

A RELAÇÃO ENTRE OS RESÍDUOS GERADOS NA UTILIZAÇÃO DO PNEU E O MEIO AMBIENTE: UMA REFLEXÃO QUANTO À SUSTENTABILIDADE E O CUSTO SOCIOAMBIENTAL

AGUINALDO SALVADOR MULHA

João Eduardo Prudêncio Tinoco

CLAUDIA CARDOSO

Resumo:

Este artigo apresenta uma percepção do produto pneu de forma a questionar o seu custo socioambiental em uma etapa do seu ciclo de vida: o consumo. O desgaste ocorrido com o atrito entre a borracha vulcanizada da banda de rolagem do pneu e os diversos tipos de pisos aos quais o veículo venha a transitar gera resíduos de materiais compostos e particulados cujos componentes interferem no ambiente, contaminam o ar e por intermédio da chuva que é o agente transportador, o solo e a água. Observar a relação do resíduo de um pneu com o meio ambiente, leva-nos a uma aparente insignificância quanto ao impacto, mas percebê-lo como um produto massificado e contabilizar o custo global dos resíduos determinam a relevância deste trabalho na temática sustentabilidade e a emergente necessidade de transformar o pneu em um produto eco- eficiente. O artigo de caráter exploratório considerou na sua elaboração uma pesquisa bibliográfica de autores nacionais e estrangeiros. Desenvolveu-se uma demonstração prática tendo como cenário uma rodovia que interliga a cidade de São Paulo ao litoral do estado e esta encravada na Serra do Mar onde se encontra uma das últimas áreas de Mata Atlântica.

Área temática: *Gestão de Custos Ambientais e Responsabilidade Social*

A relação entre os resíduos gerados na utilização do pneu e o meio ambiente: uma reflexão quanto à sustentabilidade e o custo socioambiental

Resumo

Este artigo apresenta uma percepção do produto pneu de forma a questionar o seu custo socioambiental em uma etapa do seu ciclo de vida: o consumo. O desgaste ocorrido com o atrito entre a borracha vulcanizada da banda de rolagem do pneu e os diversos tipos de pisos aos quais o veículo venha a transitar gera resíduos de materiais compostos e particulados cujos componentes interferem no ambiente, contaminam o ar e por intermédio da chuva que é o agente transportador, o solo e a água. Observar a relação do resíduo de um pneu com o meio ambiente, leva-nos a uma aparente insignificância quanto ao impacto, mas percebê-lo como um produto massificado e contabilizar o custo global dos resíduos determinam a relevância deste trabalho na temática sustentabilidade e a emergente necessidade de transformar o pneu em um produto eco- eficiente. O artigo de caráter exploratório considerou na sua elaboração uma pesquisa bibliográfica de autores nacionais e estrangeiros. Desenvolveu-se uma demonstração prática tendo como cenário uma rodovia que interliga a cidade de São Paulo ao litoral do estado e esta encravada na Serra do Mar onde se encontra uma das últimas áreas de Mata Atlântica.

Palavras-chave: Pneu. Resíduo. Custo Socioambiental.

Área Temática: Gestão de Custos Ambientais e Responsabilidade Social

1 Introdução

A dinâmica imposta pelo sistema ao qual se submete a sociedade torna-a refém de suas prioridades e muitas vezes transformam-nos em míopes sobre determinados fatos, seja no trabalho ou mesmo em momentos de lazer e descontração. Esse sistema impõe uma condição de consumo exacerbado, justificado pela expressão capitalista: comprar - consumir – dispor, (LEITE, 2003).

Essa cultura, disseminada mundialmente, passou a ser adotada como modelo de modernidade e principalmente pelo chamado desenvolvimento selvagem, com custos e impactos sócio-ambientais insuportáveis. A partir da descoberta pelo norte-americano Charles Goodyear, no século XIX, do processo de vulcanização, deixando cair borracha e enxofre por acaso em uma chapa quente de um fogão, a demanda por esse produto multiplicou-se no mundo.

O pneu, fruto da vulcanização e objeto deste trabalho, foi componente importante na substituição das antigas peças de madeiras que compunham os primeiros elementos rodantes dos automóveis. O comportamento de seus materiais frente à necessidade de conforto e segurança aos proprietários dos veículos, seus passageiros e aos demais transeuntes das vias de tráfego, foi determinante para esse fato: flexibilidade da borracha e durabilidade ao atrito com aderência significativa ao rolamento em diversos pisos e sob condições adversas.

Este artigo apresenta uma reflexão relativa aos custos socioambientais existentes e não percebidos na relação entre o resíduo originado do desgaste dos pneus dos veículos em contato com o piso e o meio ambiente. Muito se comenta sobre a disposição final dos pneumáticos, todavia, raramente encontram-se estudos referentes ao impacto socioambiental de sua utilização. Focou-se a pesquisa em âmbito regional, sendo que utilizou-se uma análise

do tráfego na Rodovia dos Imigrantes, 1ª rodovia no mundo certificada com a ISO 14000, sob concessão da empresa Ecovias S. A. e que possui características de piso e demais condições que a tornam relevante quanto a um instrumento de pesquisa. Uma breve observação será desenvolvida quanto ao desgaste dos pneus e sua relação junto ao meio ambiente (ar e água) para o município de São Paulo, cidade que concentra, conforme dados do mês de janeiro de 2006 do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), aproximadamente 11% da frota de veículos do país.

2 Objetivos do estudo

Este estudo propõe os seguintes objetivos:

- Apresentar uma reflexão relativa aos custos socioambientais existentes e não percebidos na relação entre o resíduo originado do desgaste dos pneus dos veículos em contato com o piso e o meio ambiente;
- Apontar para a sociedade em geral aspectos da utilização de produtos e sua conseqüente importância, quanto aos resíduos gerados para o ambiente, no contexto da Gestão e da Contabilidade Ambiental.

3 Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi a de revisão bibliográfica, de autores nacionais e internacionais, especialmente: Martins e Ribeiro (1995) Barbieri (2004), Almeida (2002), Donaire (1999), Epelbaum (2004), Sachs (2004), Tinoco e Kraemer (2004) dentre outros, mediante leituras em dissertações de mestrado, artigos aprovados em congressos e em periódicos, bem como em livros. Procedeu-se, também a acessos a sítios da internet, além da utilização de tabelas estatísticas de órgãos públicos ligados direta e indiretamente ao tema pneu e que compuseram, de maneira analítica esse artigo.

4 Desenvolvimento teórico

Com a revolução industrial (final do séc.XIX – início do séc.XX) a administração científica de Taylor combinada com as inovações do modelo de produção de Henry Ford iniciaram a produção de produtos em escala, a chamada produção por demanda e com ela a disseminação do consumo de massa. Esse modelo acabou por determinar os padrões de consumo mundial e sem questionamento algum por parte da sociedade, privilegiou-se as cadeias de produtos com alto índice de inovações, originando altas taxas de lançamento de produtos em tempos cada vez menores e conseqüentemente um número elevado de produtos descartados por obsolescência, por motivo de ciclo de vida útil, modismo ou status.

As cadeias produtivas, preocupadas com o aumento de sua competitividade, produtividade e ganhos cada vez maiores no mercado concorrente, vislumbravam a maximização dos recursos e das tecnologias de produção, negligenciando e por muitas vezes até ignorando a realidade das condicionantes das reservas dos recursos naturais, escassos em determinados países e abundantes em outros. Desta forma as organizações, em âmbito mundial, estão difundindo, mesmo que a passos lentos e por obrigações legais (custos mandatários) e de imagem, o conceito de produtos com cultura ambientalista, padronizando e reduzindo os materiais compostos na fabricação, abrindo espaço para produtos com reciclabilidade cada vez maior e com custos devidos à disposição final do pós-consumo cada vez melhores. A cultura do 3Rs, reduzir-reusar-reciclar, (LEITE, 2003), passa a privilegiar os produtos com os chamados “design for recycling” ou “design for disassembly”.

Por todos os aspectos, desde a revolução industrial produziu-se sem nenhum questionamento quanto a renovação ou sustentabilidade dos recursos naturais, sua utilização e manutenção, até os tempos atuais onde se modificam processos e produtos de forma a desenvolverem bens cujos componentes possam ser desmontados e reaproveitados. Observe-se, ademais, que não há ou pouco ocorreram alterações onde a capacidade de redução ou eliminação do impacto ambiental durante a utilização de um bem fosse efetiva. É uma tendência conseqüente, ou seja, por intermédio da constatação da necessidade do lucro crescente, frente às novas diretrizes que determinam ser o apego ambientalista de um produto, uma estratégia competitiva, os processos produtivos são revistos, projetos de produtos são adequados a essa nova modalidade e assim pode ocorrer a diminuição do impacto ambiental durante o uso deste mesmo produto. Não há aparentemente, uma condição de melhoria de projeto ou de produção de um bem onde o conceito de sustentabilidade e de gestão ambiental esteja aplicado por inteiro na sua fase de vida útil.

A esse respeito Martins e Ribeiro (1995, p.3), ao comentarem o desenvolvimento econômico e tecnológico após a Revolução Industrial citam “que isso significou para várias empresas maximizar a utilização de todos os recursos naturais, já que eram gratuitos, ignorando serem renováveis ou não, ignorando ainda as conseqüências da ausência desses mesmos recursos”.

Para que se tenha um melhor ordenamento da produção de bens, evitando a descaracterização de seu uso, em seu ciclo de vida, especialmente os industriais é necessário que as empresas disponham de um sistema de gestão ambiental. Tinoco e Kraemer (2004), observam que gestão ambiental é o sistema que inclui a estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidade, prática, procedimentos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental. É o que a empresa faz para minimizar ou eliminar os efeitos negativos provocados no ambiente por suas atividades.

O desenvolvimento sustentável, conforme o Relatório Brundtland (1987), apud Barbieri (2004) busca atender as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades. Para Almeida, (2002) do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) o desenvolvimento sustentável para as empresas significa melhor qualidade de vida para todos e a preocupação com as próximas gerações. Para isso, o consumo, assim como a produção, tem que ser sustentável. E ainda, para discutir consumo sustentável, deve-se considerar que o tema envolve a reflexão sobre os padrões insustentáveis daqueles que consomem exageradamente e, principalmente garantir o acesso daqueles que não consomem, visando a essas condições básicas de vida.

Analizando e comparando esses conceitos com as ações corporativas e de alguns governos percebe-se que muito vem sendo feito, mas é certo que não é o suficiente. É emergente uma crítica sustentável sobre o aspecto pós venda e nas fases de consumo do bem produzido seja efetiva, e não apenas nos condicionantes ambientais e de sustentabilidade de seu processo de produção e descarte. O sistema de gestão ambiental (SGA) de uma empresa pública ou privada foca as ações e responsabilidades ambientais de sua própria atividade, o objetivo maior é o de buscar permanentemente melhoria da qualidade ambiental dos serviços, produto e ambiente de trabalho. Conforme Antonius (1999), de modo geral, o gerenciamento ambiental pode ser conceituado como a integração de sistemas e programas organizacionais que permitam:

- Controle e redução dos impactos no meio ambiente, devido às operações ou produtos;
- Cumprimento das leis e normas ambientais;

- Desenvolvimento e uso de tecnologias apropriadas para minimizar ou eliminar resíduos industriais;
- Monitoramento e avaliações dos processos e parâmetros ambientais;
- Eliminação ou redução dos riscos ao meio ambiente e ao homem;
- Utilização de tecnologias limpas (clean technologies), visando minimizar os gastos de energia e materiais;
- Melhoria do relacionamento entre a comunidade e o governo, e;
- Antecipação de questões ambientais que possam causar problemas ao meio ambiente, e particularmente à saúde humana.

Um exemplo interessante no Brasil é o programa de política ambiental da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), denominado S.E.M.P.R.E., que significa: suporte ao negócio, empresa transparente, melhoria contínua, prevenção da poluição, respeito à legislação ambiental e equacionamento de não-conformidades, citado por Tinoco e Kraemer (2004).

A crítica principal deste artigo está na observância do que se contextualiza como melhoria da qualidade ambiental do produto e que normalmente é confundido apenas como a capacidade de torná-lo reciclável ou em última estância torná-lo menos impactante quando em sua disposição final.

4.1 Gestão ambiental em produtos

Para Almeida (2002), inovação não deve ser apenas tecnológica, mas em geral, no contexto de negócios deve-se inserir a variável sustentável. Por exemplo, novas linhas de produtos sustentáveis vão aparecer e já estão aparecendo.

As transformações na sociedade e no padrão de consumo ocorridas nas últimas décadas fizeram aumentar a preocupação da sociedade quanto aos impactos dos produtos no meio ambiente. A questão da sustentabilidade dos produtos vai além dos aspectos de produção mais limpa e qualidade no processo produtivo, ela deve migrar para o desenvolvimento ecológico de produtos. Segundo a United Nations Environment Programme – UNEP (2002), apud Epelbaum (2004), para muitos produtos os maiores impactos ambientais ocorrem durante o seu uso, ressaltando a necessidade das indústrias de adotar cuidados ambientais em todo o seu ciclo de vida. Para Manzini, Vezzoli (2002), apud Epelbaum (2004) as interferências no projeto podem ocorrer em 4 níveis fundamentais descritos a seguir, concluindo-se que a prática atual têm sido focada no dois primeiros:

- O redesenho ambiental do existente;
- O projeto de novos produtos e/ou serviços que substituam os atuais;
- O projeto de novos produtos e serviços intrinsecamente sustentáveis (que atinjam os critérios de sustentabilidade, incluindo o Fator 10 de desmaterialização), e;
- A proposta de novos cenários que correspondam ao estilo de vida sustentável.

4.2 A concepção do produto através do Eco-Design

A gestão ambiental de produtos provoca transformações nos processos de produção, a transição para a produção limpa também requer o exame do produto. Apesar de tradicionalmente o projeto técnico de um produto visar a minimizar custos de produção, a sociedade de hoje deve passar à 'contabilidade de custo total' como forma de compreender os custos ambientais, sociais e monetários do esgotamento de recursos e da geração de resíduos. Ao questionar a necessidade de certos produtos e de que outra maneira essa necessidade poderia ser satisfeita ou reduzida, são exploradas oportunidades para reduzir o volume e o

ritmo do fluxo de recursos nos sistemas de produção. A estratégia de projeto do produto pode ser classificada da seguinte maneira:

- Projeto para consumo reduzido de recursos: O projeto visa a reduzir a quantidade de materiais consumidos e favorece materiais recicláveis ou renováveis.
- Projeto para prolongar a vida útil do produto: As opções de projeto consideram a durabilidade dos materiais e o uso de componentes que podem ser substituídos com facilidade e upgrades que encorajem o uso por longo prazo.
- Projeto para reciclagem: Favorece o uso de materiais que possam ser recuperados - por reciclagem, regeneração ou reutilização - e evita materiais perigosos ou compostos.
- Projeto para desmontagem: Facilita a separação de componentes e materiais em produtos usados, para incentivar a reciclagem e a reutilização.

Ainda segundo Tinoco e Kraemer (2004), a utilização da técnica do custeio do ciclo de vida permite analisar de forma metódica, sistemática e científica o impacto ambiental associado aos produtos, processos e atividades.

4.3 Indicador ambiental de resíduos

O indicador de desempenho ambiental busca o princípio da sustentabilidade através da demonstração do impacto dos processos, produtos e serviços sobre o ar, a água, a terra, sobre a saúde humana e toda a biodiversidade. Normalmente utilizado no relatório de indicadores ambientais das empresas, neste trabalho foi utilizado para direcioná-lo ao contexto da relação entre o pneu e o ambiente quando da fase de utilização do produto pelo consumidor que exerce um papel de poluidor passivo pois o pneu é componente do veículo de transporte ao qual ele é proprietário. Sua utilização prática é adaptada de Tinoco e Kraemer (2004).

5 Analisando o produto pneu

O pneu assim como praticamente todos os bens de produção produzidos em escala possuem características próprias e, no caso deste produto, a questão segurança, muitas vezes e por contingências técnicas, agride o que seria ambientalmente correto. No entanto as inovações necessárias para se diminuir os impactos norteiam apenas o universo de sua cadeia produtiva, originada no campo, com o plantio da seringueira e a colheita do látex que posteriormente agregado a outros materiais e componentes químicos no processo de produção tornar-se-á em pneu.

Um pneu de automóvel de passeio possui uma vida útil, nas condições das vias brasileiras em torno de cinco anos, em termos de durabilidade quilométrica pode variar entre 60.000 e 80.000 quilômetros e em condições normais podem chegar a 100.000 quilômetros. O comportamento dos motoristas e a falta de calibragem da pressão interna do pneu são determinantes no consumo do pneu. A manutenção do alinhamento e balanceamento a cada 10.000 quilômetros e a calibragem com nitrogênio, que pressurizado tende a manter um equilíbrio térmico interno dos pneus, promovem um ganho bastante satisfatório na vida útil dos pneus. Nas ultimas quatro décadas as melhorias no processo de produção contribuíram para que os pneus duplicassem sua vida útil. A aceleração e desaceleração brusca do automóvel, sem contar as condições das estradas, fazem a taxa de aproveitamento de o pneu diminuir consideravelmente. Um pneu de caminhão ou de ônibus pode chegar a 300.000 quilômetros de durabilidade.

Quando o desgaste chega a posições dos indicadores de desgaste Tread Wear Indicators (TWI), indicam o momento de troca do pneu em uso (1,6mm de resíduo de banda de rodagem). Ao alcançar esta marca o pneu perdeu 10% de seu peso o que para um veículo de passeio equivale a 1,0 kg aproximadamente, e para um caminhão algo em torno de 3,5 kg.

Na composição de um pneu, a borracha é o principal material do pneu, representando cerca de 40% do seu peso. Essa borracha pode ser dividida em dois tipos:

- Natural: Sua principal extração vem de uma derivada da seringueira – hevea brasiliensis. A produção de pneus representa um terço do consumo mundial de borracha, e;
- Sintética: Tipo de elastômeros, polímeros com propriedades físicas parecidas com a da borracha natural. É derivada do petróleo ou do gás natural.

Seu consumo para a fabricação de pneus representa 2/3 do total de borracha sintética no mundo. Além da borracha, existe como matéria prima do pneu, o negro de carbono ou negro de fumo, fibras orgânicas - nylon e poliéster, arames de aço, derivados do petróleo e outros produtos químicos. Essencial na fabricação do pneu, o negro de fumo confere à borracha mais resistência e aumenta seu desempenho. Através de um método chamado vulcanização, a borracha é misturada ao negro de fumo num molde aquecido entre 120 a 170 graus Celsius. São adicionados também o enxofre, compostos de zinco e outros aceleradores de processo. O negro de fumo vem sendo substituído pela sílica na construção dos “pneus ecológicos” por ser de difícil reciclabilidade.

Tabela 1 - Composição química média de um pneu

Elemento / composto	%
Carbono	70,0
Hidrogênio	7,0
Óxido de Zinco	1,2
Enxofre	1,3
Ferro	15,0
Outros	5,5

Fonte: (dados organizados pelos autores)

Tabela 2 - Comparação dos materiais contidos em pneus

	Automóvel	Caminhão
Material	%	%
Borracha / Elastômeros	48	45
Negro de fumo	22	22
Aço	15	25
Tecido de nylon	5	-
Óxido de Zinco	1	2
Enxofre	1	1
Aditivos	8	5

Fonte: (dados organizados pelos autores)

Aparentemente, a perda de 1 kg de material de banda de rodagem do pneu distribuídos por até 80.000 quilômetros percorridos, no caso de automóveis e de 3,5 kg em até 300.000 quilômetros para o caminhão e ônibus parece insignificante, porém:

- o Brasil produz cerca de 40 milhões de pneus por ano - 26,5 para carros de passeio, 3,7 utilitários leves, 3,8 motos e 6,0 milhões para ônibus e caminhões - 20 milhões são comprados todos os anos para substituir os velhos, 15 milhões são

reformados anualmente, e;

- a quantidade de automóveis existente no mundo esta próximo a 800 milhões de unidades, e que no Brasil, conforme dados estatísticos de janeiro de 2006 do DENATRAN existem 42.304.171 veículos de transporte dos quais 26.416.664 automóveis e 2.044.974 caminhões e ônibus.

Em decorrência desses números pode-se chegar a algumas conclusões da representatividade do volume de resíduos originado do atrito do pneu com o piso, levando-se em conta as considerações acima descritas. Para fins de praticidade calculou-se apenas o volume de resíduos dos veículos da categoria automóveis de passeio:

Pneus novos:

$$\text{Resíduo (t/kmp)} = (\text{N}^{\circ} \text{ de pneus} / \text{durabilidade quilométrica}) \times P^{**} =$$

$$\text{Resíduo} = (26.5 \times 10^6 / 80 \times 10^3) \times 1,0 \quad \text{portanto}$$

$$\text{Resíduo} = 0,331 \text{ t / kmp}$$

Onde: * t/kmp significa toneladas por quilometro percorrido,e;

** P significa o peso de banda de rodagem que se desgasta.

Conclui-se, portanto que todos os pneus novos a serem montados nos automóveis geraram cerca de 331 quilogramas de resíduos por quilometro percorrido;

No mundo:

$$\text{Resíduo (t/kmp)} = (\text{N}^{\circ} \text{ de automóveis} / \text{durabilidade quilométrica}) \times 4 \times P =$$

$$\text{Resíduo} = (800 \times 10^6 / 80 \times 10^3) \times 4 \times 1,0 \quad \text{portanto}$$

$$\text{Resíduo} = 40 \text{ t / kmp}$$

Onde: *O indice 4 correspondem ao número de pneus de um automóvel de passeio em contato com o piso.

Interpretando este resultado conclui-se que a cada quilometro percorrido pelos automóveis existentes no mundo são gerados 40 toneladas de resíduo de pneus;

No Brasil:

$$\text{Resíduo (t/kmp)} = (\text{N}^{\circ} \text{ de automóveis} / \text{durabilidade quilométrica}) \times 4 \times P =$$

$$\text{Resíduo} = (26.416.664 / 80.000) \times 4 \times 1,0 \quad \text{portanto}$$

$$\text{Resíduo} = 1,321 \text{ t / kmp}$$

Onde: *O indice 4 correspondem ao número de pneus de um automóvel de passeio em contato com o piso.

Este resultado indica que a cada quilometro percorrido pelos automóveis existentes no Brasil são gerados 1,321 toneladas de resíduo de pneus, o que nos remete a um volume de aproximadamente 50 toneladas/dia, levando-se em conta que a média de utilização de um automóvel pode chegar a 40 Km por dia;

5.1 O desgaste dos pneus na Rodovia dos Imigrantes e seus prováveis reflexos no recurso hídrico da Serra do Mar

A Rodovia dos Imigrantes, SP 160, teve sua primeira pista construída na década de 1970. Na época foi considerada uma obra importante pela sua magnitude, arrojo e necessidade, pois seria uma ligação mais rápida e segura entre a cidade de São Paulo, 3ª maior cidade do mundo e o Litoral. Apesar de não ser autorizado a descida de veículos pesados por suas vias, tornou melhor o transporte de cargas entre o planalto e o porto de Santos, maior porto da América Latina, uma vez que a pista de subida da antiga Rodovia Anchieta teria o tráfego de automóvel bastante reduzido, pois os mesmos utilizariam a pista ascendente e recém construída da Rodovia dos Imigrantes.

No início do mês de setembro de 1998 iniciou-se a construção da pista descendente da Rodovia dos Imigrantes através de um consórcio contratado pela Concessionária Ecovias,

administradora de diversas rodovias da baixada entre elas o sistema Anchieta – Imigrantes. Este consórcio foi denominado Consórcio Imigrantes e formou-se entre a Construtora CR Almeida e a empresa multinacional italiana Impregilo.

A Ecovias é uma das concessionárias rodoviárias da holding Primav EcoRodovias, uma associação do Grupo CR Almeida, do Brasil (65 %), e da Impregilo International Infrastructure, do Grupo Fiat, italiano.

A pista descendente da Rodovia dos Imigrantes impressiona não só pelo investimento de 300 milhões de dólares, mas também pelas soluções de engenharia e ambientais uma vez que seria construída encravada na Mata Atlântica, considerada pelos ambientalistas como a 2ª floresta mais ameaçada do mundo. Tendo sido denominada como o mais importante e complexo projeto de engenharia rodoviário realizado neste início de século na América do Sul, a pista descendente da rodovia dos imigrantes, foi inaugurada em 17 de dezembro de 2002.

A nova pista conta com aproximadamente 21 quilômetros de extensão no trecho de serra possuindo três túneis e seis viadutos. A escolha das tecnologias construtivas foi fundamental para a preservação do meio-ambiente, mas contribuíram também para agilizar a obra. Três tecnologias distintas foram utilizadas sendo elas a dos ‘balanços sucessivos’, a de ‘ponte empurrada’ e a de ‘vigas lançadas’ o que proporcionou a entrega da obra 4 meses antes do previsto. Quanto a construção dos túneis foi montado uma estação de tratamento de esgoto para tratar a água e equilibrar o pH, de forma que não provocasse assoreamento dos mananciais e riachos da Serra do Mar. Um processo de filtragem de ciclo fechado foi também utilizado para tratar a água das limpezas das betoneiras.

Esses e outros aspectos de gestão ambiental fizeram com que a Rodovia dos Imigrantes fosse a 1ª Rodovia do mundo a ser certificada pela ISO 14000 e ganhasse outros prêmios de reconhecimento. Em seu livro, Tachizawa (2004) descreve: Do impacto que um pilar de sustentação causa no solo da Mata Atlântica ao óleo do cárter do veículo que faz a inspeção da rodovia, em cada ação da Ecovias Imigrantes o cuidado com o meio ambiente é rigoroso.

Com todos esses atributos o empreendimento torna-se um marco positivo na questão ambiental, porém quando analisada pelo aspecto de desgaste de pneus, há que se fazer algumas observações. A rodovia possui uma inclinação média de 6%, todo o trecho dos seus 21 quilômetros de serra com piso praticamente feito em concreto e a exigência, apesar de ser uma pista moderna e bastante segura, do tráfego em velocidade máxima de 80 Km/h na descida e 100 km/h em boa parte dos trechos da pista ascendente que normalmente esta liberada para a subida de veículos pesados.

Essas características construtivas e exigências legais fazem com que o processo de desgaste dos pneus seja acelerado, diminuindo a sua vida útil e consequentemente aumentando o volume de resíduos que por sua vez acaba sendo levado para os mananciais e ribeirões ali existentes, transportados pela chuva que é constante nesta região, justamente por ser um trecho de serra. Evidentemente não somente os resíduos dos pneumáticos são pela chuva levados, mas também demais outros resíduos como óleo lubrificante, componentes plásticos que se soltam e outros tantos que não cabem aqui serem mensurados por não se tratar do foco principal do artigo.

A liberação da pista ascendente aos veículos pesados combinada com a permissão de velocidade máxima de 100 km/h, provoca constantes frenagens, pois os veículos pesados são em grande quantidade e por serem pesados são lentos na subida. A incompatibilidade de suas velocidades com a dos veículos leves ou mesmos outros caminhões vazios e ônibus que por ali trafegam em velocidades maiores, provoca uma tensão entre os motoristas no momento em que se aglomeram e consequentemente frenagens bruscas.

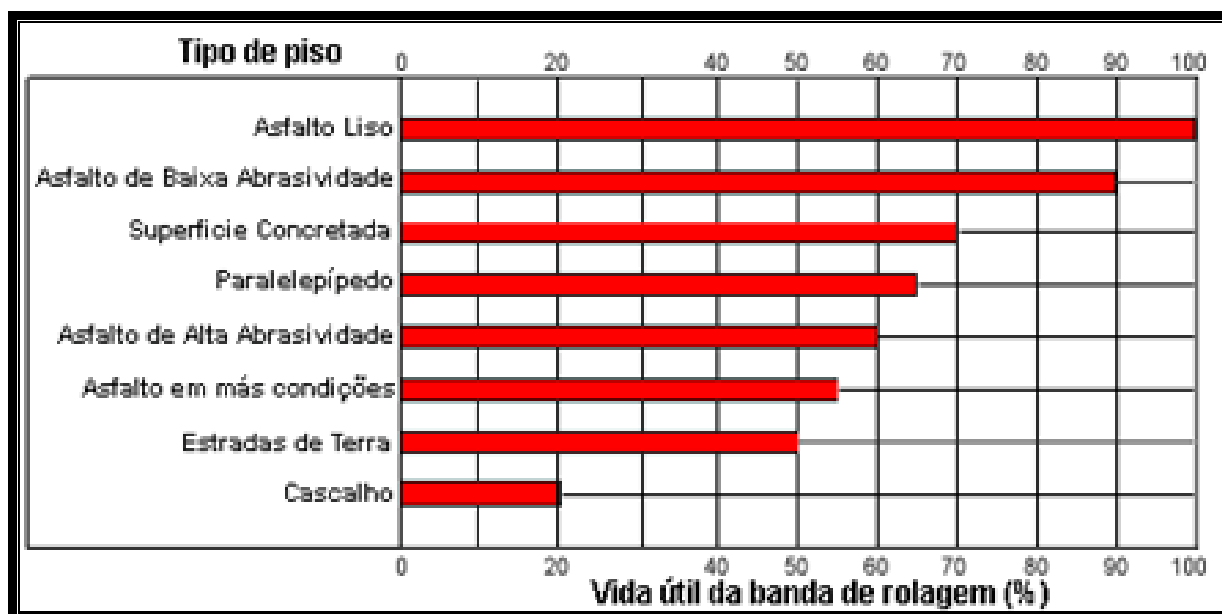
Já na pista descendente, mesmo com a sinalização existente determinando a descida da serra com o automóvel engrenado, muitos motoristas não o fazem e assim a utilização do freio, principalmente pelos veículos que trafegam mais pesados, também é uma constante. Desta forma a relação entre os resíduos originados do desgaste dos pneus é maior em função do uso constante dos freios e do piso ao qual o pneu está em contato. De acordo com o fabricante de pneus e câmaras Pirelli do Brasil S. A., em seu sítio da internet, no link Universidade dos Pneus, são vários os fatores que influenciam o desgaste dos pneus:

Fatores de Influência que comprometem a vida útil dos pneus: Comparação entre os fatores determinados pelo fabricante Pirelli do Brasil S.A. e as condições da Rodovia.

Tabela 3 - Fatores Externos (Não variáveis, sem controle do motorista)

O Piso	Ideal	Imigrantes
Tipo de capeamento	Asfalto	Concreto (predominância)
Condições gerais	Liso	Aplainado (pequenas ondulações)
Perfil Transversal do piso	Plano	Plano e Inclinado nas curvas
Perfil longitudinal ou altimétrico do trajeto	Reto	Curva (Trecho de serra)
Condições de vento do trajeto	Sem vento	Massas de ar ascendentes

Fonte: Pirelli do Brasil S.A. (adaptação: colunas “ideal” e “imigrantes”)



Fonte: Pirelli do Brasil S.A.

Gráfico 1 - Durabilidade do pneu quanto ao tipo de piso

Tabela 4 – Condições atmosféricas

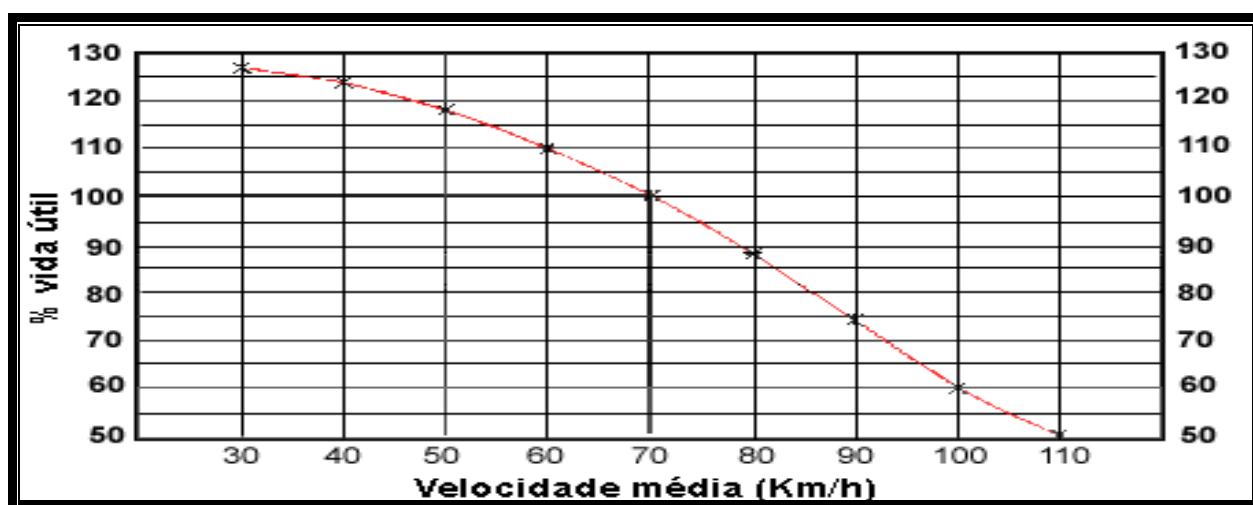
As Condições Atmosféricas	Ideal	Imigrantes
Temperatura ambiente	Constante / moderada	Variável / moderada
Umidade e Condições de chuvas	Média / moderada	Alta / predominância de chuva

Fonte: Pirelli do Brasil S.A. (adaptação: colunas “ideal” e “imigrantes”)

Tabela 5 – Características dos veículos

As Características do Veículo	Ideal	Imigrantes
Potência	Baixa	Variável
Tração em 2 rodas ou nas 4 rodas permanente ou alterável	4 rodas / permanente	Variável
Alinhamento (ângulos dos eixos dianteiro e traseiro)	Alinhado (e balanceado)	Variável

Fonte: Pirelli do Brasil S.A. (adaptação: colunas “ideal” e “imigrantes”)



Fonte: Pirelli do Brasil S.A

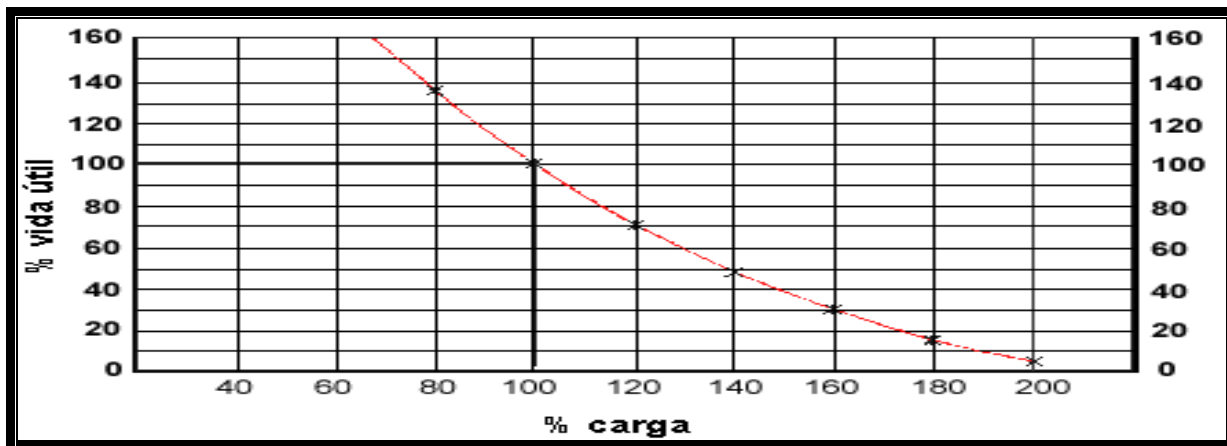
Gráfico 2 - Durabilidade do pneu quanto à velocidade média

Tabela 6 - Fatores Internos

Variáveis, dependem do motorista.	Ideal	Imigrantes
Baixa pressão dos pneus	Calibrado conforme orientação dos fabricantes de veículos	Variável
Velocidade	70 km/h (média)	80 km/h e 100 km/h (máxima permitida)
Sobrecarga	Não ocorrer	Pode ocorrer
Tipo de condução (típica do motorista)	Calma e constante	Pode haver variabilidade por ser subjetivo ao condutor
Manutenção mecânica do veículo	OK	Pode haver variabilidade por ser subjetivo ao condutor e ao tempo de uso do automóvel
Manutenção dos pneus	OK	Pode ser variável por ser subjetivo aos hábitos e da consciência do condutor

Fonte: Pirelli do Brasil S.A. (adaptação: colunas “ideal” e “imigrantes”)

Gráfico 3 - Durabilidade dos pneus quanto à capacidade de carga



Fonte: Pirelli do Brasil S.A.

Pela observação dos itens e dos gráficos percebe-se que são muitas as condições favoráveis ao aumento do desgaste dos pneus e, por conseguinte um volume maior de resíduos gerados.

5.2 Exemplificação quantitativa do resíduo gerado

Para exemplificar quantitativamente a relevância do objeto deste artigo será adotado um valor de referência de 100.000 automóveis de passeio/dia, equivalente a um movimento hipotético, onde serão considerados o tráfego da pista descendente e ascendente. É de conhecimento de todos que o movimento diário na Rodovia dos Imigrantes é intenso e em épocas de festas e feriados pode chegar a 300.000 veículos/dia.

Considerações:

- Será analisado um trajeto percorrido na descida e na subida do trecho de serra, ou seja 42 quilômetros;
- Por sua predominância será considerado como sendo de concreto, todo o trajeto analisado;
- Para facilitação do cálculo não serão calculados os desvios relacionados aos diferentes tipos de potência de motor, formas de dirigibilidade dos condutores, estado de conservação dos veículos e demais variáveis que tendem a criar uma flutuação nos dados. Será considerado, portanto o piso, a carga e a velocidade média. As demais contingências serão consideradas como uma situação homogênea e uniforme.
- $\text{Resíduo (t/kmp)} = (\text{N}^{\circ} \text{ de automóveis} / \text{durabilidade quilométrica}) \times 4 \times P =$
 $\text{Resíduo} = (100 \times 10^3 / 80 \times 10^3) \times 4 \times 1,0$ portanto
 $\text{Resíduo} = 0,005 \text{ t / kmp ou } 5,0 \text{ kg / kmp}$
- $\text{Resíduos totais} = 0,005 \text{ t / kmp} \times 42 \text{ km}$, portanto
 $\text{Resíduos totais} = 0,21 \text{ t ou } 210 \text{ kg no trecho de 42 quilômetros de serra}$

Ajustando o resultado em função do tipo de piso de concreto, velocidade média de 90 km/h e carga de 80% da capacidade limite do pneu. Para o referencial “velocidade média” foi considerado as médias das velocidades máximas permitidas:

- $\text{Resíduos totais (I)} = 0,21 \text{ (t/kmp)} + 30\% \text{ (índice do piso de concreto)} + 20\% \text{ (índice de velocidade média)} - 20\% \text{ (índice de carga de 80\% da capacidade do)}$

pneu)

- Resíduos totais (I) = $0,21 + (0,21 \times 0,3) + (0,21 \times 0,2) - (0,21 \times 0,2)$, portanto
- Resíduos totais (I) = 273 kg para 100.000 automóveis em 42 quilômetros

Tabela 7 – Quantidade de compostos de resíduos de pneu gerados por 100.000 veículos em 42 quilômetros:

Elemento / composto	%	Em 1,0 kg de resíduo de banda de rolagem	Resíduos totais (I) Em kg
Carbono (negro de fumo)	70,0	0,700	147,00
Hidrogênio	7,0	0,07	14,70
Óxido de Zinco	1,2	0,120	2,52
Enxofre	1,3	0,130	3,55
Ferro	15,0	-	-
Outros	5,5	-	-

Fonte: organizada pelos autores

Obs.: O ferro e “outros” não foram computados por serem substâncias que não compõem a banda de rolagem ou por terem valores não significativos.

5.3 Calculando os indicadores ambientais de resíduos:

É preciso salientar que este resíduo ao ser gerado fica materializado em forma de pó que por sua vez espalha-se pela atmosfera do ambiente da rodovia e do seu entorno. Ao chover são levados aos mananciais e ribeirões ou depositam-se no solo da Serra do Mar. Neste trabalho caberia uma avaliação quanto ao carbono e em especial ao enxofre que em contato com a umidade e exposição ao calor o composto poderia tornar-se em ácido sulfúrico, porém limitar-se a uma análise dos indicadores de resíduos sólidos.

Tabela 8: Indicador ambiental de resíduos

Indicador	Significado	Determinação	Total
Quantidade total de resíduos	Absoluto em t (Para 100.000 autos em 42 km)	0,273 t	273 kg
Quantidade específica de resíduo	<u>Tipo de resíduo em t</u> Produção (automóveis)	<u>0,273</u> 400.000	0,0006825 kg/pneu
Resíduo para a reciclagem	Resíduos reciclados absolutos t	0,0 t	0,0 t
Taxa de reciclagem	<u>resíduos reciclado em t</u> Quantidade de resíduos em t	0,0 %	0,0 t
Taxa de eliminação	<u>resíduos não reciclado em t</u> Quantidade de resíduos em t	0,273 t / 0,273 t	100 %
Resíduos que requerem supervisão especial	Resíduos perigosos absolutos em t	0,003549 t	Enxofre - 3,55 kg
Taxa de resíduos perigosos	<u>resíduos perigosos em t</u> Quantidade de resíduos em t	0,003549/0,273	1,3 %
Custos (ambientais) de resíduos	Absoluto em valores	n.d	n.d
Custos (ambientais) específicos de	<u>Custos (ambientais) de resíduos</u> Custos totais de prestação de	n.d	n.d

resíduos	serviço para 100.000 usuários		
----------	-------------------------------	--	--

Fonte: Adaptado: Tinoco e Kraemer (2004)

5.4 Uma breve observação para a cidade de São Paulo

A cidade de São Paulo, 3ª maior cidade do mundo e a maior do Brasil concentra, conforme o DENATRAN, (2006), aproximadamente 11% da frota de veículos do país. São 4.752.092 veículos dos quais 3.612.574 são automóveis de passeio. Diversas ações são disponibilizadas pelas autoridades para atenuar os efeitos da exaustão das vias de tráfego frente ao crescente número de veículos que entram em trânsito todos os dias.

A questão da poluição atmosférica também é crítica e nos congestionamentos a “bolha” de monóxido de carbono, gás liberado pelos escapamentos dos veículos junta-se às vezes as condições pouco favoráveis de dispersão de poluentes transformando em insuportável uma situação que só tende a agravar-se frente ao sistema público ineficiente em acompanhar o crescimento.

Calcular a quantidade de resíduos de desgaste de pneus em uma cidade com diversidade de vias e qualidade de piso, além da variabilidade de condicionantes que envolvem os condutores e seus veículos é uma tarefa que necessitaria de um volume alto de projeções e antes de tudo uma captação de dados e informações relevantes à estatística do projeto. Como a intenção deste trabalho é a de demonstrar uma reflexão sobre o custo não percebido da relação entre o estagio de consumo e o da vida útil de um bem, será utilizado uma formatação simplista de cálculo, porém não menos importante, pois denota a quantidade de resíduos gerados dos pneus.

No Município de São Paulo:

$$\text{Resíduo (t/kmp)} = (\text{N}^{\circ} \text{ de automóveis} / \text{durabilidade quilométrica}) \times 4 \times P =$$

$$\text{Resíduo} = (3.612.574 / 80.000) \times 4 \times 1,0 \quad \text{portanto}$$

$$\text{Resíduo} = 0,181 \text{ t / kmp}$$

Interpretando este resultado conclui-se que a cada quilometro percorrido pelos automóveis existentes no município de São Paulo são gerados aproximadamente 181 kg de resíduo de pneus. Isso corresponde a prováveis 7 toneladas de resíduos particulados espalhados pela cidade ao dia, o que em sua composição representa 5 toneladas de carbono (negro de fumo), 84 kg de óxido de zinco e 91 kg de enxofre. O hidrogênio, na forma de gás que também faz parte da composição representa 490 kg.

6 Considerações finais

A sustentabilidade dos sistemas independe da vontade humana, mas é consequência de seu desejo e da sua capacidade de perceber a responsabilidade ética e social de suas atividades. A análise criteriosa das atividades frente ao ambiente, sua inserção, a valoração e a mensuração dos recursos e dos custos dos impactos ambientais devem ser percebidas e corrigidas para que a contextualização do desenvolvimento sustentável ocorra distante do imediatismo e da selvagem característica do sistema capitalista de desenvolvimento imposto por uma visão irrealista e inconsequente do lucro absoluto e inquestionável.

Os bens que há muito tempo foram desenvolvidos e que ainda fazem parte de nosso dia a dia, trazem consigo detalhes de um processo produtivo não compatível com a emergente necessidade de mudança ideológica de concepção e utilização dos produtos. Evidentemente não há de se frear o desenvolvimento, mas torná-lo coerente e harmônico com os recursos naturais ainda existentes. Tinoco (2001) ao focalizar o Postulado da Continuidade especificou que esse traz em seu bojo o pressuposto de que as entidades são consideradas como empreendimentos em andamento, que têm vida indefinida. Segundo a ótica deste postulado, as entidades têm por objetivo adicionar valor e gerar, por conseguinte, novos produtos e serviços,

que visam satisfazer as necessidades de seus clientes, permitindo em decorrência a continuidade da entidade, todavia, com sustentabilidade.

Sendo assim a sustentabilidade do desenvolvimento balizará as ações das empresas e na concepção de produtos e serviços e, sua integração com os padrões de consumo através da identificação, valoração e custeio de seu ciclo de vida útil, permitirá a continuidade das entidades com reflexos de bem estar à sociedade e na manutenção do equilíbrio do meio ambiente e seu uso racional.

Este artigo buscou contribuir para a sustentabilidade, especialmente a humana, ao evidenciar o produto pneu, explicitando seu custo socioambiental, numa fase de seu ciclo de vida: o consumo, evidenciando a importância do uso da contabilidade da gestão ambiental, que se apresenta como uma necessidade de mensuração e divulgação para a sociedade.

Referências

ALMEIDA, F. **Consumo sustentável – O Papel das Empresas**. Relatório do Workshop Consumo Sustentável no Brasil. Brasília: Universidade de Brasília, 2002.

ALMEIDA, F. **O Bom Negócio da Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2002.

ANTONIUS, P. A. J. **A Exploração dos Recursos Naturais Face à Sustentabilidade e Gestão Ambiental: Uma Reflexão Teórico-conceitual**. Belém: NAEA, 1999.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial**. São Paulo: Editora Saraiva, 2004.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas, 1988.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRANSPORTE – DENATRAN. **Planilhas Estatísticas de Frota por Município**. Ministério dos Transportes. Brasília: Disponível em: <<http://www.mt.org/estatistica.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2006. Acesso em 10 de jul. 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRANSPORTE – DENATRAN. **Planilhas Estatísticas de Frota por Unidade da Federação**. Ministério dos Transportes. Brasília: Disponível em: <<http://www.mt.org/estatistica.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2006.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental na Empresa**. São Paulo: Editora Atlas, 1999.

EPELBAUM, M. **A influência da Gestão Ambiental na Competitividade e no Sucesso Empresarial**. Dissertação apresentada a Escola Politécnica da Usp para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção. São Paulo, 2004.

LEITE, P. R. **Logística reversa**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

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**. Revista Interamericana de Contabilidad, nº 60, p.1-7, out./dez. 1995.

PIRELLI DO BRASIL S. A. **Universidade do Pneu**. Disponível em:

<http://www.pirellibrasil.com.br> . Acesso em: 08 jul. 2006.

SACHS, I. **Desenvolvimento Incluyente, Sustentável, Sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond Universitária, 2004.

TACHIZAWA, T. **Gestão Ambiental e Responsabilidade Social Corporativa**. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

TINOCO, João E.P. **Balanço Social: uma abordagem da transparência e da responsabilidade pública das organizações**. São Paulo: Atlas, 2001.

TINOCO, João E.. P.; KRAEMER, MARIA E. P. **Contabilidade e Gestão Ambiental**. São Paulo: Editora Atlas, 2004.