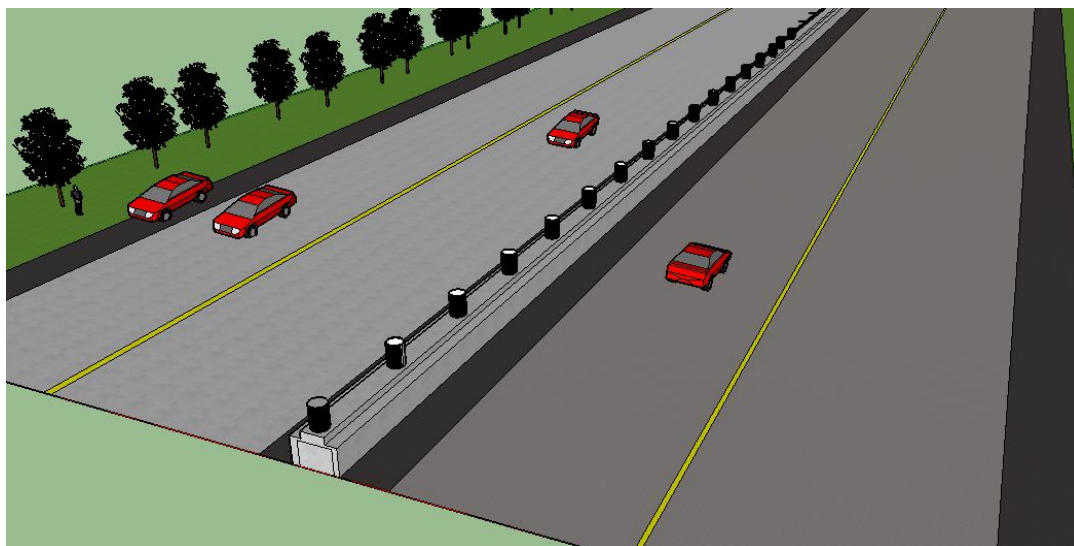


Fonte: blogdoruba.com

Durante a construção da rodovia os impactos ambientais e sociais podem ser controlados, economizando o combustível e fazendo rotas alternativas para o trânsito.

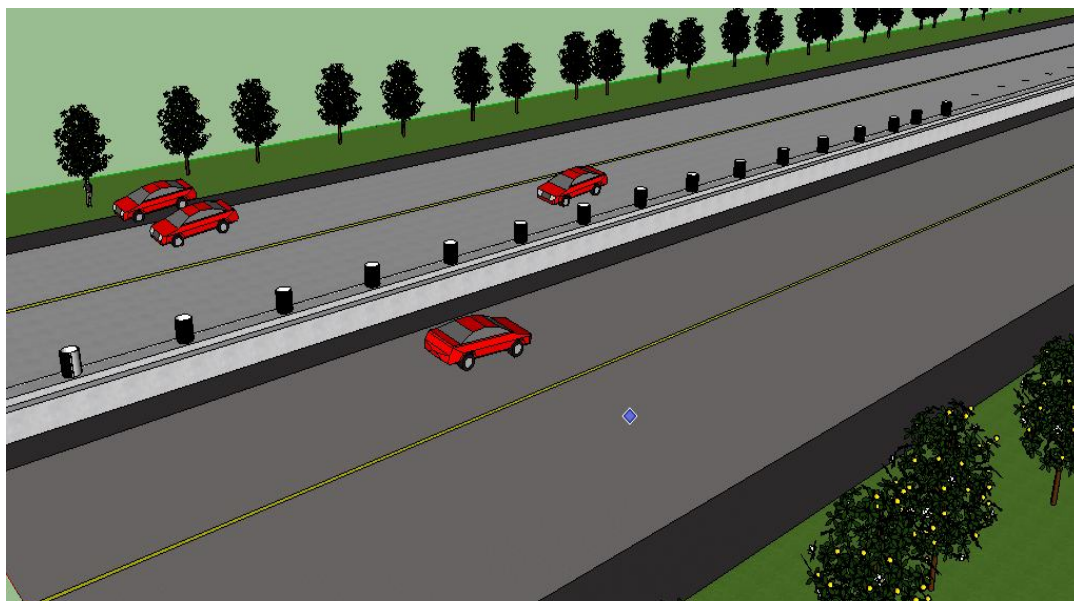
As figuras 27 e 28 mostram o modelo ideal de rodovia sustentável.

Figura 27 – Modelo de rodovia sustentável.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 28 – Modelo de rodovia sustentável



Fonte: Elaborado pelo autor

Após o acostamento em uma distância segura as arvores frutíferas servem como alimento para os desabrigados e pessoas que necessitam de comida, além de ter uma função no ambiente de baixar a temperatura e diminuir a poluição.

O pavimento do acostamento é feito com asfalto reciclado e enriquecido com borracha o que melhora suas propriedades e contribui para o devido fim dos pneus.

O pavimento da pista de rodagem é feito com concreto, que torna a pista mais clara em períodos noturnos e provém de material sustentável.

A barreira New Jersey é feita com concreto ao seu entorno e preenchida com borracha proveniente dos pneus antigos que seriam descartados ou queimados no ambiente. Através das barreiras seriam fixadas as e-turbines e com o movimento dos carros geraria a energia suficiente para manter a iluminação noturna da rodovia bem como as comunicações. Poderia ainda manter as bases do Departamento de Estradas de Rodagem (DER) e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT).

Os pontos de parada para descanso devem estar dispostos ao longo da rodovia em lugares com arborização que proporcionem conforto ao usuário.

A conservação da rodovia deve ser feita por empresas que tenham SELO ISSO 14000 de meio ambiente e utilizem equipamentos com consumo de combustível afim de reduzir o impacto ambiental. Quando necessária a manutenção na via utilizar sempre materiais reutilizáveis bem como buscar fornecedores que estejam engajados em causas ambientais afim de incentivar a sustentabilidade.

5.10 CERTIFICAÇÕES QUE AJUDAM A SUSTENTABILIDADE

Uma forma de ser sustentável e se beneficiar economicamente com isso é buscar certificações que incentivem a sustentabilidade.

Uma dessas certificações é o selo ISE, um programa da Bovespa que dá a empresas sustentáveis benefícios por estarem em sua carteira de ações. A certificação é feita através de requisitos e metas que a empresa deve cumprir durante o ano. Em troca de ser sustentável e fazer parte da carteira ISE, as empresas ganham valorização nas ações.

Além da valorização das ações as empresas ainda são vistas de maneira diferente para empreendedores do exterior, uma vez que estes buscam cada vez mais empresas engajadas em causas de sustentabilidade.

Mesmo que o ideal seja que as empresas busquem a sustentabilidade não por obrigação mas por engajamento social e ambiental, certificações como a ISE são interessantes para o desenvolvimento sustentável.

5.11 SUSTENTABILIDADE NA RODOVIA HOJE

O modelo de sustentabilidade sustentado hoje no país é o modelo de compensação ambiental e social. As concessionárias têm campanhas ambientais de plantio de árvore em diversas regiões das cidades onde atuam bem como campanhas sociais em comunidades carentes.

Desta forma elas estão usando a sustentabilidade não aplicada diretamente a rodovia. Fazem uma compensação ambiental e social a fim de conseguir certificações e aumentar seu lucro.

6 CONCLUSÃO

Sustentabilidade na rodovia é um termo novo no Brasil e ganha mais força a cada ano devido aos incentivos disponibilizados pelos órgãos do governo a empresas que estejam engajadas na causa.

Apesar de o interesse na área da sustentabilidade ainda não ser alto, o trabalho mostra que não apenas a implantação de rodovias sustentáveis no Brasil é possível como também trás exemplos de benefícios para o usuário e para a concessionária administradora da rodovia.

O conceito de arborização com árvores frutíferas ao longo da rodovia já é um conceito amplamente usado em países da Europa como Alemanha e Espanha. Primeiro porque, como o trabalho mostrou, a árvore por consumir o gás carbônico e emitir o oxigênio consegue diminuir a temperatura da rodovia e diminuir o desgaste dos veículos e pelo fato de ser frutífera é uma fonte de alimento para momentos extremos como guerras.

Na Espanha os pontos de parada para motorista se repetem a cada 35 quilômetros o que a deixou mais segura e com maior conforto sendo que os usuários podem descansar quando estiverem em longas viagens.

No sul do Brasil, no Estado de Santa Catarina o asfalto misturado com pneus reciclados já é utilizado amplamente e tem a tendência de aumentar seu uso nos próximos anos, uma vez que consegue dar o devido fim aos pneus antigos.

A rodovia feita de materiais piezoelétricos esta em teste no Estados Unidos e tem mostrado resultados satisfatórios.

Isso prova que o conceito de sustentabilidade em rodovia não apenas esta se tornando comum no mundo como avança sua tecnologia a cada ano e leva consigo a melhoria das rodovias em questões ambientais, sociais e econômicas. Por esse fato a rodovia sustentável deve ter investimentos no Brasil e deve ser implantada.

REFERÊNCIAS

ABCP. Pavimento de concreto e alternativa para melhoria de rodovias. **Abcp.com**, 2016. <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/pavimento-de-concreto-e-alternativa-para-melhoria-das-rodovias>>. Acesso em: 07 maio 2016

ANTT apresenta projeto piloto de ponto de parada de descanso para caminhoneiros. **Atrbbrasil.com.br**, 2015. Disponível em: <<http://atrbrasil.com.br/integra.asp?id=28568&titulo=Destaques%20do%20setor>>. Acesso em: 19 nov. 2016

BABRERA, Luiz C. “**Afinal, o que é sustentabilidade ?**” Revista você S/A. maio-2009.

BERNUCCI, L. Bariani. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras, 2010. 60 paginas.

Betuseal. Construção de rodovias: entenda o processo e surpreenda-se. **Betuseal.com.br**, 2015. Disponível em: <<http://www.betuseal.com.br/construcao-rodovias-entenda-processo-surpreenda-se/>>. Acesso em: 12 Nov. 2016

CABRAL, Érika Santos Pinto. **ESTUDO DE CASO SOBRE CONSERVAÇÃO DE RODOVIAS NÃO PAVIMENTADAS – MG-161: 2011**. 55f. Relatório Técnico Científico (Pós-graduação em Engenharia de Estradas com Ênfase em Drenagem), Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, Belo Horizonte, Dezembro, 2011.

CARVALHO, Isadora. Enquanto houver sol. **Planetasustentavel.abril.com.br**, 2014. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/energia/enquanto-houver-sol-808202.shtml>>. Acesso em: 29 Out. 2016.

Construção de uma rodovia, sinalização e manutenção. **Portogente.com.br**, 2016. Disponível em: <<https://portogente.com.br/portopedia/73421-construcao-de-uma-rodovia-sinalizacao-e-manutencao>>. Acesso em: 12 Nov. 2016.

CRUZ, Debora. Governo apresenta projeto piloto de ponto de parada para caminhoneiros. **G1.globo.com**, 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/10/governo-federal-apresenta-projeto-piloto-para-parada-de-caminhoneiros.html>>. Acesso em: 5 Nov. 2016.

Destilação fracionada. **Sobiologia.com**, 2016. Disponível em: http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Oitava_quimica/materia17 >. Acesso em: 26 Mar. 2016.

Diferenças entre pavimento e asfalto. **Comunitexto.com**, 2013. Disponível em: <<http://www.comunitexto.com.br/diferencas-entre-pavimentos-e-asfaltos/#.V0jTHFQrLIU>>. Acesso em: 21 Maio 2016

EMBRAPA, Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Por que manter árvores na área urbana ?**, 2009.

FIAMONCINI, Marina. Asfalto reciclado é solução econômica e rápida para poupar o meio ambiente. **Tudosobrefloripa.com.br**, 2013. Disponível em: <<http://asfaltodequalidade.blogspot.com.br/2012/12/recicladoras-de-asfalto.html>>. Acesso em: 12 Nov. 2016.

GUIMARAES, Isadora. Geração de energia em rodovias. **Blogdopetcivil.com**, 2012. Disponível em: <<https://blogdopetcivil.com/2012/10/26/geracao-de-energia-em-rodovias-2>>. Acesso em: 11 Jun. 2016.

INVEPAR. “**O setor de infra estrutura de transporte no Brasil**”, invepar. Disponível em <http://ri.invepar.com.br/invepar/web/conteudo>. Acesso em 15 de março de 2016.

MARQUES, G. L. “**Notas de aula pavimentação**”. Universidade Federal Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2012

MELLO, Michel. Reutilização de materiais na construção. **Cimentoitambe.com.br**, 2010. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/reutilizacao-de-materiais-na-construcao>>. Acesso em: 29 Out. 2016.

NAKAMURA, Juliana. Pavimentação asfáltica. **Infraestruturaurbana.pini.com.br**, 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/artigo260588-5>>. Acesso em: 23 Abr. 2016

Pavimento verde, cada vez mais presente. **Viasconcretas.com.br**. Disponível em: <<http://viasconcretas.com.br/tecnologia/pavimento-de-concreto>>. Acesso em: 07 Maio 2016.

RIBEIRO, Luiza. Pavimentos permeáveis: solução para enchentes urbanas ?. **Aquafluxus.com.br**, 2012. Disponível em: <<http://www.aquafluxus.com.br/pavimentos-permeaveis-solucao-para-as-enchentes-urbanas>>. Acesso em: 24 Abr. 2016

SANTOS, Altair. Barreiras New Jersey: garantia de segurança nas estradas. **Cimentoitambe.com.br**, 2015. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/barreiras-new-jersey-seguranca-nas-estradas/>>. Acesso em: 19 Nov. 2016

Serra do rio do rastro, acho que você deve ir. **Blogdoruba.blogspot.com.br**, 2013. Disponível em: <<http://blogdoruba.blogspot.com.br/2013/08/serra-do-rio-do-rastro-acho-que-voce.html>>. Acesso em: 19 Nov. 2016.

SILVA, Júlio César Lázaro Da. "**A estratégia brasileira de privilegiar as rodovias em detrimento das ferrovias**"; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/por-que-brasil-adotou-utilizacao-das-rodovias-ao-inves-.htm>>. Acesso em 20 de março de 2016.

SUZUKI, C. Yukio. Drenagem Superficial de pavimento. Ed. 1. São Paulo: Oficina de textos. 2013. 240 páginas.

TRICHES, G. et. Al. "**Certificação Rodovias verdes no Brasil: proposição de metodologia**". Foz do Iguaçu.2011

VASCO, Flavio. Critópolis – Cresce cratera na BR 242 próximo a água doce. **Flaviovasco.com**, 2015. Disponível em: <<http://www.flaviovasco.com/blog/cristopolis-ndash-cresce-cratera-na-br-242-proximo-a-agua-doce.html>>. Acesso em: 28 Maio 2016.

Via Rondon utiliza novo tipo de pavimento: "o asfalto verde". **Via Rondon**, 2016. Disponível em: <<http://www.viarondon.com.br/noticias/viarondon-utiliza-novo-tipo-de-pavimento-o-asfalto-verde>>. Acesso em: 07 Maio 2016.