

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

LUCIANE DE OLIVEIRA LIMA

**PROPOSTA DE INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA PARA SISTEMA
DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS –
ESTUDO DE CASO**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2014

LUCIANE DE OLIVEIRA LIMA

**PROPOSTA DE INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA PARA SISTEMA
DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS –
ESTUDO DE CASO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Conservação de Bacias Hidrográficas

Orientadora: Profa. Dra. Tamara Simone van Kaick

CURITIBA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

L732p Lima, Luciane de Oliveira
Proposta de indicadores de ecoeficiência para sistema de transportes rodoviários de produtos perigosos – estudo de caso / Luciane de Oliveira lima. — 2014.
83 f.: il.; 30 cm

Orientadora: Tamara Simone Van Kaick.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Curitiba, 2014.
Bibliografia: f. 68-75

1. Resíduos sólidos. 2. Resíduos perigosos. 3. Substâncias perigosas - transporte. 4. . 5. Tecnologia ambiental – Dissertações. I. Van Kaick, Tamara Simone, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Ciência e tecnologia Ambiental. III. Título.

CDD (22. ed.) 363.7

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n°

PROPOSTA DE INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA PARA SISTEMA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS – ESTUDO DE CASO

Por

LUCIANE DE OLIVEIRA LIMA

Dissertação apresentada às 14:00 horas do dia 30 de julho de 2014, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS, na Linha de Pesquisa – Conservação de Bacias Hidrográficas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Banca examinadora:

Prof. Dra. Tamara Simone van Kaick (Orientador)
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Prof. Dra. Fátima de Jesus Bassetti - banca
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Prof. Dr. Klaus Dieter Sautter - banca
Universidade Positivo

Visto da Coordenação:

Prof. Dr. Thomaz Aurélio Pagioro
Coordenador do PPGCTA

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Professora Tamara Simone van Kaick que aceitou o desafio desta orientação, sempre com carinho, conforto e paciência, sem nunca medir esforços. A minha admiração e respeito serão eternas.

Aos gestores da BBM, especialmente ao Cesar Janiski e Juarez Luiz Nicolotti, por cederem o espaço para realização desta dissertação e pelo auxílio para realização das entrevistas e acesso ao banco de dados.

A Qualimaster, especialmente a Sara Pignataro e Sergio Ribas, por todo o incentivo, paciência, apoio e companheirismo.

Ao meu amigo Cesar Janiski, pelas suas correções, críticas e sugestões.

Aos amigos e familiares pela amizade, pelos momentos de descontração e compreensão diante de tantas ausências.

À minha família pelo seu amor incondicional, apoio e dedicação sempre. Pai e Mãe, obrigada por acreditarem em mim e pelos seus ensinamentos e dedicação. Michelle e Mattheus, obrigada por todo apoio, amor e incentivo durante esta trajetória.

E a todos que de alguma forma contribuíram e torceram pela conclusão desta pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

LIMA, Luciane de Oliveira. **Proposta de indicadores de ecoeficiência para sistema de transporte rodoviário de produtos perigosos** – estudo de caso. 2014. 83 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

RESUMO

O consumo e a degradação dos recursos naturais no ritmo em que está sendo realizado pode comprometer seriamente a sobrevivência das gerações futuras. Neste contexto, uma das atividades onde a boa prática operacional poderia fazer diferença no que diz respeito aos impactos ao meio ambiente é o transporte, setor que merece destaque, pois tem grande participação nas práticas impactantes para o meio ambiente, dada a quantidade de produtos que são movimentados. A indústria química utiliza em larga escala os serviços logísticos oferecidos por terceiros para armazenar, manusear e transportar matérias-primas, intermediários e produtos químicos industrializados. Com objetivo de reduzir riscos envolvidos nos serviços logísticos de produtos químicos, foi criada uma ferramenta denominada Sistema de Avaliação de Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade - SASSMAQ, utilizada como ferramenta de avaliação compulsória para os serviços logísticos prestados a esse setor. Das questões abordadas pelo SASSMAQ 16% estão relacionadas aos cuidados ambientais, sendo 14% classificadas como mandatórias. A questão a ser analisada por esta pesquisa é de tentar identificar, por meio de um estudo de caso voltado ao transporte de produtos perigosos, se não poderiam ter mais elementos que indicariam a possibilidade de inserir indicadores ambientais no SASSMAQ. Para tanto, foi realizado um estudo de caso utilizando trinta e quatro caminhões durante o processo de carga-transporte-descarga visando identificar, por meio de dados gerados durante quatro anos, quais as possíveis ações a serem realizadas tendo como foco a prevenção da poluição e minimização da utilização de recursos não renováveis. Os dados coletados foram gerados desde a aquisição dos caminhões até o final de vida produtiva e sua baixa no sistema, sendo considerados o abastecimento, revisões, manutenções corretivas e preventivas, trocas de pneus, testes de ruídos e opacidade, geração de resíduos sólidos e líquidos produzidos durante este período de análise. Como resultado pretende-se identificar oportunidades de inserção de parâmetros que possam auxiliar na formatação de indicadores de ecoeficiência e que também possam ser propostos no SASSMAQ.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, resíduos líquidos, emissões atmosféricas, indicadores de desempenho ambiental, indicadores de ecoeficiência.

LIMA, Luciane de Oliveira. **Proposed eco-efficiency indicators for the road transport system for dangerous products - Case Study**. 2014. 83 f. Dissertation, (Graduate Program in Environmental Science and Technology), Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2014.

ABSTRACT

The consumption and degradation of natural resources at the current rate being held may be seriously compromising the survival of future generations. In this context, one of the activities where good operating practice could make a difference with regard to the impacts on the environment is the transportation sector, which is noteworthy since a large role in impacting practices for the environment, given the amount of products are moved. The chemical industry uses large-scale logistics services offered by third parties for storing, handling and transporting raw materials, intermediates and industrial chemicals. SASSMAQ used as a compulsory assessment tool for logistics services to this sector - aiming to reduce risks involved in logistics services for chemicals, a tool called Assessment System Health, Safety, Environment and Quality was created. The subjects addressed by SASSMAQ 16% are related to environmental care, 14% are classified as mandatory. The question to be addressed by this research is trying to identify, through a case study focused on the transportation of dangerous goods, it could not have more elements that indicate the possibility of including environmental indicators SASSMAQ. Thus, a case study using thirty-four trucks during the load-haul-dump was performed to identify, through data generated during four years what possible actions to be undertaken with a focus on pollution prevention and minimizing the use of nonrenewable resources. Data were generated from the acquisition of trucks by the end of their productive life and low in the system, being considered supplies, reviews, corrective and preventive maintenance, tire changes, noise and opacity tests, generation of solid and liquid waste produced during this analysis. As a result we intend to identify opportunities for insertion of parameters that can assist in formatting eco-efficiency indicators and can also be offered on SASSMAQ.

Keywords: Solid waste, liquid waste, air emissions, environmental performance indicators, eco-efficiency indicators.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Fluxograma do Processo de Transporte.....	45
FIGURA 2. Levantamento de dados: Relação entre km x L no processo Carga-Transporte-Descarga.....	51
FIGURA 3. Teste de Opacidade.....	58
FIGURA 4. Teste de Ruídos.....	59

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Função dos Aditivos.....	25
QUADRO 2. Aspectos e Impactos Ambientais para o setor de transporte rodoviário.....	48
QUADRO 3. Indicadores de Desempenho.....	62
QUADRO 4. Indicadores de Ecoeficiência e Desempenho Ambiental	63
QUADRO 5. Proposta para Indicadores de Ecoeficiência e Desempenho Ambiental.....	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Levantamento de dados: resultados obtidos para resíduos sólidos.....	52
TABELA 2. Levantamento de dados: resultado dos resíduos líquidos.....	56
TABELA 3. Levantamento de dados: dados gerados para emissões atmosféricas.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CO_{2e}	Dióxido de carbono equivalente
DAQBI	Departamento de Química e Biologia
dB(A)	Decibéis mais adequada para representar a resposta humana
DEFRA	<i>Department for Environment, Food and Rural Affairs</i>
DENATRAN	Departamento Nacional de Transito
EPI's	Equipamentos de Proteção Individual
EPC's	Equipamentos de Proteção Coletiva
FISPQ	Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GEE	Gases de Efeito Estufa
GHG	<i>Greenhouse Gas</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LAIA	Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais
MT	Ministério dos Transportes
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNLT	Plano Nacional de Logística e Transportes
SASSMAQ	Sistema de Avaliação de Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade
SST	Saúde e Segurança do Trabalho
TRADI	Transporte e Distribuição
US-EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>

UTFPR

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

WBSCD

World Business Council for Sustainable Development

WRI

World Resources Institute

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	SISTEMAS DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NO BRASIL	17
3.2	PRODUTOS PERIGOSOS	18
3.3	IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS	19
3.4	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	27
3.5	DIREÇÃO ECONÔMICA	27
3.6	INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAIS	31
3.6.1	Indicadores de Ecoeficiência	33
4	METODOLOGIA	36
4.1	IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ASPECTOS E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELO SETOR DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS, POR MEIO DE ESTUDO DE CASO	37
4.2	LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS RELACIONADOS AOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO ESTUDO DE CASO	38
4.3	ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS INDICADORES APLICADOS E PROPOSTA PARA A INSERÇÃO DE NOVOS PARÂMETROS PARA COMPOR OS INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA E SASSMAQ	42
4.4	IDENTIFICAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE PARÂMETROS AMBIENTAIS RELEVANTES PARA CONTROLE E MONITORAMENTO PELO SETOR DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS QUE POSSAM SER INSERIDOS NA ANÁLISE DE ECOEFICIÊNCIA E SASSMAQ	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
5.1	FLUXOGRAMA DO PROCESSO ANALISADO	45
5.2	PRINCIPAIS ASPECTOS AMBIENTAIS E OS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELO SETOR DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS	48
5.3	LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS RELACIONADOS AOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO ESTUDO DE CASO	50
5.3.1	Consumo de combustível	50
5.3.2	Resíduos sólidos gerados	52

5.3.3 Efluentes líquidos gerados.....	56
5.3.4 Emissões atmosféricas geradas	57
5.4 ANALISAR E AVALIAR OS INDICADORES APLICADOS E PROPOR A INSERÇÃO DE NOVOS PARÂMETROS PARA COMPOR OS INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA E SASSMAQ	58
6 CONCLUSOES E RECOMENDAÇÕES	66
7 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	67
REFERÊNCIAS.....	68
ANEXO 1 – LEGISLAÇÃO AMBIENTAL REFERENTE OS TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS.....	76
ANEXO 2 - ITENS SASSMAQ <i>CHECK LIST</i> – FROTA PRÓPRIA E SUBCONTRATADOS.....	79
ANEXO 3 - ITENS SASSMAQ MANDATÓRIOS RELACIONADOS AO MEIO AMBIENTE.....	80
APÊNDICE 1 – CONSUMO DE COMBUSTÍVEL PELOS FROTAS NO PERÍODO DE 4 ANOS.....	82
APÊNDICE 2 – RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS PELOS FROTAS NO PERÍODO DE 4 ANOS.....	83

1 INTRODUÇÃO

A crescente conscientização social a respeito da limitação da capacidade de suporte do planeta em relação aos seus recursos naturais é um marco importante para a mudança do comportamento voltado ao modo de desenvolvimento atualmente concebido (CNI; SESI, 2008). Esta mudança pede um sistema mais compatível de consumo, que assuma tanto os limites quanto a disponibilidade dos recursos naturais para as futuras gerações, que é o conceito de desenvolvimento sustentável (UNITED NATIONS, 1987).

As pressões exercidas pelos segmentos organizados da sociedade, pelo mercado consumidor e pelos governos, são responsáveis pelas mudanças das ações realizadas nas indústrias, sendo uma delas a redução de impactos ambientais inerentes à suas atividades. Todos já assumem como sendo necessário um comportamento diferenciado para o enfrentamento desses novos desafios (MOTTA, 1995; BARBIERI, 2005).

Atualmente, estas atitudes de mudanças e redução de impactos ambientais, ocorrem principalmente por meio de duas situações: através do cumprimento das disposições legais, em resposta a um procedimento regulatório ou pela adoção de procedimentos compatíveis com o conceito de desenvolvimento sustentável, inserido nas certificações voluntárias, que atraem mercados mais exigentes nos requisitos ambientais (BARBIERI, 2005).

Uma das atividades que envolvem diretamente a produção e está ligada as indústrias é o transporte de cargas. O sistema de transporte rodoviário exerce papel fundamental na economia mundial e no Brasil é uma das formas mais utilizadas de movimentação de cargas.

Este tipo de atividade, que vem se expandindo ao longo dos anos, é uma das atividades antrópicas que mais causam impactos ao meio ambiente (BRASILEIRO; HIRATSUKA, 2009). Os impactos podem ser advindos por meio de emissões de Gases de Efeito Estufa – GEE, pelo uso de combustíveis fósseis, pelo risco de acidentes e derramamento de produtos tóxicos e/ou geração de resíduos líquidos e sólidos.

O desenvolvimento econômico atual de alguns países também pode estar relacionado à produção de produtos de origem química, que são utilizados em diversos processos industriais. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2007), a indústria química participa com 3% do Produto Interno Bruto - PIB nacional, ocupando a segunda posição na matriz industrial brasileira, somente depois dos setores de alimentos e bebidas. Diante desse cenário a movimentação de produtos perigosos, por diversos modos de transportes, sendo um deles o rodoviário, tende a crescer no Brasil, e com eles os riscos ambientais relacionados a esta atividade.

O poder público brasileiro, preocupado com a preservação do meio ambiente, tem procurado inserir políticas públicas mediante assinatura de protocolos, proposição de legislação e acordos. O objetivo é a busca do comprometimento de diversos setores produtivos para a redução de emissão de poluentes e destinação adequada de resíduos (LEAL JR, 2010).

A iniciativa privada do setor produtivo, preocupada em proteger sua imagem no mercado, busca desenvolver ações que visem a preservação ambiental, uma vez que a sociedade e seus clientes exigem produtos que não agridam o meio ambiente ou que possam colocar em risco algum recurso vital à sobrevivência das espécies.

Segundo Leal Junior (2010), em alguns casos, as organizações são levadas a decidir entre serem eficientes e atender ao cliente, em detrimento de causar menos danos ambientais. Não considerar o desempenho ambiental tende a resultar, no longo prazo, aumento de custos, redução de lucros devido ao uso ineficiente dos recursos, perda da posição no mercado ou a cessação das suas atividades por decisão judicial legal. Uma possibilidade de compensar esses objetivos conflitantes encontra-se no conceito da ecoeficiência (LEAL JR, 2006; LEAL JR, 2010).

Nesta pesquisa foi realizada uma análise de indicadores de desempenho ambiental voltados ao modal rodoviário durante o processo de carga-transporte-descarga realizado ao longo de quatro anos, identificando e quantificando os aspectos e impactos ambientais gerados. A análise dos resultados auxiliou na proposta de novos indicadores voltados a análise da ecoeficiência e desempenho ambiental, que anteriormente não eram levados em consideração, visando melhorar o desempenho do sistema para atender os requisitos ambientais referentes à utilização de recursos materiais e energéticos, e ao Sistema de Avaliação de Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade - SASSMAQ.

O consumo e a degradação dos recursos naturais no atual ritmo que está sendo realizado podem estar comprometendo seriamente a sobrevivência das gerações futuras. Neste contexto, uma das atividades onde a boa prática operacional poderia fazer diferença no que diz respeito aos impactos ao meio ambiente é o transporte. Este setor merece destaque, pois tem grande participação nas práticas impactantes ao meio ambiente, dada a quantidade de produtos que são movimentados.

A indústria química utiliza em larga escala os serviços logísticos oferecidos por terceiros para armazenar, manusear e transportar matérias-primas, intermediários e produtos químicos industrializados. Elas precisam ter garantias de que essas operações são conduzidas de maneira segura, com qualidade e com o devido cuidado em relação a segurança dos funcionários, do público e do ambiente (ABIQUIM, 2011).

Com o objetivo de reduzir riscos envolvidos aos serviços logísticos de produtos químicos, a Associação Brasileira de Indústria Química - ABIQUIM criou uma ferramenta de avaliação denominada Sistema de Avaliação de Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade - SASSMAQ. Em 2005 entrou em vigor o compromisso das empresas associadas à ABIQUIM de somente contratar prestadores de serviços avaliados pelo SASSMAQ para o transporte rodoviário de produtos químicos a granel. Desde janeiro de 2006, esse compromisso foi estendido ao transporte rodoviário de produtos químicos embalados, transformando essa ferramenta de avaliação compulsória para os serviços logísticos prestados a esse setor (ABIQUIM, 2011).

Das questões abordadas pelo SASSMAQ, 16% estão relacionadas aos cuidados ambientais, sendo 14% classificadas como mandatórias. Além disso, para as legislações a serem atendidas pelo setor de transporte rodoviário, cerca de 50% estão relacionadas a questões ambientais. Entretanto, dos dezoito indicadores estabelecidos para monitoramento da operação pelo SASSMAQ, apenas dois estão diretamente relacionados ao meio ambiente.

O monitoramento da atividade de transporte rodoviário de produtos perigosos a partir do uso de indicadores de ecoeficiência e desempenho ambiental pode proporcionar uma melhora significativa no processo, reduzindo a pressão sobre os recursos naturais bem como a redução de custos operacionais.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar parâmetros operacionais para compor indicadores ambientais relevantes para o controle e monitoramento no setor de transporte rodoviário de produtos perigosos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os principais aspectos ambientais e avaliar os impactos ambientais gerados pelo setor de transporte rodoviário de produtos perigosos, por meio de estudo de caso;
- Levantar os parâmetros definidos para compor os indicadores da ecoeficiência e SASSMAQ;
- Aplicar, analisar e avaliar indicadores a fim de propor a inserção de novos parâmetros para compor os indicadores de ecoeficiência e SASSMAQ;
- Estabelecer uma proposta de parâmetros ambientais relevantes para controle e monitoramento pelo setor de transporte rodoviário de produtos perigosos que possam ser inseridos na análise de ecoeficiência e SASSMAQ.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SISTEMAS DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NO BRASIL

Desde a antiguidade, e se intensificando no período do mercantilismo, o transporte de mercadorias tem sido utilizado para disponibilizar produtos onde existe demanda, e atualmente os fatores prazo adequado e atendimento as necessidades do comprador são importantes na definição da logística do mesmo (NAZÁRIO; FLEURY, 2014).

Em relação ao lugar, pode-se dizer que a função básica do transporte é proporcionar o aumento na disponibilidade de bens, e isto ocorre pelo fato de permitir o acesso a determinados produtos que de outra maneira não estariam disponíveis para uma sociedade, ou estariam disponíveis apenas a um preço elevado (TAKAHASHI, 2008).

No Brasil, o transporte de cargas predomina o modal rodoviário, o que leva os objetivos desse estudo focar nesse modo de transportes. Segundo o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), do Ministério dos Transportes (BRASIL, 2012), o transporte de cargas pelo modo rodoviário representa 52%, pelo modo ferroviário 30%, modo cabotagem 8%, modo hidroviário 5% e dutoviário 5%.

Para poderem trafegar pelas estradas brasileiras, os caminhões que transportam produtos ou resíduos químicos perigosos são obrigados a adotar uma série de medidas de segurança. O motorista precisa ser treinado para conduzir produtos perigosos. Na viagem ele tem que levar a documentação com dados sobre a classificação da carga, o fabricante ou importador do produto, as autorizações para circulação e informações de segurança para o caso de acontecer um acidente, além de um kit de emergência pronto para ser usado em caso de acidente. O caminhão tem que estar em boas condições de manutenção e externamente precisa estar sinalizado com placas indicativas para mostrar o produto (ou produtos) que carrega e seus riscos (ARAÚJO, 2001; CARVALHO, 2001; DNIT, 2005). A indicação dos perigos é feita por painéis de segurança e rótulos de risco, que trazem números e símbolos indicando a classificação dos produtos transportados e seu enquadramento em uma das classes ou subclasses especificadas na Resolução 420

da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT (Conselho Regional de Química – IV Região, 2013) (BRASIL, 2004).

Acidentes com veículos que transportam produtos perigosos acontecem com certa frequência no Brasil. Para prevenir os acidentes e minimizar os riscos que eles trazem ao meio ambiente, a saúde da população e ao patrimônio público, o Brasil vem adotando uma legislação rigorosa em relação ao transporte de produtos químicos por via rodoviária, conforme descrito no Anexo 1 - Legislação Ambiental referente ao Transporte de Produtos Perigosos (2013), considerando a legislação disponível em maio de 2014. São decretos, leis, resoluções, portarias e normas editadas por órgãos como a Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN (2010), Ministério dos Transportes, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO e Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (Conselho Regional de Química – IV Região, 2013).

3.2 PRODUTOS PERIGOSOS

A expressão produto perigoso, originária do inglês *hazardous materials*, cuja tradução significa materiais perigosos, tem um significado bastante amplo. Embora o conceito “produto perigoso” seja bastante genérico, essa expressão reporta-se, de forma geral, as substâncias com propriedades físico-químicas que podem causar danos a saúde e ao meio ambiente (DNIT, 2005). A Organização das Nações Unidas – ONU identificou algumas propriedades físico-químicas que possibilitam classificar um determinado produto como perigoso: temperatura, pressão, toxicidade, corrosividade, radioatividade, inflamabilidade, potencial de oxidação, explosividade, reação espontânea, polimerização, decomposição, infectantes, entre outras. Na atividade de transporte são considerados produtos perigosos àqueles listados pela ONU e, no caso do Brasil, pelo Ministério dos Transportes (MT). Essa listagem possuía, em 2009, mais de 3.000 produtos que são atualizados periodicamente (CUNHA, 2009).

Para fins de transporte por via pública, consideram-se como produtos perigosos substâncias encontradas na natureza ou produzidas por qualquer processo que possuam propriedades físico-químicas, biológicas ou radioativas que representam risco para a saúde de pessoas, para a segurança pública e para o meio ambiente, segundo ANTT (2012).

O transporte de produtos perigosos pode ser realizado de duas formas: carga a granel em que o produto deve ser transportado sem qualquer embalagem, contido apenas pelo equipamento de transporte, seja ele tanque, caçamba ou contêiner; carga embalada ou fracionada em que o produto no ato do carregamento, descarregamento ou transbordo do veículo transportador é manuseado juntamente com o seu recipiente (LEAL JR, 2006; CUNHA, 2009; LEAL JR, 2010).

3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS AO TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS

Os sistemas de transportes exercem papel fundamental na economia mundial e esta vem sendo, ao longo dos anos, uma das atividades humanas que mais causam impactos ao meio ambiente. Um dos desafios inerentes ao setor de transportes é o de aliar o atendimento à necessidade humana de transporte e manutenção do meio ambiente, sem comprometer a qualidade de vida da população (LEAL JR., 2006; BRASILEIRO; HIRATSUKA, 2009).

Pelo fato de utilizar grande parte de energia não renovável, os transportes contribuem diretamente com impactos relacionados à exploração dos recursos naturais. Os transportes utilizam combustíveis de origem fósseis de forma bastante intensa, tornando o setor uma das maiores fontes de emissão de gases poluentes, quando comparado aos demais setores econômicos, devido à queima de combustível (VASCONCELLOS, 2008; BRASILEIRO; HIRATSUKA, 2009).

A aceitação da responsabilidade ambiental por parte da empresa e a adoção de uma postura proativa às questões ambientais passam obrigatoriamente por uma tomada de consciência do seu verdadeiro papel na sociedade. Uma empresa existe e se mantém viva enquanto estiver atendendo a uma demanda da sociedade

(MOREIRA, 2008). E essa demanda inclui a exigência de um cliente, as exigências entre relações empresariais, o cumprimento de leis ambientais, ou ainda a pressão da comunidade.

Os dados para o inventário de impactos gerados no setor de transportes têm sido agrupados de acordo com os seguintes processos (ERIKSSON; BUNGE; LOUGRER, 1996):

- Uso do veículo: combustão do combustível;
- Produção do combustível;
- Produção do veículo e tratamento do veículo após o uso;
- Serviço e manutenção de veículo;
- Produção, uso e tratamento final de pneus;
- Manipulação de terminais de transporte.

Destes processos, a maior contribuição é da combustão do combustível, e a segunda maior contribuição é a da produção do combustível (ERIKSSON; BUNGE; LOUGRER, 1996; VASCONCELLOS, 2008).

Fatores que tem um significativo impacto no consumo e emissões de combustível são as condições das estradas, idade do veículo, comportamento do motorista, número de paradas relatadas, limites de velocidade, evaporação de combustível durante e após a viagem (ERIKSSON; BUNGE; LOUGRER, 1996).

Apesar de ainda haver certa resistência por parte de alguns, cada vez mais as empresas e instituições procuram adequar-se às condições mínimas de qualidade ambiental e, uma vez que para atingi-la são necessárias adaptações como otimização de processos e uso racional de insumos, esta prática mostra-se também vantajosa economicamente (MOREIRA, 2008).

Segundo Moraes (2005), as desvantagens provenientes do uso de combustíveis fósseis no setor de transportes não se limitam somente ao esgotamento do próprio combustível fóssil; mas, também, gera os seguintes impactos ambientais:

- **Poluição do Ar**

As emissões de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxido de nitrogênio (NO_x), óxido de enxofre (SO_x), hidrocarbonetos e materiais particulados são provenientes da queima de combustível. O CO e os

hidrocarbonetos são formados na queima incompleta, o SO_x devido a presença de enxofre nos combustíveis. A emissão de NO_x decorre de vários fatores, dentre os quais se destacam a quantidade de nitrogênio do ar e no combustível, a temperatura de combustão, a temperatura do forno, o tipo de queimador (UGAYA, 2001; STOUT et al., 2002; CETESB, 2012).

O valor de opacidade é um valor indicativo da qualidade da combustão. Um valor de opacidade acima do indicado pelo fabricante demonstra que o funcionamento do motor não está com a queima completa de combustível, provocando uma combustão com pouca qualidade e a emissão de partículas superior ao recomendado (SOUSA, 2010).

- **Mudança Climática**

De acordo com Bartholomeu (2001), o efeito estufa é um fenômeno causado pelo acúmulo de vários gases na troposfera. Alguns GEE ocorrem naturalmente na atmosfera. Entretanto, as atividades econômicas provocam emissões de GEE que em excesso, causam o aumento do efeito estufa, dificultando a saída das radiações infravermelhas, ocasionando o aquecimento global (MARQUES, 1992).

Esses gases são liberados pela operação do transporte e sua emissão causa influência em todo o globo terrestre. Existem diferentes tipos de GEE. Destacam-se o dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, vapor de água e clorofluorcarbonos, que em certos casos são tratados como poluentes atmosféricos globais (RIBEIRO; MATTOS, 2000; MATTOS, 2001; LEAL JR, 2010).

De um modo geral, o modal rodoviário tem uma considerável participação neste contexto, já que os veículos consomem combustíveis e produzem vapor d'água e dióxido de carbono. O óxido nitroso também é formado em motores de combustão interna. Já no que se refere a emissões de metano, que embora não possam ser quantificadas com precisão, pode-se afirmar que a proporção proveniente dos veículos automotores é significativa. Este poluente é emitido a partir do escapamento dos veículos de combustão interna. O ozônio é gerado a partir da reação entre gases emitidos pelos veículos. Essa reação ocorre geralmente na estratosfera ativada pela luz solar (MANAHAN, 2000; BAIRD, 2002; LOUREIRO, 2005).

O problema torna-se mais grave em função da idade da frota. A defasagem tecnológica é significativa e os veículos consomem mais combustíveis e emitem

mais poluentes, necessitando também, de manutenção mais constante (BALLIANA, 2010).

No Brasil, o setor de transporte é o segundo responsável pela emissão de CO₂ na atmosfera, com 33% do total, ficando atrás apenas da indústria, com 38%. Os outros setores se apresentam na seguinte ordem: residencial (10%), agricultura e agropecuária (7%), transformação de energia (6%) e outros (6%) (LEAL JR, 2006; LEAL JR, 2010).

Na emissão de gases de efeito estufa pelos transportes, destaca-se o CO₂, que é emitido pela queima direta do diesel, combustível mais utilizado para os transportes de carga. Além dos gases, a utilização de óleo diesel também produz material particulado, que, segundo Menezes e Cataluña (2008), é o causador de vários problemas para a saúde e motivo de constante acompanhamento oficial.

O *Environment Canada* (2009), Departamento do Governo Canadense para o Meio Ambiente, compara a poluição causada por motores a diesel e a gasolina, mostrando que os primeiros poluem em média 30% a mais, notadamente com material particulado e os óxidos de enxofre e nitrogênio. Bailey e Solomon (2004) identificaram que o óleo diesel contém um total de 450 compostos diferentes, sendo que 40 listados como contaminantes tóxicos do ar, podendo trazer efeitos negativos para a saúde e o meio ambiente. A queima deste combustível produz fumaça, hidrocarbonetos, óxidos de enxofre e monóxido de carbono. Análises feitas nos gases de escapamento de motores a diesel mostraram a existência de alguns metais pesados como cálcio, magnésio, zinco e cobre (BAIRD, 2002; BAILEY; SOLOMON 2004; BALLIANA, 2010).

A *American Trucking Association* (ATA, 2012), Associação Nacional Americana de Caminhões, está comprometida com um programa de sustentabilidade visando a redução do consumo de combustível dos veículos em cerca de um bilhão de toneladas até 2022. Para isso sugere uma lista de oito recomendações para melhorar o desempenho ambiental dos caminhões americanos (ATA, 2012):

- 1- Utilizar o acelerador com moderação (a economia poderá ser de 5% a 14%);
- 2- Tomar a rota certa evitando desvios desnecessários;
- 3- Calibrar os pneus com frequência e corretamente;
- 4- Substituir periodicamente os filtros de ar;
- 5- Manter o motor bem regulado;

- 6- Fazer as trocas de óleo no período indicado pelo fabricante;
- 7- Evitar condução agressiva (velocidade, aceleração rápida e de frenagem). Esta ação pode diminuir o seu consumo de combustível em 33% em rodovias e em cerca de 5% em áreas urbanas;
- 8- Evitar excesso de peso.

- **Chuva Ácida**

A chuva ácida é formada devido à reação da água com os poluentes, tais como o monóxido de carbono, os óxidos de enxofre, os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis no ar, gerando o ácido nítrico e ácido sulfúrico, que provocam danos no solo, nas plantas, nas construções, nos animais marinhos e terrestres. A chuva ácida causa descontrole de ecossistemas ao exterminar determinados tipos de animais e vegetais. De acordo com Ugaya (2001), os automóveis contribuem em cerca de 10 a 15% para a formação da chuva ácida, sendo que esse valor pode ser mais alto em locais onde a frota é elevada e seu uso intenso (ONURSAL; GAUTAM, 1997; MANAHAN, 2000; UGAYA, 2001; BAIRD, 2002).

- **Consumo de energia**

O consumo de energia não renovável utiliza fontes como combustíveis fósseis e provoca a extinção destes. Independente do tipo de fonte de energia existe impacto ambiental associado. No caso das fontes de energia não renováveis, a influência ambiental associada seria a exaustão de recursos naturais, nesse caso, o petróleo (LEAL JR, 2010).

- **Consumo de água**

A lavagem e limpeza de caminhões podem consumir grandes quantidades de água e produzir efluentes prejudiciais ao meio ambiente, se mal gerenciados. Este efluente gerado pode conter quantidades significativas de óleos e graxas, sólidos em suspensão, metais pesados, surfactantes e substâncias orgânicas (TEIXEIRA, 2003).

- **Consumo de material**

Refere-se a matéria-prima utilizada nas peças de reposição ao longo da vida útil do veículo. Grande parte do material utilizado nas partes que compõem os veículos é constituído de aço, plástico e borracha. Todos esses materiais apresentam forte influência ambiental em sua fabricação, pois envolvem processos relacionados a siderurgia e a indústria petroquímica (LEAL JR, 2010).

- **Geração de Efluentes Líquidos**

Compreende o lançamento em rios, lagos e oceanos de substâncias que se dissolvem ou ficam em suspensão na água ou depositadas sobre o fundo dos corpos d'água e se acumulam na medida em que eles interferem no funcionamento do ecossistema aquático. Também podem incluir a liberação de energia na forma radioativa e calor, como no caso da poluição térmica. Os contaminantes da água são substâncias químicas inorgânicas, substâncias químicas orgânicas, radionucleotídeos e microorganismos (LEAL JR, 2010).

- **Geração de Resíduos Sólidos**

A poluição do solo e do subsolo envolve a deposição de resíduos sólidos (sucatas, latas, garrafas, recipientes plásticos, papel etc.), que não podem ser quebrados rapidamente ou, em alguns casos, não podem ser quebrados inteiramente pela ação de forças orgânicas e inorgânicas. Esse tipo de poluição também compreende a acumulação no solo de substâncias químicas nas formas sólidas ou líquidas que são prejudiciais à vida (MATTOS, 2001; LEAL JR, 2006; LEAL JR, 2010).

No caso do transporte, essa poluição se dá pela emissão de substâncias nas formas sólidas ou líquidas, que são prejudiciais à vida e ao meio ambiente, como óleo, pneus, peças e partes de veículos e outros (LEAL JR, 2006; LEAL JR, 2010).

- **Óleos**

Óleo lubrificante é um produto elaborado para cumprir a função principal de reduzir o atrito e o desgaste entre partes móveis de um objeto. São também funções do lubrificante, dependendo da sua aplicação, a refrigeração e a limpeza das partes móveis, a transmissão de força mecânica, a vedação, isolamento e proteção do

conjunto ou de componentes específicos e até a transferência de determinadas características físico-químicas a outros produtos (BRASIL, 2005; APROMAC, 2012).

No Brasil todos os óleos lubrificantes devem atender as especificações técnicas (que garantem a sua qualidade e segurança) estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, e devem possuir registro perante esse órgão (APROMAC, 2012).

O óleo lubrificante é considerado produto perigoso, conforme Resolução 420/2004 da ANTT (BRASIL, 2004). A Resolução ANP 20 de 18/06/2009 (BRASIL, 2009a) estabeleceu as normas para o descarte determinando o cadastramento das empresas que pretendem utilizar o resíduo para refino.

Os aditivos são substâncias empregadas para melhorar ou conferir determinadas características aos óleos lubrificantes básicos para que estes desempenhem de forma melhor uma finalidade específica. A Quadro 1 apresenta os tipos de aditivos normalmente misturados ao óleo lubrificante básico para formar um óleo lubrificante acabado (APROMAC, 2012):

Tipo de aditivo	Função	Substâncias usadas
Antioxidantes	Retardar a oxidação dos óleos lubrificantes, que tendem a sofrer esse tipo de deterioração quando em contato com o ar, mesmo dentro do motor.	Ditiofosfatos, fenóis, aminas
Detergentes / dispersantes	Impedir a formação de depósitos de produtos de combustão e oxidação, mantendo-os em suspensão no próprio óleo e permitindo que sejam retirados pelos filtros ou na troca do lubrificante.	Sulfonatos, fosfonatos, fenolatos
Anticorrosivos	Neutralizar os ácidos que se formam durante a oxidação e que provocam a corrosão de superfícies metálicas	Ditiofosfatos de zinco e bário, sulfonatos
Antiespumantes	Minimizar a formação de espumas que tendem a se formar devido a agitação dos óleos lubrificantes e prejudicam a eficiência do produto	Siliconas, polímeros sintéticos
Rebaixadores de ponto de fluidez	Impedir que os óleos “engrossem” ou congelem, mantendo sua fluidez sob baixas temperaturas	-
Melhoradores de índice de viscosidade	Reduzir a tendência de variação da viscosidade com a variação da temperatura	-

Quadro 1 – Função dos Aditivos.

Fonte: Guia básico Gerenciamento de óleos lubrificantes usados ou contaminados (APROMAC, 2012).

- **Pneus**

O comportamento de condução e negligência no controle da pressão dos pneus são os principais fatores que influenciam no desempenho ambiental na fase de consumo de pneus (MILANEZ; BÜHRSB, 2009).

A rápida aceleração do veículo não observando limites de velocidade e frenagem brusca e não levando em conta o estado da superfície da estrada são formas de comportamento do condutor que causam a redução do tempo de vida útil dos pneus. O combustível utilizado para ultrapassar a resistência ao rolamento do pneu do carro é responsável por 15% do consumo total de combustível. Se a pressão dos pneus não é monitorada essa participação pode aumentar muito mais do que 20% (VAN BEUKERING; JANSSEN, 2001).

A recauchutagem, que é uma possibilidade de reaproveitamento de pneus, é considerada como a melhor alternativa para o consumidor; porém, a maioria dos pneus descartados não pode ser recauchutada, por limitações técnicas ou econômicas. Além de cada pneu recauchutado significar uma carcaça reusada, um único pneu pesado recauchutado pode significar a economia de pelo menos 40 litros de petróleo (LACERDA, 2000; SHARMA et al., 2000).

Os pneus são um significativo poluente, especialmente como fonte de zinco nos ambientes urbanos. Por suas características físicas, os pneus não sofrem lixiviação (carregamento pela água da chuva de materiais ao lençol freático), sua deposição requer gerenciamento específico, pois o seu descarte não é fácil (BALLIANA, 2010).

Os elementos químicos que compõem a banda de rodagem de um pneu são o carbono, o hidrogênio, o oxigênio, o enxofre e as cinzas, com os respectivos percentuais em peso que são 84%, 7%, 2,7%, 0,3% e 6%. Além da banda de rodagem, a estrutura do pneu possui também reforço de arame de aço (CIMINO, 2004).

Atualmente, a maioria dos pneus é produzida com 10% de borracha natural (látex), 30% de petróleo (borracha sintética) e 60% de aço e tecidos (lonas), visando deixar sua estrutura mais resistente (MORAIS, 2002; CIMINO, 2004).

- **Baterias**

A bateria de chumbo consiste de placas de chumbo (peróxido de chumbo e chumbo metálico) banhadas por uma solução de água e ácido sulfúrico. A

disposição inadequada das baterias pode resultar na lixiviação de metais pesados, expondo o chumbo e o ácido sulfúrico ao meio ambiente (UGAYA, 2001).

- **Outros**

A Revista *Pirelli Truck Club* (2010) menciona que componentes dos caminhões como lonas de freio, para brisas e retrovisores plásticos são recicláveis. Isto significa, segundo a mesma publicação, que estes produtos devem ser descartados com toda a atenção, pois têm alto potencial de reaproveitamento em processos de remanufatura (BALLIANA, 2010).

3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A Legislação Ambiental estabelece normativas visando o controle e monitoramento de determinados impactos ambientais e sua consequente minimização durante os processos de transportes rodoviários.

No Anexo 1 é apresentada uma revisão da legislação ambiental referente ao Transporte de Produtos Perigosos no Brasil.

3.5 DIREÇÃO ECONÔMICA

Durante as últimas duas décadas, a consciência global da necessidade de mais sistemas de transporte ambientalmente benigna aumentou, principalmente por causa das reservas de petróleo limitadas, a disparada dos preços dos combustíveis, e normas ambientais muito mais rígidas para combater as emissões de gases de efeito estufa (HOLMBERG; ANDERSSON; ERDEMIR, 2014).

Há uma tendência em curso para reduzir o consumo de combustíveis fósseis. As motivações mais comuns para este desenvolvimento são: reduzir o impacto ambiental negativo dos combustíveis fósseis; diminuir a dependência do

petróleo e de países produtores de petróleo; e, reduzir os custos de combustível. Estas medidas são comumente referidas como Direção Econômica (THIJSSSEN; HOFMAN; HAMB, 2014).

A direção econômica é um conjunto de técnicas que proporciona a redução do consumo de combustível, o aumento da vida útil das peças, maior segurança ao motorista e respeito às normas de trânsito (STODOLSKY; GAINES; VYAS, 2000; SILVEIRA, 2003; GAINES; VYAS; ANDERSON, 2006).

A economia de combustível de 5 a 26% é medida em estudos com vários tipos de veículos, motoristas e países, em que os motoristas utilizam estratégias de Direção Econômica. Estes efeitos reduzem ao longo prazo, tornando-se menos significativos, reduzindo de 5 a 10% em três anos e 2 a 3% após três anos (HIJSSSEN; HOFMAN; HAMB, 2014).

De acordo com estas medidas, a Direção Econômica parece ser eficaz para a redução do consumo de combustível. Tal comportamento de condução pode ser estimulada por treinamento Direção Econômica (HIJSSSEN; HOFMAN; HAMB, 2014).

Dentre os fatores de condução que levam ao aumento do consumo de combustível e ao maior desgaste de peças destacam-se (STODOLSKY; GAINES; VYAS, 2000; SILVEIRA, 2003; GAINES; VYAS; ANDERSON, 2006):

- **Rotação do motor:** o motor tem mais força e consome menos combustível quando trabalha dentro da faixa de torque para a qual foi preparado;
- **Velocidade:** um caminhão a 100 km/h chega a consumir 20% mais combustível do que a 80 km/h;
- **Uso adequado da marcha:** a troca correta de marcha faz com que as rotações do motor sejam mantidas dentro da faixa econômica e reduzem o número de mudanças de marcha dentro de uma viagem;
- **Marcha lenta:** é considerado marcha lenta quando o caminhão está parado e sem nenhuma marcha engatada, neste caso o consumo é elevado e desnecessário, além de provocar o desgaste da caixa de marchas caso seja mantido por muito tempo com as rotações no nível mínimo;
- **Ponto morto:** consome mais combustível do que com a marcha correta, além de forçar mais os freios nos momentos das frenagens;

- **Freios:** freadas bruscas danificam as lonas de freio, utilizar o freio estacionário com o caminhão em movimento provoca quebra de componentes e o uso incorreto do freio motor pode danificar o motor além de não surtir os efeitos desejados.

Os freios para veículos terrestres exigem comportamento de parada constante, repetitivo e eficaz sob uma gama de temperaturas de funcionamento e ambientes diversificados. Eles devem ser confiáveis em condições adversas. Fabricantes de lona de freio normalmente fazem reivindicações quanto ao desgaste excelente de seu equipamento original ou produtos de reposição, apesar de sua aversão em garantir a vida útil do revestimento. O comportamento da condução, ou seja, paradas e partidas frequentes ou uso do veículo em um terreno montanhoso exige resposta de desgaste muito diferente do que dirigir em longos trechos de estrada no nível do terreno. Atestar a taxa de desgaste para a lona é impraticável, a menos que o método de teste imite as condições de sua utilização (BLAUA; JOLLYB, 2005).

Para interpretar as diferenças no comportamento de desgaste das lonas de freio, é necessário visualizar o processo de desgaste que ocorre em lonas de freio reais e comparar seus atributos aos observados em métodos de teste atuais. A taxa de desgaste dos materiais é difícil de ser estabelecido devido à variabilidade das condições de funcionamento e o número relativamente grande de componentes em formulações comerciais (BLAUA; JOLLYB, 2005).

Em veículos pesados, 33% da energia do combustível é usada para superar o atrito no motor, transmissão, pneus, equipamentos auxiliares, e freios. As perdas por atrito são 26% da energia do combustível. No total, 34% da energia do combustível é utilizada para mover o veículo. Segundo HOLMBERGA *et al* (2014), globalmente uma única unidade de caminhão utiliza, em média, 1.500 litros de óleo diesel por ano para superar as perdas por atrito (HOLMBERG; ANDERSSON; ERDEMIR, 2014).

Tirando proveito de novas tecnologias para redução de atrito em veículos pesados, as perdas por atrito poderia ser reduzida em 14% no curto prazo (4-8 anos) e 37% no longo prazo (8 a 12 anos). No curto prazo, essa economia mundial anual podem chegar a 105 bilhões de euros, 75 bilhões de litros de óleo diesel, e uma redução de emissões de CO₂ de 200 milhões de toneladas. No longo prazo, o benefício anual seria de 280 bilhões de euros, 200 bilhões de litros de combustível,

e uma redução de emissões de CO₂ de 530 milhões de toneladas (HOLMBERG; ANDERSSON; ERDEMIR, 2014).

Manter o veículo em boas condições também afeta em seu desempenho, entre os fatores relacionados aos equipamentos e insumos destacam-se:

- **Manutenção:** a falta de manutenção preventiva e preditiva do veículo e os equipamentos desregulados provocam mais consumo e danificam mais rapidamente as peças;
- **Combustível:** a má qualidade do combustível e a presença de água nos tanques reduzem a média de quilometragem por litro de diesel;
- **Pneus:** o uso do tipo de pneu correto para cada caminhão acarreta melhoria na aderência e diminuição no consumo de combustível.

Outros fatores importantes estão relacionados aos vícios de direção, que são ações que o motorista realiza sem que haja a necessidade e, muitas vezes, ele nem percebe que está realizando tal ação, pois já se tornou automática. Os vícios mais comuns e seus efeitos são (STODOLSKY; GAINES; VYAS, 2000; SILVEIRA, 2003; GAINES; VYAS; ANDERSON, 2006):

- **Trafiagar com o pé sobre a embreagem:** provoca redução da vida útil do disco de embreagem em até 50%;
- **Acelerar durante a mudança de marcha ou ao desligar o veículo:** provoca consumo de combustível desnecessário e reduz a lubrificação dos pistões, pois o combustível não queimado irá lavar suas paredes das peças do motor;
- **Manter a mão sobre a alavanca de marchas:** provoca atritos no trambulador, que é o componente de ligação entre o câmbio e as engrenagens do câmbio, levando ao seu desgaste excessivo;
- **Esquentar o motor:** deixar o caminhão ligado e esquentando por longos períodos provoca consumo desnecessário de combustível (STODOLSKY; GAINES; VYAS, 2000; SILVEIRA, 2003; GAINES; VYAS; ANDERSON, 2006).

Para que os motoristas possam fazer uso das técnicas de direção econômica é necessário que recebam treinamento especializado. Este treinamento é realizado pelas próprias empresas de transporte ou por centros de treinamento disponíveis nas principais regiões do Brasil.

3.6 INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAIS

Desde o início dos anos 1980, as questões ambientais passaram a ganhar destaque nas decisões estratégicas e operacionais das empresas. A visão de que a poluição é apenas uma consequência indesejável que deixou de ser avaliada por muitas organizações trazendo à tona a importância de se gerenciar as questões ambientais, ou seja, os aspectos e impactos ambientais, sobretudo os negativos, que suas atividades causam ao meio ambiente (HEINZEN; CAMPOS; MIGUEL, 2011).

A atratividade dos indicadores neste contexto é derivada de sua capacidade de captar a multidimensionalidade do desenvolvimento do transporte sustentável e desdobrar o conceito complexo em pequenas e gerenciáveis unidades de informação. Estes atributos por sua vez, facilitam a comparação, benchmarking e comunicação, que têm reforçado a popularidade de indicadores (HERB; PITFIELD, 2010; HAGSHENAS; VAZIRI, 2012).

Um indicador é uma variável com base em algumas medidas, representando com maior precisão possível um fenômeno de interesse, selecionadas e definidas para medir o progresso em direção a um objetivo (HAGSHENAS; VAZIRI, 2012).

A estrutura sistemática com processos claramente definidos pode ajudar a resolver estas questões, e, assim, melhorar o processo de seleção do indicador, além de melhorar a sua transparência e consistência, a aceitação e a credibilidade dos indicadores resultantes as partes interessadas (HERB; PITFIELD, 2010; CASTILLO; PITFIELD, 2010).

A seleção de indicador deve, principalmente, ser conduzida pelas perguntas que os indicadores podem responder. Indicador deve ser facilmente compreensível, razoável, mensuráveis, possível de quantificar, acessível, abrangente e refletir vários aspectos de estudo, sensível às mudanças ao longo do tempo, independente, padronizado para possibilitar comparação, processos de longo prazo claramente definidos e capturados (HAGSHENAS; VAZIRI, 2012).

O objetivo dos indicadores é agregar e quantificar informações de modo que sua significância fique mais aparente. Eles simplificam as informações sobre fenômenos complexos tentando melhorar com isso o processo de comunicação

(BELLEN, 2007). A principal função dos indicadores é a comunicação: eles devem promover a troca de informações sobre questões a que se referem.

Desta maneira, o indicador é a informação que explicita o atributo que permite a qualificação das condições dos serviços, sejam eles ambientais estruturais ou sociais (GARCIAS, 2001).

Um critério geral na seleção de indicadores é que estes devem ser capazes não apenas de sinalizar a existência de uma degradação no sistema, mas também de advertir sobre eventuais perturbações potenciais. Estes devem possuir as seguintes características: aplicabilidade em um grande número de sistemas ecológicos, sociais e econômicos, mensuráveis e de fácil medição, sensíveis a mudanças do sistema e indicar tendências, permitir cruzamento com outros indicadores e serem concebidos de tal forma que a população local possa participar de suas medições (GUERREIRO, 2004).

Segundo Castillo e Pitfield (2010), os critérios para avaliação de indicadores de “transporte sustentável” são:

1. **A mensurabilidade:** Um indicador de transporte sustentável deve ser capaz de ser medido, confiável e de fácil compreensão.
2. **A disponibilidade:** Deve ser possível e a um custo razoável, coletar dados confiáveis sobre o indicador ou calcular / prever o valor do indicador por meio de modelos aceitos.
3. **A velocidade de disponibilidade:** Os dados a partir do qual o indicador é derivado ou calculado, devem ser regularmente atualizável de forma a assegurar, no mais curto espaço de tempo, a situação real.
4. **Interpretabilidade:** Um indicador deve render a informação clara, inequívoca e de fácil entendimento por todos os interessados .
5. **Impacto isolável de transporte:** Deve ser possível isolar partes do impacto do transporte que o indicador está pretendendo medir.

Como os indicadores podem ser formados por diversos dados e parâmetros, o cuidado com a redução do número de medidas e parâmetros necessários para descrever determinada situação, e indica que a simplificação do processo de informação, utilizando os mesmos em forma de indicador, são responsáveis por demonstrar os resultados destas medidas que serão interpretadas de maneira rápida, pelo usuário final.

Para alterar qualquer indicador em uma direção positiva, é necessário mudar os fatores que o influenciam. Alterar um fator que influencia outro indicador também pode mudar o indicador de uma forma inesperada. Para os indicadores funcionarem em um sistema, é necessário olhar para os fatores que os influenciam de forma sistêmica (RICHARDSON, 2005).

As medidas de desempenho são indicadores dos resultados reais ou esperados de programas ou projetos, e destinam-se a medir a sua eficácia. Atualmente, estão sendo usadas por empresas de transporte como monitoramento de seu desempenho para fixar as despesas orçamentárias e seleção entre os projetos propostos (WEISBROD; LYNCH; MEYER, 2009).

3.6.1 Indicadores de Ecoeficiência

A avaliação da eficiência e eficácia da implementação de medidas ecoeficientes será revelada a partir do uso de indicadores, que ao serem transformados em números poderão ser objeto de comparação. A partir da medição da ecoeficiência, a empresa pode reportar o seu desempenho global. Pode-se medir o progresso em seu desempenho econômico e ambiental. Uma das ferramentas deste processo consiste no uso de indicadores que permitem a comunicação entre os setores da empresa com outras empresas, processo conhecido como benchmark. O objetivo principal consiste em melhorar o desempenho da atividade ou progresso em questão e monitorá-lo com medições transparentes, verificáveis e, conseqüentemente, relevantes, tanto para os gestores, como para as diversas partes interessadas (SALGADO, 2004).

A identificação destes indicadores é uma etapa de valor significativo no processo, uma vez que a meta da ecoeficiência é aprimorar o desempenho de um empreendimento e monitorar sua evolução, por meio de dados que sejam transparentes, capazes de serem obtidos e possam ser transformados em informações significativas tanto para o gerenciamento interno do empreendimento como para os grupos de agentes externos interessados (AMARAL, 2003; SALGADO, 2004; LEAL JR., 2010).

A abordagem da ecoeficiência enfoca a utilização adequada de recursos materiais e energéticos com o sentido de se reduzir custos e/ou de se maximizar lucros. Para que a ecoeficiência seja atingida, é necessário que três conceitos básicos sejam aplicados (WBCSD, 2000):

- Redução do consumo de recursos: inclui minimizar a utilização de energia, materiais, água e solo, favorecendo a reciclabilidade e a durabilidade do produto e fechando o ciclo de materiais;
- Redução do impacto na natureza: inclui a minimização das emissões gasosas, descargas líquidas, eliminação de desperdícios e a dispersão de substâncias tóxicas, assim como promover a utilização sustentável de recursos renováveis;
- Melhoria do valor do produto ou serviço: o que significa fornecer mais benefícios aos clientes, pela funcionalidade, flexibilidade e modularidade do produto, fornecendo serviços adicionais e concentrando-se em vender necessidades funcionais de que, de fato, os clientes necessitem, o que levanta a possibilidade do cliente receber a mesma necessidade, com menos materiais e menor utilização de recursos.

Todas as ações desenvolvidas pelas organizações devem ser monitoradas e controladas para posterior verificação do atendimento dos objetivos. A necessidade de se medir e quantificar a ecoeficiência resulta na inserção de determinados termos como indicadores e das medidas de ecoeficiência. A coleta de informações e dados para o desenvolvimento de indicadores de ecoeficiência é uma etapa pertinente ao processo de avaliação de desempenho empresarial e conseqüentemente da atividade de transporte de carga (SALGADO, 2004).

De acordo com Salgado (2004), a identificação dos indicadores é uma etapa de valor significativo no processo, uma vez que a meta da ecoeficiência é aprimorar o desempenho de um empreendimento e monitorar sua evolução por meio de dados que sejam transparentes, capazes de serem obtidos e possam ser transformados em informações significativas tanto para o gerenciamento interno do empreendimento como para os agentes externos interessados.

O conceito de ecoeficiência envolve a definição de indicadores capazes de medir o desenvolvimento de um empreendimento, de maneira ambientalmente sustentável, de modo a atender as necessidades humanas e promover a qualidade de vida, enquanto reduz progressivamente os impactos ambientais e a intensidade

do consumo de recursos naturais considerando a capacidade ambiental do planeta (SALGADO, 2004; MARQUES, MARCOVITCH, 2014).

Os indicadores de ecoeficiência para serem aplicados devem ser relacionados aos valores globais dos negócios ou a questões ambientais globais, relevantes para todos os tipos de empresas e com métodos definidos para medição. Os indicadores de ecoeficiência podem ser gerais e usados para todas as atividades de negócios, ou específicos para um determinado setor. No estabelecimento de indicadores, têm-se os relacionados o valor de produtos/serviços produzidos ou vendidos que pode ser tanto em função de valores monetários quanto por quantidade/volume de produtos vendidos (SALGADO, 2004; LEAL JR, 2010; MARQUES, MARCOVITCH, 2014).

4 METODOLOGIA

Para este estudo, a energia consumida para a fabricação de componentes de caminhões e peças de reposição, a infraestrutura rodoviária, a disposição final do veículo e a cadeia de produção do combustível não foram incluídas.

A primeira etapa foi de definição do tipo de caminhão a ser estudado considerando a disponibilidade de dados e estabilidade da operação, visando a minimização de variáveis ocorridas durante o processo. Para isso foi considerado o banco de dados disponível na organização relacionado ao histórico do caminhão, considerando as manutenções preventivas e corretivas ocorridas.

Na seqüência foi estabelecido o tempo de coleta dos dados. Considerando que o caminhão tem uma vida útil produtiva de cerca de 6 anos, sendo que a partir deste período as necessidades de manutenções preventivas aumentam e, por conseqüência, reduz-se a sua produtividade, consideramos o período de quatro anos de coleta, iniciando a partir do segundo ano de atividade e concluindo no quinto ano de atividade.

Foi efetuada a coleta de dados disponíveis no limite do processo carga-transporte-descarga, registrados em banco de dados, disponibilizada pela empresa foco deste estudo de caso. Este registro é atividade convencional em empresas de transporte e principalmente para aquelas que possuem SASSMAQ, sendo desta forma possível identificar falhas ou inconsistências no registro de dados.

A análise do processo carga-transporte-descarga, utilizando este tipo de registro convencional é importante no sentido de identificar parâmetros para compor indicadores voltados a questões ambientais que poderiam ser inseridas no SASSMAQ, objetivo geral desta pesquisa.

Na empresa objeto deste estudo de caso, foi possível coletar os dados, através de entrevistas com o gestor da área de manutenção e análise do perfil dos caminhões em operação, observando o ano de fabricação, tipo de caminhão e tipo de transporte. De posse destes dados, foi verificado qual o maior número de caminhões que pudessem ter as características mais similares entre si, a fim de compor uma amostra mais significativa para atender o objetivo da pesquisa.

Desta forma, foi possível identificar 34 (trinta e quatro) caminhões cujo ano de fabricação e atividades desenvolvidas fossem similares. Sendo a data de fabricação destes caminhões 2006-2007, optou-se pelos anos de 2008 a 2012, para realizar o levantamento os dados de manutenção dos mesmos, considerando-se 4 (quatro) anos de dados coletados e registrados em banco de dados. Este período foi considerado para esta pesquisa como sendo o mais representativo, tendo como referência o relato da gerência da empresa utilizada como estudo de caso como o mais representativo quanto a produtividade.

A definição de 4 anos como período mais representativo foi indicado pelo gestor de manutenção da empresa onde foi desenvolvido o estudo de caso, por considerar esta a etapa mais produtiva do caminhão.

Também foi possível obter dados relacionados aos testes de ruído e opacidade, que são realizados anualmente para atendimento a requisitos legais do setor, como forma de monitoramento das manutenções realizadas pois estes dados confirmam o bom desempenho do caminhão.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ASPECTOS E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELO SETOR DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS, POR MEIO DE ESTUDO DE CASO

Como uma forma de direcionamento do estudo foi efetuado o levantamento dos aspectos ambientais relacionados a operação e seus impactos ambientais. Sendo a empresa também certificada na ISO 14001:2004, foi utilizado o Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais existentes e revisado através de literaturas científicas relacionadas ao tema.

A metodologia proposta para identificar os aspectos e avaliar os impactos ambientais adotou como base as planilhas de avaliação orientadas por Moreira (2008). Foi elaborada uma tabela de aspectos e impactos considerando a metodologia de análise de avaliação de impactos ambientais *Ad Hoc* (espontânea), como forma de definir os procedimentos lógicos, técnicos e operacionais capazes de permitir que o processo, antes referido, seja completado. Os impactos foram

identificados através de revisão bibliográfica e levantamento de dados relativos ao estudo de caso, caracterizando-os e sintetizando-os em seguida por meio de uma tabela, identificando os aspectos críticos, visando melhorar o desempenho do sistema através da aplicação do conceito de ecoeficiência e definição de pontos críticos de controle ambiental.

4.2 LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS RELACIONADOS AOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO ESTUDO DE CASO

Para realizar o levantamento de dados a fim de identificar a geração de resíduos sólidos, líquidos e emissões de gases de efeito estufa no processo carga-transporte-descarga, foi utilizado o banco de dados referentes à utilização de materiais de reposição de peças e troca de óleos dos caminhões, assim como abastecimento e lavagem. Estes dados são gerados desde a aquisição do caminhão até o final de sua vida produtiva na empresa, abordando dados relacionados ao abastecimento, manutenção corretiva, manutenções preventivas, troca de pneus, testes de ruídos e testes de opacidade, todos relacionados a distância percorrida pelo caminhão.

- **Resíduos Sólidos:**

No sistema de banco de dados das operações são registrados todos os serviços executados ao longo da vida útil do caminhão. Estão diretamente relacionados a manutenções preventivas e manutenções corretivas.

As manutenções preventivas ocorrem de acordo com a programação sugerida pelo fabricante do caminhão e estabelecida pelo gestor de manutenção de acordo com a operação que o caminhão está inserido. A empresa possui um cronograma de planejamento de manutenções preventivas, estabelecidas de acordo com a distância percorrida pelo caminhão (km rodado), necessárias para a otimização da utilização do caminhão, de forma a obter melhor resposta operacional e financeira na operação.

Assim que a quilometragem estabelecida pelo setor de manutenção é atingida, o sistema indica a necessidade de parada de operação deste caminhão e seu direcionamento a auto mecânica. Esta, por sua vez, analisa as necessidades de trocas de peças, troca de fluídos, calibrações, pinturas e reparos necessárias ao bom desempenho do caminhão.

A partir desta análise, é elaborado o orçamento, através de um documento nomeado como Ordem de Serviço, que é encaminhado à empresa responsável pelo caminhão para liberação desta atividade. Este documento possui, além dos custos envolvendo o serviço e peças, uma listagem das peças, fluídos, pinturas, reparos e calibrações necessárias para a otimização do desempenho do caminhão. São estas as informações que são incluídas no banco de dados da empresa, com a identificação do número da ordem de serviço liberada bem como a nota fiscal emitida pelo fornecedor, tornando-se este um processo rastreável.

As manutenções corretivas ocorrem quando o motorista relata alguma situação ocorrida durante a operação que pode ser desde um ruído percebido ou uma resposta alterada do caminhão a um evento ocorrido durante a movimentação, ou quando verificada durante a execução da verificação inicial do caminhão antes da operação. O processo de registro é similar ao de manutenção preventiva.

Através da análise deste banco de dados fornecido pela empresa objeto deste estudo, foi criada uma planilha Excel na qual os dados da troca de peças e tipos de óleos foram inseridos. Nesta planilha foi realizada uma classificação das peças como plástico, metal, madeira, espumas, borracha, vidro, óleos lubrificantes e produtos químicos. Na planilha foi inserida a identificação do caminhão analisado e o ano em que ocorreu a troca da peça e óleo dentro do período dos 4 anos.

As peças foram classificadas considerando o material utilizado em maior proporção para a sua construção. Por não ser objetivo deste estudo estabelecer metas a partir de dados robustos de geração de cada tipo de resíduo, mas apenas localizar a sua maior geração, não houve a necessidade de desmembrar as peças para a definição de sua massa de contribuição.

Pelo fato de não haver uma identificação precisa dos componentes das peças no banco de dados, no sentido de saber quanto a sua classificação, foi necessário realizar visitas na auto mecânica da empresa a fim de identificar, pesar e segregar as peças e seus componentes.

Na auto mecânica foi realizada entrevista com os responsáveis e definida uma metodologia, na qual consistia em descrição das peças, registro em planilha, pesagem em balança utilizada na auto mecânica, para manter um padrão neste registro. Também foi determinada uma pessoa responsável para realizar esta tarefa. Desta forma foi possível distinguir a composição e massa das peças conforme classificação estabelecida.

Para a definição das massas das peças foi considerada sua massa inicial, sendo desconsiderados desgastes oriundos da operação, por não ser objetivo deste estudo a definição de metas de geração de resíduos. Esta definição segue como sugestão para próximo estudo porém deve-se considerar ajustes ao banco de dados conforme observado durante o desenvolvimento deste estudo.

Para o pneu foi considerado o peso de 67,5 kg, estabelecido em literatura, sendo que 60% é composto por borracha e 40% composto por metal. Foi considerado, além da quantidade de pneus trocados, o consumo de borracha através do controle efetuado pelo desgaste da borracha pelo monitoramento dos sulcos dos pneus.

Considera-se como produtos químicos, os fluídos necessários para o bom desempenho do caminhão, como por exemplo, os aditivos anticorrosivos, aditivos de radiador, água de bateria, esmaltes e tintas para identificação do caminhão ou reparos necessários.

Para o cálculo destes produtos foram considerados valores de densidade obtidos através do fornecedor destes produtos relatados nas Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ, a fim de transformá-los em massa.

Com isso foi elaborada uma lista contendo pesos padrões utilizados como base para os cálculos dos resíduos gerados durante este estudo de caso.

A partir destes dados foram calculadas as massas de resíduos sólidos geradas para a manutenção dos caminhões, considerando o peso e quantidade de peças substituídas e compiladas em planilha Excel pela pesquisadora, classificando-as nas seguintes categorias: borracha, espuma, papel, madeira, metais, plástico, vidro, óleo e produtos químicos.

Desta forma foi possível obter os valores finais de geração de resíduos sólidos por caminhão, sendo possível sua análise mensal e anual.

- **Efluentes Líquidos:**

Tendo como base o mesmo banco de dados da empresa objeto de estudo, conforme relatado no item Resíduos Sólidos, obteve-se informações relacionadas à geração de efluentes líquidos. Foi considerado para este item o consumo de água durante a operação de lavagem do caminhão.

Com relação à água consumida para a lavagem do caminhão, a obtenção dos dados foi realizada por meio de entrevista ao prestador deste tipo de serviço a fim de identificar o volume de água a ser utilizado, tendo em vista o controle realizado.

Como o controle de uso da água pela empresa de lavagem não foi considerado consistente, devido à variação dos serviços prestados pela empresa e ausência de controle e otimização do uso de água durante o processo, foi realizada visita técnica a montadora de caminhões, obtendo-se informações relacionadas a testes de infiltrações durante a lavagem dos caminhões no final da linha de produção. Por ser a montadora possuidora de dados mais robustos, considerando tempo de jato e quantidade de água utilizada, foi estabelecido este valor como padrão para o volume de água utilizado na lavagem para o estudo de caso em questão.

- **Emissões Atmosféricas:**

As emissões atmosféricas foram estabelecidas a partir do consumo de combustível disponível em planilhas de controle da empresa, foco do estudo de caso. Estas planilhas apresentam dados relacionados a quilometragem do caminhão no momento do abastecimento e a quantidade de combustível abastecida.

Para o cálculo de emissões atmosféricas foi utilizado o GHG (*Greenhouse Gas*) Protocol Brasil, disponível em www.ghgprotocolbrasil.com.br, por ser essa uma ferramenta que foi desenvolvida utilizando a metodologia do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - IPCC e *International Organization for Standardization* - ISO, contendo cálculos adequados que já consideram a adição de álcool nos combustíveis brasileiros. É mais utilizada e aceita internacionalmente para a realização de inventários de gases de efeito estufa.

A ferramenta GHG foi desenvolvida pela Fundação Getúlio Vargas - FGV e o *World Resources Institute* - WRI para o Programa a “Ferramenta de estimativa de gases de efeito estufa para fontes Inter setoriais”. A ferramenta encontra-se atualmente na versão “Ferramenta v2012.1”. Os fatores de emissão sugeridos na

ferramenta são baseados em publicações reconhecidas internacionalmente como do IPCC publicado em 2000 e 2006, da *United States Environmental Protection Agency* - US-EPA, da *Department for Environment, Food and Rural Affairs* - DEFRA (GHG, 2013).

Como base de cálculo para este estudo de caso, foi utilizada a ferramenta para calcular as emissões por combustão móvel direta (Escopo 1) referente aos modais rodoviário, ferroviário, hidroviário e aéreo, sendo apresentadas as emissões em kg CO_{2e} (dióxido de carbono equivalente), utilizando-se o consumo de combustível anual por caminhão.

A demonstração de dados foi realizada em forma de planilhas e gráficos do Excel apresentadas pela seguinte ordem:

- a) Resíduos sólidos produzidos no processo de carga-transporte-descarga
- b) Efluentes líquidos produzidos no processo de carga-transporte-descarga
- c) Emissões atmosféricas geradas no processo de carga-transporte-descarga
- d) Teste de opacidade
- e) Teste de ruído

4.3 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS INDICADORES APLICADOS E PROPOSTA PARA A INSERÇÃO DE NOVOS PARÂMETROS PARA COMPOR OS INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA E SASSMAQ

De posse dos dados gerados e avaliação dos impactos ambientais, fez-se uma comparação com os indicadores estabelecidos pelo SASSMAQ buscando identificar possíveis lacunas onde seria possível propor a inserção de novos parâmetros para compor os indicadores de ecoeficiência e desempenho ambiental para o SASSMAQ.

Foi considerada nesta proposta a viabilidade para a obtenção destes dados, buscando alternativa prática e com resposta consistente para a tomada de decisões, sendo este o principal objetivo para a utilização de indicadores de controle. A

resposta consistente será direcionada por meio da análise das médias relativas aos 4 anos de operação (ano 2008-2012), dos 34 caminhões para cada um dos parâmetros: consumo de combustível, geração de resíduos sólidos, geração de efluentes líquidos, emissão de gases de efeito estufa.

Para o parâmetro geração de resíduos sólidos foi verificado o desvio padrão obtido por meio das médias dos dados gerados durante 4 anos analisados (Apêndice 2), para identificar a consistência e a variação dos dados gerados para: plástico, metais, borracha espuma, madeira, papel, óleo lubrificante, vidro e produtos químicos.

Através de entrevista com um informante qualificado, o gestor de manutenção responsável pela empresa do estudo de caso, foi possível discutir os resultados obtidos referentes ao levantamento dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos, e analisou-se a aplicação prática para a operação sobre quais indicadores poderiam de fato trazer uma melhoria para a minimização de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões de GEE.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE PARÂMETROS AMBIENTAIS RELEVANTES PARA CONTROLE E MONITORAMENTO PELO SETOR DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS QUE POSSAM SER INSERIDOS NA ANÁLISE DE ECOEFICIÊNCIA E SASSMAQ

A proposta para o estabelecimento de parâmetros ambientais relevantes para controle e monitoramento pelo setor de transporte rodoviário de produtos perigosos foram apresentadas através dos dados levantados para o consumo de combustível, geração de resíduos sólidos, geração de efluentes líquidos e emissões de gases de efeito estufa, que foram relacionados utilizando-se a média da operação realizada durante 4 anos (ano 2008-2012) com referência a 10.000 km rodados. A referência de 10.000 km foi considerada por ser esta a média mensal rodada para os 34 caminhões avaliados.

Além de avaliar estes itens para identificar os indicadores de ecoeficiência e desempenho ambiental, fez-se uma análise dos indicadores de desempenho de

segurança e saúde no trabalho - SST e transporte e distribuição - TRADI do SASSMAQ, verificando se os mesmos se inseriam em alguma das categorias de impactos ambientais gerados durante a operação carga-transporte-descarga apresentada na planilha de levantamentos de impactos ambientais descrita no item 5.2.

Em caso de algum destes indicadores do SST e TRADI do SASSMAQ apresentarem aderência com análise de impactos ambientais, sugere-se que os mesmos migrem para a nova classificação proposta por esta pesquisa de indicadores de ecoeficiência e desempenho ambiental.

Como se trata de uma pesquisa focada em estudo de caso, analisando um determinado limite de uma operação que ocorre no setor de transporte de produtos perigosos, o resultado foi apresentado em forma de proposta mas que ainda precisa ter uma investigação mais aprofundada no setor a fim de obter uma resposta conclusiva para inclusão destes indicadores no SASSMAQ.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o estudo de caso realizado tendo como base o levantamento de dados de 34 caminhões modelo Scania R114 6X2 durante quatro anos de uso (ano 2008 a 2012), foi possível realizar uma análise de vários aspectos e impactos relacionados a este processo, de forma a auxiliar na proposta de indicadores de ecoeficiência e desempenho ambiental a serem utilizados na avaliação da ecoeficiência desta atividade, bem como sugeridos para serem inseridos no SASSMAQ.

Foi necessário definir o limite do processo de operação relacionado ao setor de transporte, a fim de melhor definir a relação entre parâmetros avaliados e os seus indicadores correspondentes. Para tanto foi elaborado o fluxograma que identifica o limite analisado no processo de operação carga-transporte-descarga que segue demonstrado a seguir.

5.1 FLUXOGRAMA DO PROCESSO ANALISADO

A fim de descrever o processo e o limite e a análise do estudo de caso foi elaborado um fluxograma (Figura 1) que indica a operação de carga-transporte-descarga, que será utilizado para avaliar os parâmetros que podem auxiliar no desenvolvimento dos indicadores ambientais.

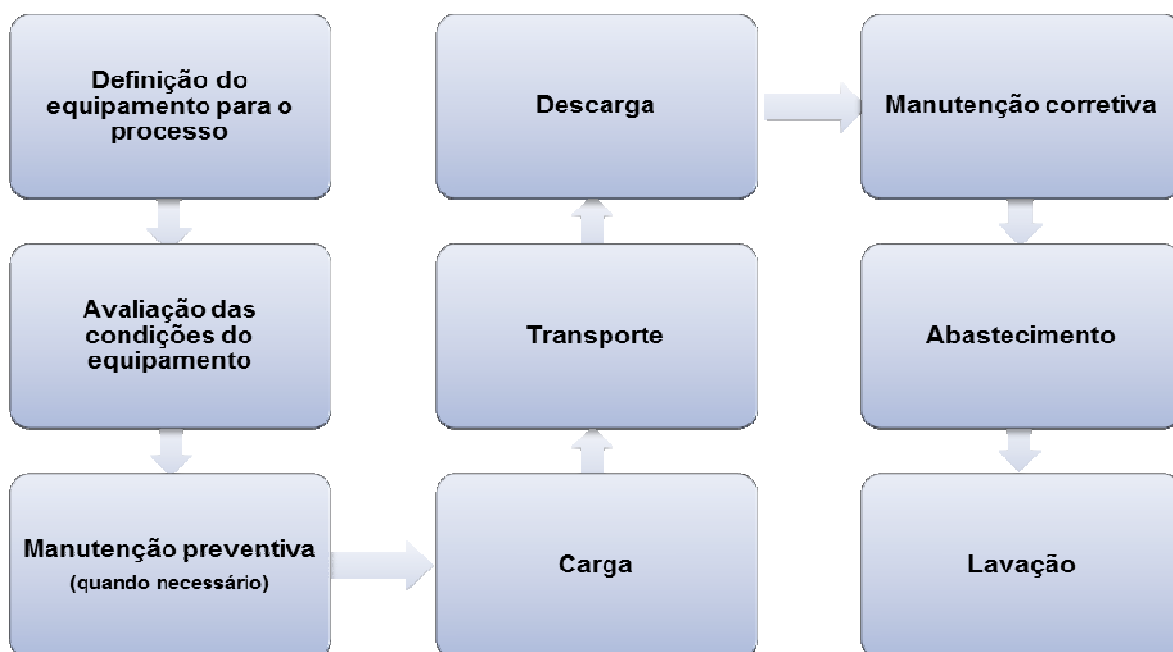


Figura 1. Fluxograma do Processo de Transporte.
Fonte: O autor.

A atividade objeto deste estudo iniciou-se com a definição do caminhão a ser utilizado no processo carga-transporte-descarga, considerando sua disponibilidade e adequação à operação em foco.

Na empresa onde foi desenvolvido o estudo de caso, a operação carga-transporte-descarga é iniciada tendo como primeira etapa a definição do caminhão e do motorista que irão realizar a operação em si.

Uma das obrigações do motorista ao receber esta tarefa é realizar uma verificação de todos os itens necessários à operação, por meio de um *check-list*, que é uma das indicações do SASSMAQ cuja lista consta no Anexo 2. Esta lista de verificação é disponibilizada pelo setor de manutenção, onde as condições gerais do equipamento são avaliadas, tais como, nível de combustível, nível de água no radiador, calibração de pneus, disponibilidade de documentações exigidas, Equipamentos de Proteção Individual - EPI's e Equipamentos de Proteção Coletivos - EPC's obrigatórios, condições de limpeza e identificação do produto a ser transportado, entre outros itens.

Durante esta avaliação, é possível que sejam observadas necessidades de manutenção corretiva a serem realizadas no caminhão a ser utilizado. Em caso de confirmada a necessidade de manutenção corretiva, o setor de manutenção é informado imediatamente e o caminhão é encaminhado para a auto mecânica,

sendo definido novo caminhão para a operação e iniciando-se a avaliação das condições deste através do *check-list*.

Em caso de uma avaliação positiva em relação ao uso do caminhão, o motorista assina o *check-list* e o encaminha ao setor de manutenção, sendo liberado para a operação.

A carga do caminhão ocorre no pátio do cliente, sendo esta atividade de total responsabilidade deste. O motorista se apresenta devidamente paramentado com os EPI's e documentação necessária e aguarda a conclusão da carga, fazendo o seu acompanhamento.

O processo de transporte da carga é o principal foco deste estudo. Por se tratar de carga perigosa, as rotas são estabelecidas previamente, considerando somente vias principais e sendo monitorada durante toda a sua movimentação.

O processo de descarga é realizado no pátio do cliente, sendo de total responsabilidade deste, cabendo ao motorista apenas o acompanhamento da operação.

Na finalização do processo pelo motorista, caso tenha observado algo durante a operação referente a operação do caminhão, tais como ruídos, consumos alterados, funcionamento inadequado, acidentes ou outras situações não rotineiras, é de sua responsabilidade avisar de imediato ao setor de manutenção para que o caminhão seja encaminhado para manutenção corretiva. Caso nada tenha sido relatado, o caminhão segue para o processo de abastecimento e lavação, para que esteja disponível para a próxima operação.

A fim de compreender quais são os impactos ambientais inerentes a esta atividade acima descrita, foi necessário desenvolver um levantamento dos aspectos ambientais envolvidos neste tipo de operação dentro do limite de análise proposto para este estudo de caso.

5.2 PRINCIPAIS ASPECTOS AMBIENTAIS E OS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELO SETOR DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS

A partir da análise do processo de transporte rodoviário de produtos perigosos e utilizando pesquisa bibliográfica (MOREIRA, 2008) e o Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais - LAIA da empresa do estudo de caso realizado em 2013 para embasamento dos dados, foi elaborado o quadro de aspectos e impactos ambientais para o setor de transporte rodoviário. O resultado desta verificação está demonstrado no Quadro 2, que relaciona as atividades dentro do limite da operação analisada, seus aspectos e impactos ambientais e a classificação estabelecida para este estudo de caso.

(Continua)

ATIVIDADE	ASPECTOS AMBIENTAIS	IMPACTOS AMBIENTAIS	CLASSIFICAÇÃO
Transporte de cargas	Consumo de combustível	Esgotamento de recursos naturais	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL
	Consumo de óleo	Esgotamento de recursos naturais	
	Queima de combustível	Geração de calor, alteração da qualidade do ar, água e solo	
Utilização de Metais	Utilização de recursos naturais	Esgotamento de recursos naturais	RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS
	Descarte de Resíduos	Alteração da qualidade do solo e da água	
		Ocupação de aterro	
Utilização de Borracha	Utilização de recursos naturais	Esgotamento de recursos naturais	
	Descarte de Resíduos	Alteração da qualidade do solo, ar e água	
		Ocupação de aterro	
Utilização de Plástico	Utilização de recursos naturais	Esgotamento de recursos naturais	
	Descarte de Resíduos	Alteração da qualidade do solo, ar e água	
		Ocupação de aterro	
Utilização de Óleo	Utilização de recursos naturais	Esgotamento de recursos naturais	

(Conclusão)

	Vazamento de óleo	Contaminação do solo, água e ar	
	Descarte de Resíduos	Alteração da qualidade do solo, ar e água	
		Ocupação de aterro	
Utilização de Pilhas	Descarte de Pilhas	Alteração da qualidade do solo e água	
Troca de Lâmpadas	Descarte de Lâmpadas	Alteração da qualidade do solo e água	
Troca de EPI's	Descarte de EPI Contaminados	Alteração da qualidade do solo, água e ar	
Verificação de caminhões	Descarte de materiais contaminados (estopa utilizada na verificação do nível do óleo)	Alteração da qualidade do solo, água e ar	
Lavagem de caminhões	Vazamento de óleo	Contaminação do solo e água	
Transporte de cargas	Vazamento de Produto Químico	Danos à vegetação	
	Vazamento de Produto Químico	Alteração da qualidade da água	
	Vazamento de óleo	Contaminação do solo e água	
Lavagem de caminhões	Lançamento de água com resíduos minerais	Contaminação da água	EFLUENTES LÍQUIDOS GERADOS
	Consumo de Água	Utilização de Recursos Naturais	
	Emissão de efluentes	Alteração da qualidade do solo e água	
Transporte de cargas	Emissão de Gases Poluentes	Alteração da qualidade do ar, solo e água	EMISSIONES ATMOSFÉRICAS
Movimentação de caminhões	Emissão de gases poluentes	Alteração da qualidade do ar, solo e água	
	Emissão de CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Efeito estufa	
	Emissão de SO ₂	Chuva ácida	
		Corrosão de materiais	
		Danos à vegetação	
	Emissão de CO	Intoxicação	
	Emissão de NO _x	Chuva ácida	
		Danos à vegetação	
Emissão de Material Particulado	Contaminação do solo, água e ar		
	Danos à vegetação		
Emissão de ruídos	Deterioração da Visibilidade		
		Desconforto/Risco à saúde	

Quadro 2. Aspectos e Impactos Ambientais para o setor de transporte rodoviário.

Fonte: O autor baseado em MOREIRA (2008) e no LAIA da empresa foco do estudo realizado em 2013.

Por meio do levantamento dos aspectos e impactos ambientais que foram identificados dentro do limite de operação estabelecido para esta pesquisa, foi possível verificar no banco de dados da empresa do estudo de caso, quais itens estariam relacionados aos parâmetros classificados em:

- Consumo de combustível;
- Resíduos sólidos gerados;
- Efluentes Líquidos gerados e;
- Emissões Atmosféricas

Através da disponibilização do banco de dados referentes aos 34 caminhões Scania R114 6x2 que compõe a amostra do estudo de caso, foi possível identificar uma série de itens para a análise dos parâmetros que podem auxiliar a estabelecer indicadores de eficiência e desempenho ambiental, para serem inseridos como indicadores SASSMAQ. A análise dos parâmetros referentes a esta classificação proposta acima, será descrita nos capítulos a seguir.

5.3 LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS RELACIONADOS AOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO ESTUDO DE CASO

5.3.1 Consumo de combustível

O consumo de combustível é importante na avaliação para que o mesmo possa ser relacionado com a distância percorrida pelos caminhões.

Foi efetuado o levantamento dos dados relacionados ao consumo de combustível dos 34 caminhões, cuja planilha com os dados completos estão disponíveis no Apêndice 1. Para esta análise foi utilizada a média da quilometragem rodada e a média do consumo de combustível durante os 4 anos pelos 34 caminhões analisados, conforme demonstrado no Figura 2:

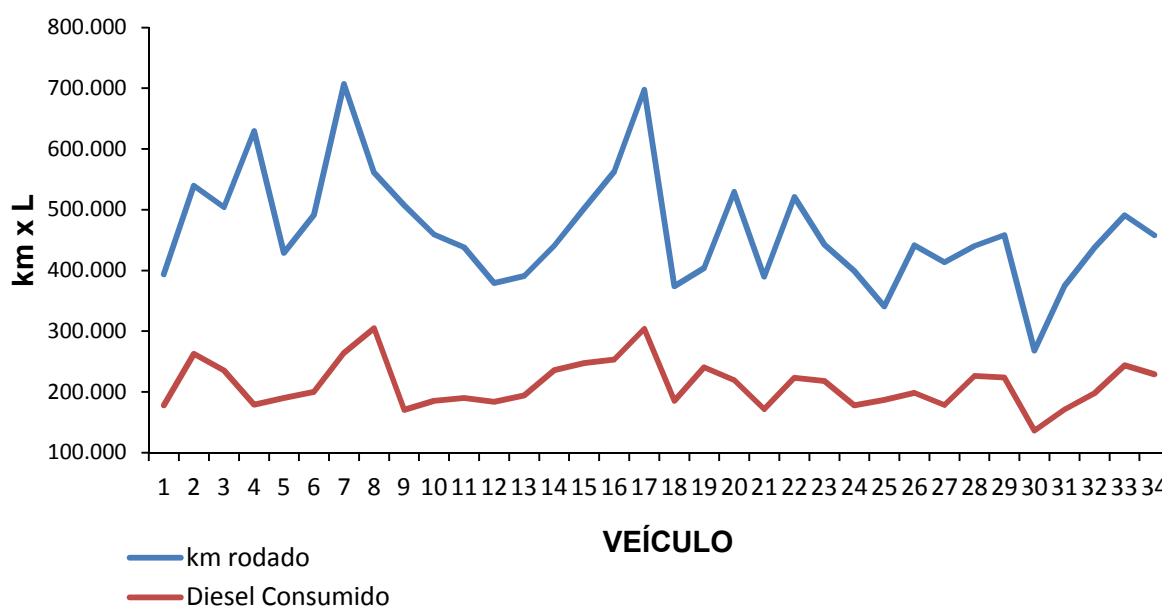


Figura 2. Levantamento de dados: Relação entre km x L no processo Carga-Transporte-Descarga.
Fonte: O autor.

Na Figura 2 pode ser observada a similaridade do processo na relação entre a distância percorrida (km) e óleo diesel consumido (L). Considerando esse resultado percebe-se que, por ser esse um processo estável, é possível desconsiderar a massa transportada para análise dos impactos gerados neste estudo de caso.

A carga transportada pela frota de 34 caminhões são cilindros de gás, abastecidos com o volume máximo. Durante a operação os cilindros cheios são substituídos por vazios, mantendo-se a massa transportada constante na operação carga-transporte-descarga. Dessa forma foi estabelecida esta operação como foco de estudo assim como a frota que realiza esta operação, por ser esta variável considerada estável durante toda a operação.

Foi possível identificar que a frota dos 34 caminhões rodou uma média de 465.428,15 km e a carga transportada teve uma média de 12.374,38 toneladas por caminhão.

Durante o período de operação a frota de caminhões gera resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas. Cada uma delas e seus respectivos parâmetros serão levantados e descritos nos subcapítulos seguintes.

5.3.2 Resíduos sólidos gerados

São considerados resíduos sólidos neste tipo de operação a utilização de metais, borracha, plástico, óleo lubrificantes, pilhas, lâmpadas, produtos químicos, vidros, EPI's que ocorrem durante o processo carga-transporte-descarga e manutenções corretivas e preventivas.

Este tipo de dado pode ser levantado por meio do sistema de controle de manutenção dos veículos e equipamentos durante o período estudado. Foram consideradas as manutenções preventivas estabelecidas no plano de manutenção preventiva da empresa bem como as manutenções corretivas, ocorridas extraordinariamente, ou seja, não planejada.

As planilhas contendo os dados referentes a amostragem utilizada neste estudo de caso está disponível demonstrando as médias referentes a operação de cada caminhão que compõe a amostragem no Apêndice 2.

Considerando-se que, em média, os caminhões rodam cerca de 10.000 km por mês, mais especificamente $9.692 \text{ km.mês}^{-1}$, foi utilizado como referência para os cálculos kg de resíduos sólidos gerados.10.000 km rodado.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos resíduos sólidos gerados durante o período de análise:

Tabela 1 - Levantamento de dados: resultados obtidos para resíduos sólidos.

RESÍDUOS SÓLIDOS (kg)			
	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	kg/10000km
Plástico	582,38	796,64	12,51
Metais	7.292,23	1.704,17	156,75
Borracha	2.530,08	90,49	54,39
Espuma	14,62	15,44	0,31
Madeira	0,00	0,00	0,00
Papel	7,36	8,95	0,16
Óleo lubrificante	189,92	163,13	3,51
Vidro	56,39	26,79	1,21
Produtos químicos	89,37	81,51	1,92
TOTAL	10.187,23		218,98

Fonte: O autor.

Uma das dificuldades durante a análise destes dados está relacionada a variação dos resultados obtidos. Estas variações são geradas em dois momentos: durante o processo de transporte em si e na transposição dos dados para o banco de dados.

Durante o processo de transporte, a operação está sujeita a situações não planejadas, tais como acidentes, incidentes e intempéries ambientais. Além disso, o desempenho do caminhão está diretamente relacionado aos cuidados do motorista. Estas variações impactam nos dados analisados durante este estudo quando resultam em necessidades de manutenções corretivas, seja após um acidente ocorrido com o caminhão, por exemplo um pára-brisas quebrado, seja por descuido do motorista com o caminhão durante a operação, por exemplo um banco quebrado.

Na transposição de dados para o banco de dados não foi estabelecida uma sistemática para seu preenchimento. Considerando que o estudo foi desenvolvido em unidades distintas (PR, RS, SP), esta sistemática foi implantada por unidade, não sendo padronizada, por exemplo: algumas unidades incluem-se a informação quanto a troca de óleos de forma genérica; outras unidades relacionam os tipos de óleos trocados e volume utilizado. Estas informações poderiam ser obtidas através de registros de notas fiscais, porém, sendo o objetivo deste estudo analisar a utilização do banco de dados disponível para a elaboração de indicadores, optou-se por manter as informações disponíveis nestes bancos de dados.

O plástico é uma composição utilizada em diferentes peças aplicadas ao caminhão e possui uma irregularidade na sua geração durante a manutenção corretiva ou preventiva dos caminhões, o que pode ser observado pela análise do banco de dados da frota que compõe a amostragem e fica evidenciado pelo desvio padrão (796,64 kg), que se mostra muito alto para a média (582,38 kg) apresentada. Este resultado demonstra que o resíduo plástico gerado na operação carga-transporte-descarga, não serve como indicador por ter um desvio padrão maior do que a média produzida.

Outro item que apresenta variação tanto na composição das peças substituídas como sua geração como resíduo sólido é o metal, cuja média de geração ficou em 7.292,23 kg e o desvio padrão foi de 1.704,17 kg. O desvio padrão alto em relação à média apresentada, indica que o metal também não se mostra como elemento consistente para um indicador.

A fonte de maior geração foi a de borracha e durante o processo de operação do caminhão ficou constatado que é o pneu a origem. Para a classificação dos pneus, de acordo com Moraes (2002) e Cimino (2004), foi considerada como base de cálculo sua composição como 60% sendo constituída por metais e 40% de sua composição de borracha e peso total de 67,5 kg.

A geração média de borracha ficou em 2.530,08 kg, sendo o desvio padrão de 90,49 kg, o que demonstra o potencial deste resíduo sólido como indicador.

Para alguns itens, como por exemplo, a espuma, percebem-se variações significativas conforme resultados apresentados na Tabela 1 do Apêndice 2, que podem estar ligado, por exemplo, a troca do banco do motorista. Esta troca está diretamente relacionada com os cuidados do motorista, peso do motorista, rotas utilizadas, entre outros fatores. A média de geração de espuma foi de 14,62 kg e o desvio de 15,44 kg, demonstrando claramente que este tipo de resíduo não pode servir de indicador.

Da mesma forma que a espuma, o resíduo de papel também não se mostrou capaz de fornecer um indicador. A média obtida foi de 7,36 kg e o desvio padrão foi de 8,95 kg. O papel é gerado principalmente a partir da substituição de alguns tipos de filtros durante a manutenção preventiva do caminhão e nesta pesquisa constatou-se a irregularidade na apresentação deste dado no apontamento do mesmo no banco de dados avaliado, principalmente devido à ausência de detalhes em sua descrição.

O óleo lubrificante também não se mostrou um bom indicador. A sua média foi de 189,92 kg e o desvio padrão de 163,13 kg. O óleo lubrificante é substituído durante a manutenção preventiva e sua descrição no banco de dados resume-se a “manutenção preventiva”, o que dificulta o rastreamento por tipo e quantidade de óleo, dando inconsistência aos valores obtidos por meio do banco de dados avaliado.

A geração de resíduos de vidro tem como origem a substituição de lâmpadas que se relaciona ao tempo e condições de uso. Também podem ser originadas a partir de algum acidente ocorrido durante a operação, portanto não previsto. Este tipo de resíduo gerado também não se mostrou um bom indicador por apresentar uma média de 56,39 kg e um desvio alto de 26,79 Kg, ou seja, mais que 50% da média obtida.

São considerados produtos químicos os aditivos utilizados para a manutenção do caminhão, tintas e vernizes utilizados como identificação ou originadas na necessidade de manutenção do caminhão. Por estar relacionado às condições de operações ou acidentes durante a operação, este item apresenta instabilidade de geração entre os caminhões analisados durante o estudo de caso, o que fica evidenciado na média de geração de 89,37 kg apresentando um desvio padrão de 81,51 kg.

Portanto, em relação aos resíduos sólidos gerados durante a operação carga-transporte-descarga, nesta pesquisa, com o levantamento de dados realizado, apenas a borracha se mostrou com potencial para ser um indicador, que poderia ser inserido na classificação da ecoeficiência. O pneu, que origina este resíduo, é um item importante para o setor de transporte e já existem algumas ferramentas que conseguem auxiliar no monitoramento desta peça, tais como medidores do flanco do pneu, garantindo que a profundidade das cavidades correspondentes da banda de rodagem está dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria INMETRO nº 205, ou seja, de 1,6 mm (BRASIL, 2008a). Portanto, a borracha se mostra como parâmetro importante e possível de ser monitorado.

Quanto à transposição dos dados, nota-se que não há padronização na inserção destas informações, como, por exemplo: para algumas notas, o operador inclui as informações detalhadas conforme Nota Fiscal. Em outros momentos, esta informação é indicada apenas como manutenção preventiva ou corretiva.

Eventualmente podem ocorrer erros de digitação, que são percebidos quando se refere, por exemplo, ao controle de quilometragem. Em alguns momentos estas informações não demonstram valores crescentes, como esperado, o que é facilmente percebido durante a análise do banco de dados. Caso esses dados tenham apresentado falhas em outros momentos da transposição de dados, a única maneira de se identificar esta falha seria através da análise das Notas Fiscais e Ordens de Serviços geradas.

Existem algumas ferramentas que já estão inseridas no banco de dados que acusam falhas na transposição destes dados, informando inclusive as divergências. Isto foi evidenciado no início do processo (2008-2009) quando a demanda para a correção destas divergências eram manuais no banco de dados utilizado para o estudo de caso. Após a otimização da sistemática deste processo, estas informações são corrigidas imediatamente através da verificação da Nota Fiscal.

Outro item levantado nesta pesquisa é a importância do treinamento e capacitação dos funcionários que inserem os dados no banco de dados, assim como a padronização dos registros nas Notas Fiscais.

5.3.3 Efluentes líquidos gerados

São considerados efluentes líquidos gerados a água proveniente da lavagem da frota. Foram utilizados os dados obtidos pelo sistema de controle de manutenção dos veículos e equipamentos durante o período estudado.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos efluentes líquidos gerados durante o período de análise:

Tabela 2 - Levantamento de dados: resultado dos efluentes líquidos.

RESÍDUOS LÍQUIDOS (kg)			
	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	Kg.10000km ⁻¹
Lavação	36.000,00	0,00	773,48

Fonte: O autor.

Para o processo de lavagem, houve dificuldade no levantamento de informações devido ao perfil do prestador de serviços nesta área. As empresas entrevistadas possui grande demanda de veículos para lavagem, não se limitando a caminhões. Além disso, normalmente não possui controles implantados para o monitoramento da atividade desenvolvida relacionado ao consumo de água, limitando-se ao monitoramento de entradas (valores) e saídas (conta de água).

Buscou-se como alternativa para o levantamento deste dado, a visita técnica a uma montadora de caminhões. Após o caminhão montado, como um dos últimos testes aplicados para análise de seu desempenho, é feito o teste de infiltração, onde o caminhão é posicionado em uma cabine controlada e jatos de água são direcionados em sua carroceria, sendo controlada a força e o tempo do jato. Para este teste é utilizado 36.000 litros de água por caminhão. Optou-se por utilizar este dado, por ser este o único dado consistente e que pode dar um respaldo para análise deste parâmetro.

5.3.4 Emissões atmosféricas geradas

As emissões atmosféricas são originadas a partir da queima de combustível durante a operação de transporte. Foi utilizado o Programa Brasileiro GHG Protocol (2013) para o cálculo destas emissões, considerando o Escopo 1 por ser a fonte de estudo de emissão controlada pela organização.

Na Tabela 3 são apresentadas as emissões atmosféricas geradas durante o período de análise:

Tabela 3 - Levantamento de dados: dados gerados para emissões atmosféricas.

EMISSÕES ATMOSFÉRICAS			
	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	Kg.10000km ⁻¹
CO ₂	537.514,03	81.484,16	11.548,81
CH ₄	27,88	4,23	0,60
N ₂ O	27,88	4,23	0,60
CO ₂ e (kg)	546.741,69		11.747,07

Fonte: O autor.

Para o cálculo de emissões atmosféricas foi considerado o consumo de diesel durante o período de estudo entre os anos de 2008 a 2012. Para este item os dados se mostraram mais estáveis, o que é confirmado pelo cálculo do consumo de diesel em km.L⁻¹. O valor obtido, 2,21 km.L⁻¹, está adequado ao controle efetuado pela empresa, que possui como meta valores acima de 2,0 km.L⁻¹.

Conforme Resolução Conama 403, de 11/11/2008, a partir de 01/01/2012 os limites máximos de emissão de poluentes para motores do ciclo diesel devem atender a fase P-7 do Programa de Controle de Poluição de Ar por Veículos Automotores – PROCONVE. Esses limites são estabelecidos em g.kWh⁻¹ determinados conforme métodos e procedimentos determinados pelo IBAMA a serem apresentados por fabricantes ou importadores destes motores (BRASIL, 2008b).

A utilização da ferramenta GHG Protocol passa a ser uma alternativa para o monitoramento mensal das emissões geradas por caminhão como forma proativa para atendimento a legislação a partir da definição de limites máximos estabelecidos em kg.10.000 km⁻¹.

Foi efetuado o levantamento dos dados relacionados ao teste de opacidade como um indicativo da qualidade da combustão, demonstrando que o funcionamento do motor está adequado, provocando a queima completa do combustível, conforme Figura 3.

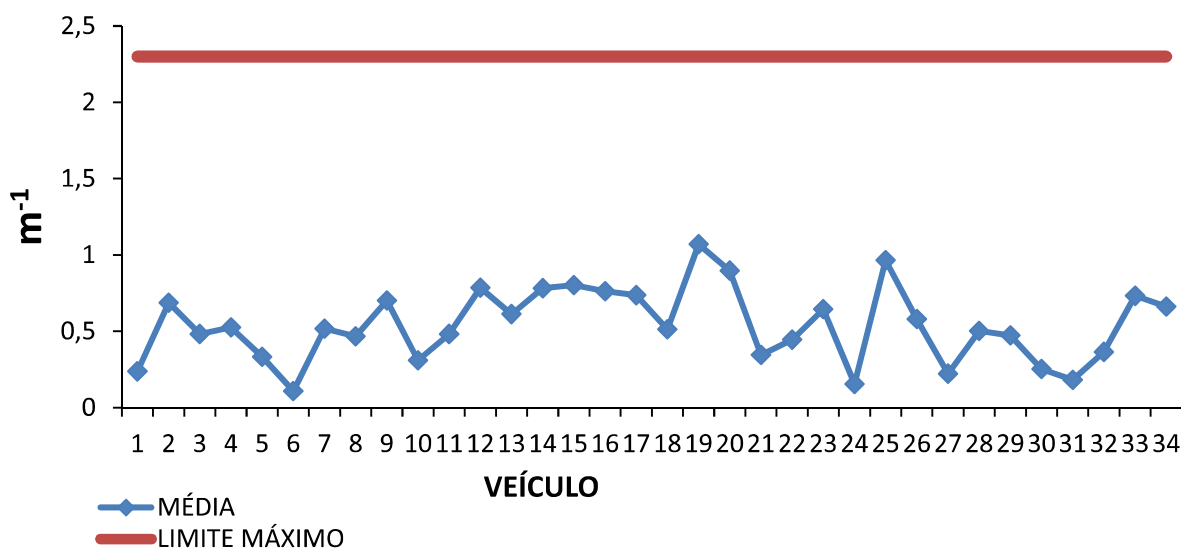


Figura 3. Teste de Opacidade.
Fonte: O autor.

Os resultados obtidos pelos testes de opacidade realizados anualmente por laboratório credenciado para este tipo de atividade demonstram que a manutenção corretiva adequada mantém os valores abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 418 (BRASIL, 2009b), que especifica o valor máximo de 2,3 m⁻¹.

5.4 ANALISAR E AVALIAR OS INDICADORES APLICADOS E PROPOR A INSERÇÃO DE NOVOS PARÂMETROS PARA COMPOR OS INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA E SASSMAQ

O SASSMAQ possui 19 itens mandatórios relacionados ao meio ambiente, conforme indicados no Anexo 3, que devem ser atendidos em sua integridade. Para os itens relacionados ao foco do estudo de caso, ou seja, na operação carga-

transporte-descarga, que foi objeto desta pesquisa, estão estabelecidos os seguintes itens:

- Existe o cumprimento da Lei da Fumaça Preta por meio da aplicação dos testes de opacidade ou equivalente (frota própria)? - Item 2.4.1.2
- Uma verificação frequente de obediência a critérios de projeto quanto à emissão de fumaça é parte da inspeção geral (frota própria)? - Item 2.4.1.3
- Existe o cumprimento da Lei da Fumaça Preta por meio da aplicação dos testes de opacidade ou equivalente (subcontratados)? - Item 2.4.2.2
- Uma verificação frequente de obediência a critérios de projeto quanto à emissão de fumaça é parte da inspeção geral (subcontratados)? - Item 2.4.2.3
- São mantidos registros de disposição de resíduos, conforme exigido pela legislação? - Item 2.4.3.2
- Atendimento às legislações relativas a emissão de ruídos? - Item 3.1.1.2g
- Atendimento às legislações de emissão de gases? - Item 3.1.1.2h

O cumprimento da Lei da Fumaça Preta conforme Portaria IBAMA 85 de 1996, para a operação carga-transporte-descarga, foi detalhada no item 6.3.4, e demonstrou que a frota que compõem o estudo de caso está dentro do limite indicado pela referida lei.

No item controle de destinação de resíduos sólidos, foi realizado o levantamento dos tipos de resíduos sólidos gerados durante a operação carga-transporte-descarga identificados por: plásticos, metais, borracha, espuma, madeira, papel, óleo lubrificante, vidro e produtos químicos. Este tipo de levantamento não é realizado de forma rotineira e detalhada para cada tipo de operação. O que ocorre com frequência é a separação e classificação destes resíduos no setor de manutenção da frota da empresa e então são enviados para a destinação adequada de acordo com a classificação dos resíduos em recicláveis, não recicláveis inertes, produtos perigosos. O detalhamento da produção de resíduos sólidos por tipo de operação foi realizada especificamente para esta pesquisa, conforme foi descrita no capítulo 6.3. e o detalhamento da mesma por caminhão (n=34) para cada 4 anos de operação durante o período de 2008 a 2012, consta no Apêndice 2.

O controle dos efluentes líquidos também é considerado rotineiro, através do controle de lavagem dos caminhões, e faz parte do final da operação carga-

transporte-descarga. Na empresa do estudo de caso, esta atividade é realizada por terceirizados.

Quanto à emissão de ruídos foi efetuado o levantamento dos dados relacionados ao teste de ruído para os 34 caminhões, conforme Figura 4, na qual está indicada a média obtida pelos testes durante o período de atividade compreendido entre os anos de 2008 a 2012.

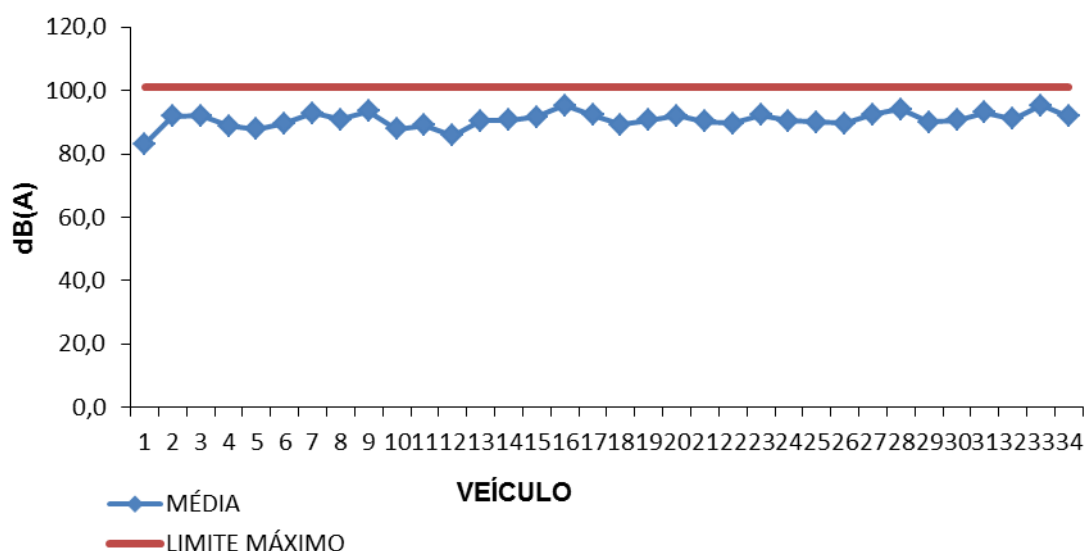


Figura 4. Teste de Ruídos.
Fonte: O autor.

Os resultados obtidos pelos testes de ruído realizados anualmente demonstram que a manutenção corretiva adequada mantém os valores abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA nº. 418 (BRASIL, 2009b), que especifica o valor máximo de 101 dB(A).

A emissão de ruídos no caminhão pode ser originada pelo motor e sistema de escape ou pelo pneu, que surge como consequência do processo de rolamento sobre a superfície da estrada. O ruído dos pneus depende das condições de condução e velocidade do veículo. Para veículos pesados típicos, o ruído do motor predomina para velocidades abaixo de 60 km.h^{-1} , enquanto que em velocidades mais altas, o ruído de rolamento é a principal contribuição para a geração de ruído. O cumprimento do limite de velocidade, segundo Mayer (2012), estabelecido através da legislação é, portanto, uma medida eficaz para controle de ruído.

A emissão de gases de efeito estufa foi calculada a partir do controle de consumo de combustível durante os 4 anos avaliados (ano 2008-2012) para a

operação carga-transporte-descarga, detalhada no item 6.3.4, utilizando a ferramenta GHG Protocol disponível e reconhecida internacionalmente (PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL, 2013) e aceita como ferramenta adequada para este tipo de avaliação.

Portanto, para o limite da operação carga-transporte-descarga, foram analisados e avaliados os itens mandatórios do SASSMAQ a fim de identificar parâmetros para o auxílio na composição de indicadores de ecoeficiência e desempenho ambiental que possam ser acrescentados e assim qualificados no SASSMAQ.

Segundo Garcias (2001), o indicador é a informação que explicita o atributo que permite a qualificação das condições dos serviços, sejam eles ambientais estruturais ou sociais. A importância de ter indicadores de ecoeficiência no SASSMAQ vem de encontro com o conceito de sustentabilidade, o qual está baseado no tripé ambiental-econômico-social.

Segundo Salgado (2004), o principal objetivo da ecoeficiência é melhorar o desempenho da atividade e monitorá-lo com medições transparentes, verificáveis e, conseqüentemente relevantes, tanto para os gestores, como para as diversas partes interessadas. Já indicadores de desempenho ambiental indicam resultados reais ou esperados de programas ou projetos ambientais, e destinam-se a medir a sua eficácia.

Tendo em vista que o sistema de transporte rodoviário exerce papel fundamental na economia mundial e no Brasil é uma das formas mais utilizadas de movimentação de cargas (BRASILEIRO; HIRATSUKA, 2009) fica clara a importância da aplicação de indicadores de ecoeficiência visando não somente o cenário econômico como também o ambiental.

O SASSMAQ ainda não possui indicadores de ecoeficiência na sua versão atualizada, e esta poderia ser uma importante contribuição para o entendimento e visualização de potenciais projetos que possam auxiliar na redução de impactos gerados neste tipo de operação, os quais já foram apresentados no Quadro 2 - Aspectos e Impactos Ambientais para o setor de transporte rodoviário, do capítulo 6.2. Esta proposta de indicadores de ecoeficiência e desempenho ambiental para o SASSMAQ poderia ser aplicada para todo o setor de transporte de produtos perigosos.

Foi realizado o levantamento dos Indicadores de Desempenho de Saúde e Segurança do Trabalho – SST e Indicadores de Desempenho de Transporte e Distribuição – TRADI do SASSMAQ a fim de identificar a existência de indicadores que poderiam, de alguma forma, serem classificados como Indicadores de Ecoeficiência ou de Desempenho Ambiental, tendo como referência os seguintes parâmetros: consumo de combustível; resíduos sólidos gerados; resíduos líquidos gerados e emissões atmosféricas.

No Quadro 3 constam os indicadores SASSMAQ para SST e TRADI.

Indicadores de Desempenho de Saúde e Segurança no Trabalho - SST	Indicadores de Desempenho de Transporte e Distribuição - TRADI
1. Horas-homem de exposição ao risco	1. Número de viagens totais
2. Número de acidentes típicos, com afastamento	2. Tonelagem total transportada pela empresa
3. Número de acidentes típicos, sem afastamento	3. Quilometragem total
4. Dias perdidos correspondentes aos acidentes típicos	4. Consumo de óleo diesel
5. Dias debitados correspondentes aos acidentes	5. Relação entre a quilometragem rodada no transporte de produtos químicos e litros consumidos de óleo diesel
6. Taxa de Frequência de Acidentes Típicos com Afastamento	6. Número de acidentes no transporte com vazamento da carga transportada.
7. Taxa de Gravidade de Acidentes Típicos	7. Número de acidentes no transporte, com morte, ferimentos sérios ou relevante impacto ambiental - frota
8. Número de Óbitos em função de Acidente de Trabalho	8. Número de acidentes no transporte de produtos químicos sem vazamento da carga transportada
9. Número de Acidentes Incapacitantes	9. Número de acidentes com morte, ferimentos sérios ou relevante impacto ambiental - subcontratados

Quadro 3. Indicadores de Desempenho.

Fonte: Adaptado de SASSMAQ (2005).

No Quadro 4 foram relacionados aqueles indicadores já existentes e que poderiam, por suas características e aderência aos parâmetros apresentados na pesquisa, pertencer ou migrar para a nova classificação proposta de Indicadores de Ecoeficiência e Desempenho Ambiental para o SASSMAQ.

Indicadores de Ecoeficiência e Desempenho Ambiental – SASSMAQ (RECLASSIFICAÇÃO)
1. Consumo de óleo diesel (TRADI)
2. Relação entre a quilometragem rodada no transporte de produtos químicos e litros consumidos de óleo diesel (TRADI)
3. Número de acidentes no transporte, com morte, ferimentos sérios ou relevante impacto ambiental – frota (TRADI)
4. Número de acidentes com morte, ferimentos sérios ou relevante impacto ambiental – subcontratados (TRADI)

Quadro 4. Indicadores de Ecoeficiência e Desempenho Ambiental.
Fonte: Adaptado de SASSMAQ (2005).

Pelo Quadro 4 é possível observar que 4 indicadores de desempenho do TRADI, por suas características, poderiam se encaixar na proposta dos Indicadores de Ecoeficiência.

O Indicador de desempenho TRADI - consumo de óleo diesel é um dos elementos principais envolvidos em todo o setor de transporte, justamente por ser a matriz energética do setor. O combustível Diesel tem associação direta com a questão ambiental devido ao esgotamento de recursos naturais, emissões de gases de efeito estufa e alteração na qualidade do ar, água e solo.

O Indicador de Desempenho TRADI - relação entre a quilometragem rodada no transporte de produtos químicos e litros consumidos de óleo diesel, tem exatamente a mesma correlação que foi citada no parágrafo acima, devido ao consumo de Diesel, e por esta razão poderia migrar para a nova classificação proposta por esta pesquisa, dos Indicadores de Ecoeficiência.

Em relação ao Indicador de Desempenho TRADI - número de acidentes no transporte, com morte, ferimentos sérios ou relevante impacto ambiental – frota, e número de acidentes com morte, ferimentos sérios ou relevante impacto ambiental – subcontratados, ambos indicam a forte correlação com a alteração da qualidade da água, solo e ar, em caso de acidente com produtos químicos e portanto, também poderiam migrar para a nova classificação dos Indicadores de Desempenho Ambiental.

No Quadro 5 estão relacionados os Indicadores de Ecoeficiência e Desempenho Ambiental proposto após desenvolvimento do estudo.

Indicadores de Ecoeficiência e Desempenho Ambiental – PROPOSTA DA PESQUISA
1. Emissão de CO _{2e}
2. Consumo de pneus
3. Treinamento anual de direção econômica
4. Horas de caminhão em operação
5. Horas de manutenção preventiva do caminhão

Quadro 5. Proposta para Indicadores de Ecoeficiência e Desempenho Ambiental.
Fonte: O autor.

Foi considerada para a proposta destes indicadores a viabilidade da coleta dos dados para a sua composição.

Ficou evidenciada que a questão voltada para as emissões de gases de efeito estufa pode gerar um indicador de ecoeficiência que seria a Emissão de CO_{2e}. Utilizando a ferramenta GHG Protocol disponível e reconhecida internacionalmente (PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL, 2013) aceita como ferramenta adequada para este tipo de avaliação, facilita o levantamento das empresas de transporte, considerando-se que os dados de entrada para esta ferramenta estão relacionados ao controle de consumo de combustível, prática já bastante sedimentada por este tipo de atividade. A contabilização dos gases de efeito estufa se torna importante para o conhecimento do setor de transporte, para identificar a contribuição do mesmo, buscando assim o controle e o entendimento de seus impactos ao meio ambiente relacionado às mudanças climáticas.

Por meio desta pesquisa, a geração de borracha se mostrou o parâmetro com maior estabilidade em relação à média produzida durante os quatro anos (ano 2008-2012) pela frota de 34 caminhões que possuem o mesmo padrão tanto em tipo de caminhão como carga transportada. A borracha é proveniente, em sua maior parte, do descarte dos pneus, elemento este que já é monitorado pelas empresas, por ter uma relação custo-benefício alta para o setor. Segundo Milanez e Bührsb (2009), o comportamento de condução e negligência no controle da pressão dos pneus são os principais fatores que influenciam no desempenho ambiental na fase de consumo de pneus.

Portanto, a geração de borracha pode ser inserida como um bom indicador de ecoeficiência, pelo custo-benefício relacionado para o setor de transporte, assim

como os impactos ambientais que o mesmo gera (esgotamento de recursos naturais) tanto durante o processo de operação como no descarte (alteração da qualidade do ar, água e solo e ocupação de aterro).

Por ser o consumo de pneus já monitorado pelo setor devido a sua relação direta com a produtividade da operação, com as informações constantes neste monitoramento é possível transformá-lo em indicador a ser apresentado a alta administração da organização com objetivo de avaliar não somente a produtividade da operação mas também a minimização dos impactos ambientais relacionados.

Como o consumo da borracha do pneu tem uma relação direta com o comportamento de condução do caminhão, sugere-se também como indicadores o treinamento anual de direção econômica, horas de caminhão em operação e horas de manutenção preventiva do caminhão. Esses indicadores foram propostos a partir de entrevista com um informante qualificado, que foi o gestor de manutenção da organização foco deste estudo, por meio da apresentação e discussão dos dados obtidos pela pesquisa.

Considerando a experiência do gestor de manutenção na atividade de transportes de carga pesada, foi possível relacionar a importância de treinamentos anuais em direção econômica para a minimização de impactos ambientais gerados a partir da operação adequada do caminhão durante o processo carga-transporte-descarga. Segundo Thijssen *et al* (2014), a Direção Econômica auxilia na redução do impacto ambiental negativo dos combustíveis fósseis; redução da dependência do petróleo e de países produtores de petróleo; e redução dos custos de combustível.

6 CONCLUSOES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos por esta pesquisa para o processo de carga-transporte-descarga confirmam a possibilidade da implementação de uma nova classificação para o SASSMAQ para indicadores de ecoeficiência visando melhorar o desempenho do sistema para atender os requisitos ambientais referentes à utilização de recursos materiais e energéticos.

Atualmente, os indicadores estabelecidos para o SASSMAQ limitam-se ao Desempenho de Saúde e Segurança no Trabalho - SST e Desempenho de Transporte e Distribuição - TRADI.

Considerando a proposta deste estudo de caso, as organizações prestadoras de serviços para transporte e armazenamento de produtos perigosos estarão monitorando e controlando o Desempenho Ambiental de suas atividades, contribuindo não somente para a minimização dos impactos ambientais do seu setor como também com a otimização dos recursos aplicados para o desenvolvimento de sua atividade o que está relacionado à ecoeficiência.

Nesta pesquisa foram levantados e propostos pelo menos 5 Indicadores de Ecoeficiência e Desempenho Ambiental que ainda não estavam de alguma forma evidenciados no SASSMAQ, e sugere-se que 4 dos indicadores do TRADI migrem para esta nova classificação. Portanto, a pesquisa indica a possibilidade de uma nova classificação de Indicadores de Ecoeficiência e Desempenho Ambiental com 9 indicadores que podem ser monitorados pelas empresas.

Também foi identificada, durante a pesquisa, que algumas ações podem ser sugeridas para a organização, como o uso consciente do banco de dados disponível, através da capacitação aos operadores deste sistema de tal maneira a obter informações consistentes quanto ao consumo de peças e fluídos e, como resultado, a otimização da gestão de compras pela organização.

7 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante dos resultados apresentados, e tendo-se em vista que a amostragem limitou-se a uma organização, apesar de ser esta dividida em unidades com gestão independente, sugere-se que seja ampliada a amostragem, estendendo-a a outras organizações, visando a busca de padrões de geração e, conseqüentemente, referências para objetivos ambientais a serem alcançados.

Considera-se interessante também a quantificação de benefícios econômicos relacionados a otimização destes processos, bem como para a disposição adequada dos resíduos gerados.

Estudos relacionados a minimização de impactos ambientais devem ser mantidos de forma contínua, trazendo a oportunidade de melhorar os diversos sistemas produtivos, como por exemplo empresas de lavagem de veículos e auto mecânicas, para atender os requisitos ambientais referentes à utilização de recursos materiais e energéticos.

REFERÊNCIAS

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. **SASSMAQ**. Disponível em: <<http://canais.abiquim.org.br/sassmaq/>> Acesso em 10 dez. 2013.

AMARAL, S. P. **Estabelecimento de indicadores e modelo de relatório de sustentabilidade ambiental, social e econômica**: uma proposta para a indústria de petróleo brasileira. 2003 250f. Tese (Doutorado em Engenharia) Universidade Federal Do Rio De Janeiro. 2003.

AMERICAN TRUCK ASSOCIATION (ATA). **Recommendations for a cleaner Tomorrow**.

Disponível em: <<http://www.trucksdeliver.org/recommendations/index.html>>. Acesso em: 24 mai. 2012.

ANTT. **O Transporte Terrestre de Produtos Perigosos no Mercosul**. 2012.

Disponível em: <http://www.antt.gov.br/html/objects/_downloadblob.php?cod_blob=3371>. Acesso em: 24 mai. 2012.

APROMAC - ASSOCIAÇÃO DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE DE CIANORTE. Guia Básico. **Gerenciamento de Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados**. Disponível em: <http://www.apromac.org.br/OLEO_LUBRIFICANTE_USADO_GUIA.pdf>. Acesso em 24 mai. 2012.

ARAÚJO, G. M. **Regulamentação do transporte terrestre de produtos perigosos comentada**.. 1. ed. Rio de Janeiro. Editora Gerenciamento Verde. 2001.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2 ed. Porto Alegre, Bookman. 2009.

BALLIANA JR, G. **Gestão ambiental em empresas de transporte rodoviário de cargas na grande Curitiba**. 2010. 172f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental). Universidade Positivo. Curitiba, 2010.

BAILEY, D; SOLOMON, G. Pollution prevention at ports: clearing the air. **Environmental Impact Assessment Review**, v.24, n.7-8, pp.749-774, 2004.

BARBIERI, José Carlos. **Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21**. 7. ed., rev e atual. Petrópolis, RJ: Vozes, 159 p. 2005.

BARTHOLOMEU, D. B. **Potencial da negociação de crédito de carbono a partir da avaliação de trajetos alternativos para uma mesma rota rodoviária: um estudo de caso no estado de São Paulo.** 2001. 95f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Ciências Econômicas) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa.** Rio de Janeiro: Editora FGV. 256 p. 2007.

BLAUA, P. J., JOLLYB, B. C. Wear of truck brake lining materials using three different test methods. **Wear**, v. 259, n. 7, pp. 1022-1030, 2005.

BRASIL. **Portaria IBAMA nº 85 de 17 de outubro de 1996.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasil, BR, 21 de outubro de 1996.

_____. **Resolução nº 420 de 12 de fevereiro de 2004.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasil, BR, 13 de maio de 2004.

_____. **Portaria INMETRO nº 205, de 17 de junho de 2008.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasil, BR, 19 de junho de 2008a.

_____. **Resolução Conama nº 403 de 11 de novembro de 2008.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasil, BR, 12 de novembro de 2008b.

_____. **Resolução Conama nº 418 de 25 de novembro de 2009.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasil, BR, 26 de novembro de 2009b.

_____. **Resolução ANP nº 20 de 18 de junho de 2009.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasil, BR, 19 de junho de 2009 a.

_____. **Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNLT.** Ministério dos Transportes. Secretaria de Política Nacional de Transportes – SPNT/MT. Brasília, 2012.

BRASILEIRO, L. A., HIRATSUKA, A. **Análise ambiental de transporte multimodal.** Revista dos Transportes Públicos - ANTP - Ano 32. 3º quadrimestre. 2009.

CARVALHO, R. A. **Transporte terrestre de produtos perigosos. Programa de Desenvolvimento Profissional para Executivos.** Instituto Paulista de Ensino e Pesquisa – IPEP. 2001.

CASTILLO, H; PITFIELD, D. E. ELASTIC. A methodological framework for identifying and selecting sustainable transport indicators. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 15, n. 4, pp. 179-188, 2010.

CETESB (São Paulo). **Emissões veiculares no estado de São Paulo 2011/** CETESB; coordenação geral Eduardo Luis Serpa; coordenação técnica Vanderlei Borsari, Marcelo Pereira Bales; elaboração Marcelo Pereira Bales [et al.]. São Paulo: CETESB, 2012.

CNI (Confederação Nacional da Indústria); SESI (Serviço Social da Indústria Departamento Nacional) **Responsabilidade Social e Cidadania Conceitos e Ferramentas.** 199 p. Brasília, BR, 2008.

CIMINO, M. A. **Gerenciamento de Pneumáticos Inservíveis: Análise Crítica de Procedimentos Operacionais e Tecnologias para Minimização, Adotados no Território Nacional.** 2004. 192f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CNT/COPPEAD. **Transporte de Cargas no Brasil: Ameaças e Oportunidades para o Desenvolvimento do País - Diagnóstico e Plano de Ação.** Confederação Nacional dos Transportes, Brasil, 2003.
Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/>>. Acesso em 14 jun 2014.

CUNHA, W. de C. **Análise do Transporte de Produtos Perigosos no Brasil.** 2009.201 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Conselho Regional de Química – IV Região. **Transporte de Produtos Perigosos.** Disponível em: <http://crq4.org.br/default.php?p=texto.php&c=quimicaviva_transporte_produtos_perigosos_areas_at>. Acesso em 10 dez. 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO - DENATRAN (Brasil). **Registro nacional de veículos automotores - RENAVAN. 2010.** Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2010.

DNIT-DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual para implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos**. Publicação IPR-716, Rio de Janeiro. 2005.

ERIKSSON, E.; BUNGE, M.; LOUGRER, G. Life cycle assessment of the road transport sector. **The Science of the Total Environment**. Sweden, v.189-190, pp.69-76, 1996.

Environment Canada. **Petroleum Industry Activity Guidelines for Wildlife Species at Risk in the Prairie and Northern Region**. Canadian Wildlife Service, Environment Canada, Prairie and Northern Region, Edmonton Alberta. 64p. 2009.

GAINES, L.; VYAS, A.; ANDERSON, J. L. Estimation of Fuel Use by Idling Commercial Trucks. **85th Annual Meeting of the Transportation Research Board**, Washington, D.C. January 22–26, 2006.

GARCIAS, C. M. **Indicadores de qualidade ambiental urbana** In MAIA, N. B. MARTOS, H. L., BARRELLA, W. Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 285 p. 2001.

GUERREIRO, C. **Indicadores de desenvolvimento sustentável, aplicados em sistema de informação geográfica (SIG)**, para o litoral norte da Bahia. 2004. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável). Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília. 2004

HAGHSHENAS, H., VAZIRI, M. **Urban sustainable transportation indicators for global comparison**. *Ecological Indicators* v.15, p.115-121, 2012.

HEINZEN, D. M.; CAMPOS, L., M., S.; MIGUEL, P., A., C. **Um estudo sobre a utilização de Indicadores de Desempenho Ambiental em SGAs**. Cleaner production initiatives and challenges for a sustainable world. São Paulo, 2011.

HERB, C; PITFIELD, D. E. ELASTIC. A methodological framework for identifying and selecting sustainable transport indicators. **Transportation Research Part D**; v.15, pp.179–188, 2010.

HOLMBERG, K.; ANDERSSON, P.; ERDEMIR, A. Global energy consumption due to friction in passenger cars. **Tribology International**, v. 47, pp. 221-234, 2012.

LACERDA, L. P. **Pneus descartados no Brasil – subsídios para uma reflexão sobre o problema na Bahia**. 2001. 59 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria – Ênfase em Produção Limpa). Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.

LEAL JR., I. C. O transporte rodoviário de produtos perigosos e os seus impactos no meio ambiente. **XIII SIMPEP** - Bauru, SP, Brasil. 2006.

LEAL JUNIOR, I. C. **Método de escolha modal para transporte de produtos perigosos com base em medidas de ecoeficiência**. 2010. 202 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

LOUREIRO, L. N. **Panorâmica sobre Emissões Atmosféricas Estudo de Caso: Avaliação do Inventário Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro para Fontes Móveis**. 2005. 171 f. Tese (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) Programa de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

MANAHAN, S.E. **Environmental Chemistry**. 7 ed. New York, CRC Press LLC.2000.

MARQUES, Valdo S. O efeito estufa e o aquecimento global. **Anu. Inst. Geocienc.** [online]. vol.15, pp. 93-106. 1992.

MARQUES, F. M. R.; MARCOVITCH, J. Proposta de um modelo de geração de valor para as empresas distribuidoras de gás natural canalizado em uma economia de baixo carbono. **Revista de Administração IMED**, v. 4, n. 1, pp.98-122. 2014.

MATTOS, L. B. R. **A Importância do Setor de Transportes na Emissão de Gases do Efeito Estufa – O Caso do Município do Rio de Janeiro**. 2001. 222f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2001.

MAYER, R.M. *et al.* Reducing the environmental impact of road and rail vehicles. **Environmental Impact Assessment Review**, v.32, pp.25–32. 2012.

MENEZES E. W.; CATALUÑA, R. Amostragem do material particulado e fração orgânica volátil das emissões em motor ciclo diesel sem a utilização de túnel de diluição. **Química Nova**, v.31, n.18, pp.2027-2030, 2008.

MILANEZ, B.; BÜHRS, T. Extended producer responsibility in Brazil: the case of tyre waste. **Journal of Cleaner Production**. v.17, n.6, pp. 608-615. 2009.

MORAES, N. G. **Avaliação das Tendências da Demanda de Energia no Setor de Transportes no Brasil**, Rio de Janeiro, 2005.178 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 2005.

MORAIS, C. M. P. **Reciclagem de pneus-viabilidade de aplicação de alternativas para utilização de pneus usados em grande escala**. 2002. 112 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) Universidade de São Paulo. Departamento de Saúde Ambiental. São Paulo. 2002.

MOREIRA, M. S. **Estratégia e Implantação do Sistema de Gestão Ambiental (Modelo ISO 1400)**. 3º.ed. Minas Gerias: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2008.

MOTTA, F. C. Prestes. Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21. **Revista de Administração de Empresas**, v. 38, n. 2, pp. 74-75, 1998.

NAZÁRIO, P.; WANKE, P.; FLEURY, P.F. **O Papel do Transporte na Logística**. 2000. Disponível em: <http://www.ilos.com.br/web/index.php?option=com_content&task=view&id=1107&Itemid=74>> Acesso em 10 jan. 2014

ONURSAL, B., GAUTAM. S.P. Vehicular Air Pollution: Experiences from Seven Latin American". **World Bank Technical Paper**, n.373. 1997.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. Disponível em <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/index.php?r=site/conteudo&id=1#ghg_protocol> Acesso em 18 set. 2013.

_____. **Decreto nº 4.299, de 21 de junho de 2001**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Paraná, PR, 28 de junho de 2001.

RIBEIRO, S. K; MATTOS, L. B. R. A Importância do Setor de Transporte Rodoviário no Aquecimento Global: O caso do Rio de Janeiro. In: **XVI ANPET**, 2000, Gramado. Anais do XVI ANPET.2000.

RICHARDSON, B. **Sustainable transport: analysis frameworks**. Journal of Transport Geography v.13, pp.29–39, 2005

SALGADO, V. G. **Proposta de Indicadores de Ecoeficiência para o Transporte de Gás Natural**. 2004. 248 f. Tese (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Programa de Pós-graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SHARMA, V.K. et al. Disposal of waste tyres for energy recovery and safe environment. **Applied Energy**, n. 65, pp. 381-394, 2000.

SILVEIRA, G. L. da. **Monitoramento do consumo de combustível de veículos de transporte rodoviário de madeira utilizando computador de bordo**. 2003. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2003.

SOUSA, E. H. V. **Análise preditiva a partir da caracterização das emissões gasosa e do óleo lubrificante em frotas com motorização a diesel**. 2010. 118 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte, 2010.

STOUT, S. A.; UHLER, A. D.; MCCARTHY, K. J. et al. **Chemical fingerprinting of hydrocarbons**. In: **Introduction to environmental forensics**. Califórnia: Academic Press. 2002.

STODOLSKY, F.; GAINES, L.; VYAS, A. **Analysis of Technology Options to Reduce the Fuel Consumption of Idling Trucks**. 40 p. United States Department of Energy, The University of Chicago, 2000.

TAKAHASHI, S. **Avaliação Ambiental do Setor de Transporte de Cargas: Comparação de Métodos**. 2008. 90f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais). Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

TEIXEIRA, P. C. **Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando reciclagem da água**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós Graduação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

Transporte de produtos perigosos. Disponível em: <http://www.produtosperigosos.com.br/lermais_materias.php?cd_materias=3458&friurl=-Transporte-de-produtos-perigosos-> Acesso em 13 mai. 2013.

THIJSSSEN, R., HOFMAN, T., HAMB, J. Eco driving acceptance: An experimental study on anticipation behavior of truck drivers. **Transportation Research Part F**. v.22, pp.249–260, 2014.

UGAYA, C. M. L. **Análise de Ciclo de Vida: estudo de caso para materiais e componentes automotivos**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-graduação da faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2001.

UNITED NATIONS. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. 96th Plenary Meeting; 11 December 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>>. Acesso em 06 jan. 2014.

VAN BEUKERING, P. J.H.; JANSSEN, M. A. Trade and recycling of used tyres in Western and Eastern Europe. **Resources, conservation and recycling**, v. 33, n. 4, pp. 235-265, 2001.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte e Meio Ambiente: Conceitos e informações para análise de impactos**. São Paulo: Annablume. 2008.

WBCSD, **Measuring Eco-Efficiency. A Guide to Reporting Company Performance**. World Business Council for Sustainable Development, Geneva, Switzerland, 2000.

WEISBROD, G; LYNCH, T., MEYER, M. Extending monetary values to broader performance and impact measures: Transportation applications and lessons for other fields. **Evaluation and Program Planning**, v.32, p.332–341, 2009.

ANEXO 1 – LEGISLAÇÃO AMBIENTAL REFERENTE OS TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS

IDENTIFICAÇÃO	OBJETIVO
Portaria nº 85/IBAMA, de 17/10/1996	Toda empresa que possui frota própria ou subcontratada de transporte de carga ou de passageiro, cujos veículos sejam movidos a óleo diesel, devem criar e adotar um Programa Interno de Autofiscalização da Correta Manutenção da Frota quanto a Emissão de Fumaça Preta.
Resolução Conama nº 18, de 06/05/1986	<p>Instituiu, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, com os objetivos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir os níveis de emissão de poluentes; • Promover o desenvolvimento tecnológico nacional para ensaios e medições da emissão de poluentes; • Criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso; • Promover a conscientização da população com relação a questão da poluição do ar por veículos automotores; • Estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados; • Promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos visando a redução de emissões poluidoras à atmosfera.
Resolução Conama nº 8, de 31/08/1993	<p>Todos os veículos com motor do ciclo diesel devem ter afixados no compartimento do motor, em local protegido e de fácil visualização, um adesivo com as indicações do índice de fumaça em aceleração livre e as velocidades angulares de marcha lenta e máxima livre, recomendadas pelo fabricante para assegurar a correta regulagem do motor.</p> <p>O nível de ruído do veículo na condição parado é o valor de referência do veículo novo no processo de verificação. Este valor, acrescido de 3 (três) dB(A), será o limite máximo de ruído para fiscalização do veículo em circulação</p>

Resolução Conama nº 16, de 13/12/1995	Determina a certificação e homologação de motores novos do ciclo diesel para aplicações em veículos leves ou pesados quanto ao índice de fumaça emitidos ao ambiente em aceleração livre através do procedimento de ensaio descrito na Norma NBR 13037 - Gás de Escapamento Emitido por Motor Diesel em Aceleração Livre - Determinação da Opacidade.
Resolução Conama nº 362, de 23/06/2005	Todo óleo lubrificante usado ou contaminado deverá ser recolhido, coletado e ter destinação final, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos constituintes nele contidos.
Resolução Conama nº 403, de 11/11/2008	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE estabelece limites máximos de emissão de poluentes para os motores do ciclo diesel destinados a veículos automotores pesados novos, nacionais e importados: 1,5 gCO /kWh; 0,46 gHC /kWh; 2,0 gNOx/kWh; 0,02 gMP/kWh; 10 ppm de enxofre
Resolução Conama nº 418, de 25/11/2009	Dispõe sobre critérios para a elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular – PCPV e para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e determina limites de emissão e procedimentos para a avaliação do estado de manutenção de veículos em uso com o objetivo de estabelecer regras de gestão e controle da emissão de poluentes e do consumo de combustíveis de veículos e identificar desconformidades dos veículos em uso, tendo como referências as especificações originais dos fabricantes dos veículos, as exigências da regulamentação do PROCONVE e as falhas de manutenção e alterações do projeto original que causem aumento na emissão de poluentes.
Resolução ANP nº 20, de 18/06/2009	Regulamenta o recolhimento, coleta e destinação final do óleo lubrificante usado ou contaminado
Resolução Conama nº 416, 30/09/09	Obriga as empresas fabricantes e importadoras de pneumáticos a coletar e dar destinação final, ambientalmente adequada, aos pneus inservíveis existentes no território nacional.

Decreto Estadual/PR nº 7.117, de 28/01/2013	Institui a Comissão Estadual de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais que envolvam Produtos Químicos Perigosos
Portaria Detran/PR nº 544, de 21/10/2002	Estabelece as normas dos Cursos de Treinamento Específico e Complementar para Condutores de Veículos Rodoviários Transportadores de Produtos Perigosos, visando o conhecimento das responsabilidades bem como dos riscos relacionados ao transporte e manejo deste tipo de carga. Proporciona ao condutor profissional condições para conhecer e observar as disposições contidas nas legislações federal, estadual e municipal, conhecer e aplicar os preceitos de segurança adquiridos durante o treinamento ou atualização, assim como fazer uso dos comportamentos preventivos e procedimentos em casos de emergência.
Decreto Estadual/RS nº 35.760, de 28/12/1994	Cria o Programa Estadual de Controle do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos.
Lei Estadual/RS nº 9.921, de 27/07/1993	Dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos, nos termos do artigo 247, parágrafo 3º da Constituição do Estado e dá outras providências.
Lei Estadual/RS nº 11.187, de 07/07/1998	Dispõe sobre o descarte e destinação final de pilhas que contenham mercúrio metálico, lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham metais pesados no Estado do Rio Grande do Sul.
Decreto Estadual/SP nº 38.789, de 17/06/1994	Institui o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M
Portaria Estadual/SP CAT nº 60, de 04/08/2000	Disciplina o procedimento de coleta, transporte e recebimento de óleo lubrificante usado ou contaminado
Lei Estadual/SP nº 12.300, de 16/03/2006	Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes

Quadro Anexo 1 - Legislação Ambiental referente os Transporte de Produtos Perigosos
Fonte: O autor.

ANEXO 2 - ITENS SASSMAQ CHECK LIST – FROTA PRÓPRIA E SUBCONTRATADOS

Item 4.2.5 *Check list* – frota própria

Item 4.2.5.1 É exigido que cada motorista utilize, antes da viagem e diariamente, o *check list*?

Item 4.2.5.2 O *check list* inclui:

Item 4.2.5.2a - Inspeção do veículo quanto a danos?

Item 4.2.5.2b - Verificação do nível e pressão do óleo?

Item 4.2.5.2c - Funcionamento dos freios?

Item 4.2.5.2d - Condições e pressão dos pneus?

Item 4.2.5.2e - Luzes?

Item 4.2.5.2f - Inspeção do veículo quanto a vazamentos?

Item 4.2.5.2g - Aperto dos parafusos das rodas?

Item 4.2.5.2h - Extintores de incêndio?

Item 4.2.5.2i - Verificação exigida conforme a legislação em vigor?

Item 4.2.5.3 São feitas verificações pontuais para garantir que o motorista faça a verificação preliminar diariamente?

Item 4.2.6 *Check list* – Subcontratados

Item 4.2.6.1 É exigido que cada motorista utilize, antes da viagem e diariamente, o *check list*?

Item 4.2.6.2 O *check list* inclui:

Item 4.2.6.2a - Inspeção do veículo quanto a danos?

Item 4.2.6.2b - Verificação do nível e pressão do óleo?

Item 4.2.6.2c - Funcionamento dos freios?

Item 4.2.6.2d - Condições e pressão dos pneus?

Item 4.2.6.2e - Luzes?

Item 4.2.6.2f - Inspeção do veículo quanto a vazamentos?

Item 4.2.6.2g - Aperto dos parafusos das rodas?

Item 4.2.6.2h - Extintores de incêndio?

Item 4.2.6.2i - Verificação exigida conforme a legislação em vigor?

Item 4.2.6.3 São feitas verificações pontuais para garantir que o motorista faça a verificação preliminar diariamente?

ANEXO 3 - ITENS SASSMAQ MANDATÓRIOS RELACIONADOS AO MEIO AMBIENTE

Item 1.1.1.6 - Há objetivos anuais para melhorar o desempenho da companhia em SSMA e Qualidade e existe um plano de ação para atingir esses objetivos, bem como a elaboração de relatórios com indicadores de desempenho, conforme descrito no item 0.2.10 de Orientações Gerais?

Item 2.2.5.2a - As estações de limpeza de veículos em terceiros possuem licença de instalação, de operação e de destinação de resíduos para os produtos envolvidos?

Item 2.2.5.3a - As estações possuem estações de limpeza de veículos licença de instalação, de operação e de destinação de resíduos para os produtos envolvidos?

Item 2.4.1.2 - Existe o cumprimento da Lei da Fumaça Preta por meio da aplicação dos testes de opacidade ou equivalente?

Item 2.4.1.3 - Uma verificação frequente de obediência a critérios de projeto quanto à emissão de fumaça é parte da inspeção geral?

Item 2.4.2.2 - Existe o cumprimento da Lei da Fumaça Preta por meio da aplicação dos testes de opacidade ou equivalente para subcontratados?

Item 2.4.2.3 - Uma verificação frequente de obediência a critérios de projeto quanto à emissão de fumaça é parte da inspeção geral?

Item 2.4.3.1 - O sistema de tratamento de efluentes e disposição de resíduos da empresa foi aprovado pelo órgão ambiental competente?

Item 2.4.3.2 - São mantidos registros de disposição de resíduos, conforme exigido pela legislação?

Item 2.4.3.4 - A disposição de resíduos feita na empresa ou por terceiros está apoiada em autorizações, conforme exigido pela legislação?

Item 2.4.3.5 - A disposição de resíduos feita por terceiros é apoiada em contratos ou acordos, especificando o modo de disposição, obrigações e responsabilidades, conforme exigido pela legislação?

Item 3.1.1.2g - Atendimento às legislações relativas a emissão de ruídos?

Item 3.1.1.2h - Atendimento às legislações de emissão de gases?

Item 6.1.1 - O local tem todas as autorizações de operação exigidas, de acordo com as operações ali realizadas?

Item 6.2.3 - Existe contenção na área de armazenagem e de abastecimento de combustíveis?

Item 6.2.8 - Para tanques na superfície, a contenção de derramamentos é baseada em 110% do volume do maior tanque?

Item 6.2.9 - O sistema de contenção está em boas condições (bacia de contenção)?

Item 6.2.10 - Os tanques estão instalados em área adequada?

Item 6.3.2 - Existe um procedimento escrito e de conhecimento de todos para o cumprimento da legislação em vigor para o transporte e manuseio de produtos perigosos?

APÊNDICE 1 – CONSUMO DE COMBUSTÍVEL PELOS FROTAS NO PERÍODO DE 4 ANOS

Tabela A. Consumo de combustível pelos frotas no período de 4 anos

	KM.ANO ⁻¹	DIESEL.ANO ⁻¹	MÉDIA CONSUMO		KM.ANO ⁻¹	DIESEL.ANO ⁻¹	MÉDIA CONSUMO
FROTA 1	52.734	25.949	2,03	FROTA 18	141.976	61.136	2,32
	77.303	33.450	2,31		104.420	50.889	2,05
	122.624	57.433	2,14		58.682	34.015	1,73
	140.744	61.109	2,30		69.130	39.096	1,77
FROTA 2	63.359	25.280	2,51	FROTA 19	90.984	50.079	1,82
	136.395	65.525	2,08		105.480	63.938	1,65
	177.022	88.611	2,00		117.327	68.211	1,72
	162.936	83.574	1,95		90.091	58.317	1,54
FROTA 3	92.944	42.154	2,20	FROTA 20	161.427	68.812	2,35
	127.557	61.863	2,06		132.603	54.604	2,43
	146.891	66.048	2,22		120.323	49.545	2,43
	136.956	65.508	2,09		114.868	46.500	2,47
FROTA 4	78.506	22.018	3,57	FROTA 21	102.287	40.171	2,55
	50.904	24.328	2,09		83.523	38.052	2,19
	140.388	63.938	2,20		99.830	45.750	2,18
	159.991	68.472	2,34		103.923	47.800	2,17
FROTA 5	80.096	35.487	2,26	FROTA 22	140.564	49.740	2,83
	128.007	55.006	2,33		121.108	52.399	2,31
	124.586	54.136	2,30		131.784	62.334	2,11
	96.128	45.547	2,11		127.303	59.009	2,16
FROTA 6	93.115	38.406	2,42	FROTA 23	100.740	35.660	2,82
	134.026	53.245	2,52		104.656	49.225	2,13
	137.406	56.288	2,44		119.610	65.605	1,82
	126.938	52.030	2,44		117.355	67.299	1,74
FROTA 7	131.455	44.917	2,92	FROTA 24	95.183	41.721	2,28
	134.808	74.802	1,80		93.369	42.211	2,21
	144.515	73.503	1,97		113.066	47.956	2,36
	136.055	71.137	1,91		97.765	46.218	2,12
FROTA 8	108.086	52.187	2,07	FROTA 25	130.080	68.419	1,90
	157.151	88.612	1,77		123.278	62.783	1,96
	147.574	82.376	1,79		83.015	49.581	1,67
	148.337	81.673	1,82		14.420	6.119	2,35
FROTA 9	104.286	37.860	2,75	FROTA 26	131.949	49.837	2,65
	106.392	56.502	1,88		100.970	43.453	2,32
	58.129	35.422	1,64		94.512	46.378	2,04
	78.371	40.515	1,93		114.108	58.630	1,95
FROTA 10	74.703	34.831	2,14	FROTA 27	109.824	43.442	2,53
	129.082	50.416	2,56		91.220	40.580	2,25
	134.823	52.558	2,57		112.514	50.023	2,25
	120.672	47.702	2,53		99.827	44.413	2,25
FROTA 11	132.360	50.112	2,64	FROTA 28	88.758	40.670	2,18
	102.413	42.521	2,41		122.036	63.004	1,94
	104.401	48.616	2,15		112.196	60.335	1,86
	99.302	48.783	2,04		117.403	62.290	1,88
FROTA 12	126.095	52.186	2,42	FROTA 29	96.414	34.696	2,78
	82.477	40.178	2,05		108.044	53.019	2,04
	91.133	47.698	1,91		137.598	72.066	1,91
	79.599	43.749	1,82		116.263	63.736	1,82
FROTA 13	139.240	58.402	2,38	FROTA 30	68.633	27.763	2,47
	97.074	52.297	1,86		69.053	37.213	1,86
	64.409	37.020	1,74		71.982	39.565	1,82
	89.961	46.359	1,94		58.417	31.510	1,85
FROTA 14	121.338	54.535	2,22	FROTA 31	102.432	40.387	2,54
	111.583	56.842	1,96		100.848	41.192	2,45
	127.114	61.727	2,06		77.337	37.531	2,06
	81.100	62.991	1,29		93.666	51.969	1,80
FROTA 15	134.618	59.340	2,27	FROTA 32	109.363	46.624	2,35
	131.672	67.032	1,96		111.829	49.921	2,24
	124.428	63.446	1,96		116.656	52.658	2,22
	111.538	57.442	1,94		100.031	48.854	2,05
FROTA 16	141.650	61.074	2,32	FROTA 33	132.220	61.884	2,14
	143.008	66.220	2,16		149.467	68.795	2,17
	144.260	66.436	2,17		107.896	57.619	1,87
	133.771	59.327	2,25		101.535	55.648	1,82
FROTA 17	139.086	48.637	2,86	FROTA 34	84.672	39.247	2,16
	172.957	78.351	2,21		124.627	63.386	1,97
	171.981	78.871	2,18		136.349	69.293	1,97
	213.395	97.868	2,18		112.106	56.995	1,97

APÊNDICE 2 – RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS PELOS FROTAS NO PERÍODO DE 4 ANOS

Tabela B. Resíduos sólidos gerados pelos frotas no período de 4 anos.

	Plástico	Metais	Borracha	Espuma	Madeira	Óleo lubrificante	Papel	Produtos químicos	Vidro	TOTAL	kg/10000km
1	53,02	4.756,14	1.869,16	1,69	0,00	397,84	5,86	161,43	30,14	7.275,28	184,93
2	297,93	4.507,12	2.156,64	1,87	0,00	163,20	0,68	49,59	5,35	7.182,38	133,08
3	93,02	4.934,43	1.661,52	1,63	0,00	95,20	0,57	72,69	114,44	6.880,48	136,42
4	109,55	4.233,91	1.425,83	15,99	0,00	63,00	7,52	24,95	40,51	5.921,26	94,02
5	120,81	7.844,34	1.851,46	55,49	0,00	426,94	25,31	617,11	8,22	10.949,68	255,35
6	52,24	7.778,93	1.849,81	1,75	0,00	589,24	17,44	121,22	73,73	10.484,36	213,32
7	259,45	5.659,06	2.371,81	32,24	0,00	33,40	0,03	18,82	76,82	8.451,63	119,57
8	114,60	5.285,79	2.053,26	0,65	0,00	69,60	0,33	309,76	44,46	7.878,45	140,40
9	164,43	4.181,43	2.021,83	0,64	0,00	38,00	4,11	19,10	41,48	6.471,02	127,59
10	42,24	5.583,22	1.890,89	2,36	0,00	654,74	11,67	104,44	38,72	8.328,28	181,33
11	165,03	5.981,85	3.202,39	1,68	0,00	147,60	1,50	231,10	59,20	9.790,35	223,28
12	94,75	6.357,93	2.181,68	60,01	0,00	88,60	2,16	31,12	81,01	8.897,26	234,57
13	189,61	1.725,87	37,08	31,00	0,00	82,60	0,10	11,74	39,65	2.117,65	54,20
14	153,75	3.403,17	60,29	31,37	0,00	50,60	0,00	9,12	81,16	3.789,46	85,90
15	169,08	10.941,35	3.352,48	32,50	0,00	29,60	1,80	22,98	112,93	14.662,72	291,94
16	160,50	10.345,72	3.160,33	32,50	0,00	29,60	1,80	22,98	115,65	13.869,08	246,48
17	11,23	3.270,91	1.440,96	26,99	0,00	113,80	0,00	2,06	71,52	4.937,47	70,80
18	392,49	6.005,83	2.798,09	31,24	0,00	96,60	0,00	146,32	45,31	9.515,88	254,29
19	203,57	11.702,46	3.623,93	0,62	0,00	45,60	0,72	46,60	84,40	15.707,90	388,92
20	247,73	9.495,34	2.738,59	0,62	0,00	44,00	0,72	81,20	84,40	12.692,60	239,84
21	82,64	7.388,61	2.926,41	2,68	0,00	335,53	2,80	9,48	70,91	10.819,06	277,72
22	170,65	11.805,42	2.889,53	3,30	0,00	627,34	110,99	156,29	43,27	15.806,79	303,53
23	119,16	7.444,16	3.158,15	4,30	0,00	15,00	0,01	14,30	77,40	10.832,48	244,88
24	42,98	11.300,82	2.139,24	34,30	0,00	446,80	3,93	139,85	35,08	14.143,00	354,12
25	97,13	6.328,42	2.394,63	0,84	0,00	66,60	2,71	9,00	35,56	8.934,89	262,18
26	113,75	10.477,85	2.881,63	0,84	0,00	80,20	0,60	27,45	42,12	13.624,44	308,57
27	6,28	5.573,20	3.201,51	0,84	0,00	196,64	1,50	48,45	0,11	9.028,53	218,40
28	123,62	6.677,43	2.852,72	30,62	0,00	67,80	1,05	18,22	38,57	9.810,03	222,76
29	178,14	6.385,65	2.889,34	1,62	0,00	28,00	0,20	4,64	106,29	9.593,88	209,33
30	294,02	6.976,35	2.469,02	2,69	0,00	57,60	0,20	28,99	81,53	9.910,40	369,67
31	13.300,98	9.548,33	2.726,77	2,31	0,00	344,67	19,91	243,90	3,26	26.190,13	699,74
32	982,95	10.574,15	2.715,97	2,46	0,00	622,26	7,27	110,02	35,10	15.050,18	343,71
33	121,96	8.216,85	2.964,25	32,70	0,00	119,00	9,29	34,26	42,72	11.541,03	235,00
34	163,42	8.039,82	3.261,24	0,00	0,00	86,40	0,20	4,86	75,30	11.631,24	254,09
TOTAL	18.799,69	240.731,86	81.218,42	482,34	0,00	6.353,60	242,98	2.954,04	1.936,32	352.719,25	223,00
MÉDIA	569,69	7.292,23	2.530,08	14,19	0,00	186,87	7,15	86,88	56,95	10.374,10	234,70
DESVIO PADRÃO	796,64	1.704,17	90,49	15,44	0,00	163,13	8,95	81,51	26,79		
kg/10000km	12,25	156,75	54,39	0,30	0,00	4,02	0,15	1,87	1,22		