UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO

GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

HENRIQUE NAOKI SHIMABUKURO

ANÁLISE DO RISCO DE TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS NAS RODOVIAS RÉGIS BITTENCOURT E DO CORREDOR DOM PEDRO NO ESTADO DE SÃO PAULO, À SUA POPULAÇÃO LINDEIRA E POSSIBILIDADE DE ESCOLHA DE ROTAS ALTERNATIVAS

São Paulo

2016

HENRIQUE NAOKI SHIMABUKURO

ANÁLISE DO RISCO DE TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS NAS RODOVIAS RÉGIS BITTENCOURT E RODOVIAS DO CORREDOR DOM PEDRO NO ESTADO DE SÃO PAULO, À SUA POPULAÇÃO LINDEIRA E POSSIBILIDADE DE ESCOLHA DE ROTAS ALTERNATIVAS

RISK ANALYSIS TO THE HAZARDOUS MATERIALS TRANSPORTATION ON RÉGIS BITTENCOURT HIGHWAY AND DOM PEDRO CORRIDOR HIGHWAYS IN SÃO PAULO STATE, TO SURROUNDING PEOPLE AND POSSIBILITY OF CHOICE FOR ALTERNATIVE ROUTES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** em Gestão Ambiental e Sustentabilidade.

ORIENTADOR: PROF. DR. PEDRO LUIZ CÔRTES

São Paulo

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Shimabukuro, Henrique Naoki.

Análise do risco de transporte de produtos perigosos nas rodovias Régis Bittencourt e do Corredor dom Pedro no estado de São Paulo, à sua população lindeira e possibilidade de escolha de rotas alternativas. / Henrique Naoki Shimabukuro. 2016.

101 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2016.

Orientador (a): Prof. Dr. Pedro Luiz Côrtes.

1. ***Produtos perigosos. 2. Análise de risco. 3. Avaliação de risco. 4. Percepção. 5. Risco aceitável.***

I. Côrtes, Pedro Luiz. II. Titulo

ANÁLISE DO RISCO DE TRANSPORTE DE PRODUTOS PERIGOSOS NAS RODOVIAS RÉGIS BITTENCOURT E DO CORREDOR DOM PEDRO NO ESTADO DE SÃO PAULO, À SUA POPULAÇÃO LINDEIRA E POSSIBILIDADE DE ESCOLHA DE ROTAS ALTERNATIVAS

POR

HENRIQUE NAOKI SHIMABUKURO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DA UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO – UNINOVE, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE **MESTRE** EM GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, APRESENTADA À BANCA EXAMINADORA FORMADA POR:

_____

Prof. Dr. Pedro Luiz Côrtes – Orientador - UNINOVE

_____

Prof. Dr. Ailton Pinto Alves Filho – Convidado Externo - UniFEI

_____

Prof. Dr. João Alexandre Paschoalin Filho – Convidado Interno - UNINOVE

_____

Profª. Dra. Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo – Convidada Suplente - UNINOVE

São Paulo, 26 de Fevereiroo de 2016.

DEDICATÓRIA

Nunca imaginei que após tantos anos de formado, rotina diária igual a qualquer trabalhador, pudesse ter a oportunidade de poder dar a meus filhos o exemplo de que estudar é gratificante e para toda a vida. Ter a oportunidade de fazer o Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade!

Nesta empreitada, foi muito expressiva a colaboração, compreensão e paciência de minha família. Dedico a minha esposa Tiemi, pela sua cumplicidade em todos os momentos, nunca reclamou dos longos períodos de enclausuramento ou nervosismo do qual ela não tinha culpa. Meus filhos Marcelo, Márcia e Marcos não reclamaram em nenhum momento, ao contrário, sempre incentivaram e colaboraram.

Esta conquista obtivemos juntos. Um dia minha presença física não será representada, mas pelo menos nestas poucas palavras conseguimos eternizar esta união, nossa família.

Amo todos vocês!

Amo a Deus que me proporcionou tudo isso!

AGRADECIMENTO

Ao Prof. Dr. Pedro Luiz Côrtes, meu orientador, agradeço sua total dedicação, foram orientações sempre precisas, esclarecendo minhas dúvidas com seu conhecimento e experiência. Simplificando minhas dificuldades com sua compreensão e amizade. Sou eternamente grato

Agradeço ao Prof. Dr. Gustavo Graudenz que pacientemente compartilhou seu conhecimento em minha nova experiência acadêmica.

A todos os professores que formam o Corpo Docente do GeAS, em especial os professores: Prof. Dr. Fabio Ytoshi Shibao e Prof. Dr. Mauro da Silva Ruiz.

A todos os colegas do GeAS que juntos caminhamos e superamos dificuldades. Já sinto falta dos cafés no Sonda.

A todos os funcionários do prédio da Pós Graduação, ao pessoal das secretarias, aos responsáveis pelo material de projeção, o pessoal da biblioteca, as senhoras da limpeza e aos funcionários da portaria.

Ao grande amigo Dr. Milton Chagas, da ABRAMET, ex prefeito e cidadão de Carapicuíba.

À Profª. Dra. Maria Helena Mello Jorge e à Profª. Dra. Maria Sumie Koizumi que sempre incentivaram e estimularam minhas iniciativas na Medicina de Tráfego.

Aos amigos da ABRAMET, Dr. Fabio Racy e Dr. José Montal que sempre confiaram em mim, mas nossos projetos ainda não deram certo.

Ao meu amigo Roberto Tadeu e sua esposa Juliana, bibliotecários.

Ao Francisco Junior de Souza, gerente técnico da UBS Vila Barros de Guarulhos, colega de trabalho e grande amigo.

Á colega Maria dos Anjos, assessora técnica da ABTLP, sempre prestativa.

Agradecimento especial ao Sr Francisco Pires de Oliveira da Concessionária Arteris Regis Bittencourt e à Sra. Thais Monteiro Cortina da Concessionária Rota das Bandeiras, cuja colaboração permitiu a realização deste trabalho.

RESUMO

O uso de produtos químicos e produtos químicos perigosos, chamados *hazardous materials*, aumentou com o desenvolvimento industrial. Os pólos industriais consumidores desses produtos aumentaram nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, incluindo o Brasil. Isto resultou na crescente quantidade de produtos químicos e produtos químicos perigosos transportados nas ruas, avenidas e rodovias do país. Um resultado imediato foi a expansão do transporte rodoviário dessas substâncias, crescimento do número de acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos (PP) e consequente aumento do risco à rodovia e à população lindeira com esses acidentes. Diante disso, pesquisou-se a literatura nacional e internacional com o objetivo de buscar por ferramentas que possam proporcionar a análise, e avaliação dos riscos à rodovia e à população adjacente aos acidentes com PP nas rodovias, além da possibilidade de escolha de outras rotas como forma de prevenção a esses acidentes e diminuição de riscos e custos. Utilizaram-se quatro equações matemáticas que puderam ser analisadas por intermédio de dados fornecidos por duas concessionárias de rodovias atuantes no estado de São Paulo, a Concessionária Auto Pista Arteris Régis Bittencourt (Rodovia Régis Bittencourt) e a Concessionária Rota das Bandeiras (Corredor Dom Pedro, conjunto de rodovias na região da cidade de Campinas, cuja principal rodovia é a Rodovia Dom Pedro I). Essas informações, embora não tenham sido completas, no sentido de não terem sido fornecidos na totalidade do que foi solicitado, puderam ser aplicadas às equações matemáticas. Apesar de algumas limitações, as avaliações resultantes mostram que essas sentenças matemáticas podem ser utilizadas na análise de risco das rodovias, do risco à população lindeira e para a possibilidade de escolha de novas rotas, mas isso também requer melhora do banco de dados, sobretudo públicos e das concessionárias de rodovias.

Palavras Chave: produtos perigosos, análise de risco, avaliação de risco, percepção, risco aceitável.

ABSTRACT

The use of chemical products and dangerous chemicals, known as hazardous materials or hazmats, increased with the development around the world. The industrial poles that consume these products have spread through developed and developing countries, including Brazil. This resulted in a growing quantity of chemicals and hazardous products transported on the streets, avenues and highways of the country. An immediate result was an expansion of road transportation of these substances, the increase of accidents with hazmat transportation and consequent rising in the risk to the highway and to the nearby population with these accidents. Considering the above, national and international literature was researched with the objective to find for tools that can make an analysis and evaluation of the risk to the highway and population living near these accidents with hazmat, besides the possibility of choice for other rotes as form of prevention to these accidents and a decrease in risk and cost. It was used four mathematical equations that were able to be analyzed through the data provided by two active highway concessionaires in São Paulo state, the concessionaire Auto Pista Arteris Régis Bittencourt (Régis Bittencourt highway) and the concessionaire Rota das Bandeiras (Corredor Dom Pedro, a set of highways from the city of Campinas, which the main highway is Dom Pedro I). These information, though they were not complete, in the sense that they were not totally provided as requested, were able to be applied in the mathematical equations. Despite some limitations, the resulting evaluation showed that these mathematical sentences can be utilized in highway and nearby population risk analysis and for the possibility of the choice for new routes, but it also requires an improvement of the database, especially the public and highway concessionaire databases.

Keywords: hazmat, risk analysis, risk evaluation, perception, acceptable risk.

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO.....17
1.1 Problema de Pesquisa.....18
1.1.1 Questão de Pesquisa.....24
1.2 Objetivos.....25
1.2.1 Geral.....25
1.2.2 Específicos.....25
1.3 Justificativa para Estudo do Tema.....26
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....29
2.1 Efeito Dominó.....29
2.2 Riscos e Conflitos.....30
2.3 Percepção do Risco.....31
2.4 Risco Individual e Risco Coletivo.....34
2.5 Análise do Risco e Avaliação do Risco.....38
2.5.1 Análise do Risco.....38
2.5.2 Avaliação do Risco.....39
3. RISCOS E ACIDENTES DE TRANSPORTE.....40
3.1 Situação no Brasil.....40
3.2 A Legislação referente aos Produtos Perigosos no Brasil.....43
3.3 O Exemplo da Índia e da França.....45
4. A ÁRVORE DE EVENTOS NA AVALIAÇÃO DO RISCO.....46
5. METODOLOGIA.....52
6. RESULTADOS.....66
7. DISCUSSÃO.....81
8. CONCLUSÃO.....84
9. RECOMENDAÇÕES.....84
10. CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA.....86
10.1 Contribuições para a Prática Empresarial.....86
11. SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS.....87
12. REFERÊNCIAS.....89
13. ANEXOS.....104
14. APÊNDICE.....115

Lista de Tabelas

Tabela1. Causa geral dos Acidentes

Tabela 2. Estatísticas para as rotas entre Talahasse - Columbia

Lista de Quadros

Quadro 1 - Estatísticas para as rotas entre Talahasse - Columbia

Quadro 2 - Equação 1, Taxa ou Probabilidade de acidentes no segmento de rota

Quadro 3 - Análise bidimensional e exemplo 1.

Quadro 4 - Análise bidimensional e exemplo 2.

Quadro 5 - Risco Total da População Exposta.

Quadro 6 - Risco Total da População Exposta, exemplo.

Quadro 7 - Risco Total do Segmento de Rota e Risco Total da Rota.

Quadro 8 - Risco Total do Segmento de Rota e Risco Total da Rota, exemplo

Quadro 9 - Dado dos segmentos de rota no trabalho de Chakrabarti & Parikh (2011b)

Quadro 10 - TAR, Risco Total da População Exposta, Risco Total do Segmento da Rota e Risco Total da Rota no trabalho de Chakrabarti & Parikh (2011b)

Quadros 11 - Dados para cálculo de probabilidades, riscos da população, risco dos segmentos da rota e risco total da rota

Quadro 12 - TAR, Risco Total da População Exposta, Risco Total do Segmento de Rota e Risco Total da Rota para Rodovia Régis Bittencourt, 2013

Quadro 13 - Cidades adjacentes ao Corredor Dom Pedro e suas densidades demográficas, comprimento do segmento e VDM.

Quadro 14 - Concessionária Rota das Bandeiras, Número de acidentes, 2005, 2011, 2012 e 2013

Quadro 15 - TAR, Risco Total da População Exposta no Segmento, Risco Total do Segmento de Rota e Risco Total da Rota para o Corredor Dom Pedro, ano 2011.

Quadro 16 - TAR, Risco Total da População Exposta no Segmento, Risco Total do Segmento de Rota e Risco Total da Rota para o Corredor Dom Pedro, ano 2012.

Quadro 17 - TAR, Risco Total da População Exposta no Segmento, Risco Total do Segmento de Rota e Risco Total da Rota para o Corredor Dom Pedro, ano 2013.

Lista de Figuras

Figura 1 - Ranking de classes de produtos perigosos envolvidos em todos os incidentes no transporte (US 1993-2004).

Figura 2. Acidentes com PP no estado de São Paulo no período de 2000/2013.

Figura 3. Avaliação do risco com a metodologia ALARP.

Figura 4. Característica do Risco Individual no entorno para as instalações fixas (ponto de origem) e para a rota do transporte (linha de origem)

Figura 5. A diferença entre risco individual e coletivo. Ambas as situações têm níveis de risco individual iguais. Devido a densidade populacional maior da situação B, o risco coletivo em B é maior.

Figura 6. Aceitabilidade dos critérios de risco e o conceito ALARP

Figura 7. Probabilidade de gestão de riscos

Figura 8: Modelo de efeito BLEVE

Figura 9. Árvore de eventos para classe 3, líquidos inflamáveis

Figura 10. Árvore de eventos gerais para cenários de incidentes com PP classe 2

Figura 11. Esquematização do cenário de acidente com produto perigoso inflamável e explosivo na via

Figura 12. Conceito de Área de Impacto.

Figura 13. Zona de distância de efeito (tradução do autor)

Figura 14. Regiões partilhadas (Traduzido pelo autor)

Figura 15. Média da população em risco (Traduzido pelo autor)

Figura 16. A Rodovia Régis Bittencourt, trecho de Taboão da Serra até Curitiba.

Figura 17. Rodovias do Corredor Dom Pedro e cidades adjacentes.

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Número de acidentes (352) na Concessionária Auto Pista Régis Bittencourt, período de 2000/2013
Gráfico 2. Número de acidentes (77) na Concessionária Rota das Bandeiras, no período de 2000/2013
Gráfico 3. Número de acidentes com PP (2, 3 e outras) na Concessionária Rota das Bandeiras, anos 2005, 2011, 2012 e 2013

Lista de Anexos

Anexo A: Instituições e respectivas regulamentações ligadas aos produtos perigosos

Anexo B: Principais Normas Brasileiras (NBR - ABNT- CB 16) relacionadas ao Transporte Rodoviário de PP.

Lista de Apêndices

Apêndice A. Informações solicitadas às concessionárias

Lista de Abreviaturas

AADT - average daily traffic

ALARP - As low as reasonable probability

CADEQ - Cadastro de Emergências Químicas

CE - Comunidade Européia

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

EPI - Equipamento de proteção individual

EUA - Estados Unidos da América

GLP - Gás liquefeito de petróleo

GPM - Gaussian Plume Model

HAZAN - Hazard Analysis

HAZMATS - hazardous materials

HAZOP - Hazard and Operability

HGV- Heavy goods vehicle

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LPG - Liquefied Petroleum Gas

MHIDAS - Major Hazard Incident Data Service

MSB - Swedish Civil Contingencies Agency

ONU - Organização da Nações Unidas

Pacc - probability of a serious accidental spillage

PP - produtos perigosos

QRA - Quantitative Risk Analysis

RL - Road Length

SS - Serious Spillage

TAR - Truck Accident Rates

UK - United Kingdom/Reino Unido

UN - United Nations

US - United States

USDOT- United States Department of Transports

VCE - Vapor Cloud Eexplosion

VDM - Volume Diário Médio

WHO - World Health Organization International

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico e a necessidade de manipulação, transporte e uso de materiais químicos e produtos perigosos (PP) (*hazardous materials ou hazmats*) proporcionaram aumento no número de acidentes com essas atividades e substâncias. Esses acidentes fizeram a Organização das Nações Unidas (ONU) normatizar as atividades relacionadas aos PP com a publicação do *Orange Book*, cuja primeira versão foi publicada em 1956. Hoje, essa publicação é revisada e atualizada constantemente, sendo considerada guia mundial de referência no manuseio, armazenagem, distribuição e transporte aos produtos químicos e perigosos.

Na segunda metade do século XX, observaram-se inúmeros acidentes de grande porte envolvendo PP. Dentre eles, podem ser citados os acidentes de: Flixborough (Inglaterra – 1974), Seveso (Itália – 1976), Vila Socó, Cubatão (Brasil – 1984), Bhopal (Índia - 1984), Cidade do México e San Juan de Ixhuatepec (México – 1984), além de inúmeros outros acidentes ocorridos pelo mundo. A principal semelhança fora o grande número de vítimas fatais ou lesionadas e dessa maneira, tiveram grande influência em todas as medidas de segurança adotadas na cadeia produtiva dos PP, desde sua obtenção na natureza, produção e transformação até o seu transporte (qualquer que seja o meio ou forma, incluindo dutos dos mais diversos tipos).

Após o acidente de Bhopal, o Brasil passou a preocupar-se com os PP. O estado do Rio de Janeiro ao perceber o volume de PP transportado em suas vias, resultado de sua posição geográfica situada entre centros consumidores como Bahia e São Paulo. Deve-se considerar, ainda, a presença de um porto marítimo na cidade do Rio de Janeiro, seu parque industrial e sua produção e refino de derivados de petróleo. O estado de São Paulo também possui características que o tornam vulnerável, como: grande centro de produção e consumo de PP, extensa malha de rodovias e grande densidade populacional.

Dentre essa extensa malha rodoviária, neste estudo pesquisar-se-há a Rodovia Régis Bittencourt, administrada pela Concessionária Auto Pista Arteris Régis Bittencourt e o Corredor Dom Pedro, que é uma rede de rodovias na região de Campinas, cuja principal rodovia é a Rodovia Dom Pedro I. Essa rede de rodovias é administrada pela Concessionária Rota das Bandeiras. Todas as concessionárias que operam dentro do estado de São Paulo foram contatadas, mas somente essas duas concordaram em fornecer dados para a realização desta pesquisa.

1.1 **Problema de Pesquisa**:

Produtos perigosos são substâncias encontradas na natureza ou produzidas por algum processo de transformação e por suas características físico-químicas podem representar risco à saúde, à segurança pública ou ao meio ambiente. É diferente de carga perigosa, pois esta é qualquer tipo de carga transportada de forma inadequada que pode representar perigo, Costa & Ribeiro (2011). As diferenças conceituais podem ser esclarecidas conforme exemplo de Cunha & Castro (2009): "o rotor de uma turbina que pode pesar mais de cem toneladas, é uma carga perigosa quando transportado e na possibilidade de um acidente, mas não é um PP enquanto aguarda ser carregado no pátio da empresa fabricante. Já uma bombona de ácido clorídrico é sempre PP, seja no pátio da empresa fabricante ou durante o transporte".

A Organização das Nações Unidas (ONU), preocupada com os acidentes, designou o Comitê de Conselho Econômico e Social de Especialistas em Transporte de Produtos Perigosos (*Economic and Social Council's Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods*) que criou o *Orange Book* para regulamentar as atividades com PP. A primeira versão do *Orange Book* foi publicada em 1956, que é revisada e atualizada constantemente, além de ser considerada guia mundial de referência no manuseio, armazenagem, distribuição e transporte aos produtos químicos e perigosos, pelo Comitê de Especialistas no Transporte de Produtos Perigosos e pelo Sistema Harmonizado de Classificação e Embalagem de Produtos Químicos. Nela, os produtos químicos são agrupados em nove classes de risco:

- Classe 1 – Explosivos;
- Classe 2 – Gases;
- Classe 3 - Líquidos Inflamáveis;
- Classe 4 - Sólidos Inflamáveis;
- Classe 5 – Substâncias Oxidantes e Peróxidos Orgânicos;
- Classe 6 – Substâncias Tóxicas e Substâncias Infectantes;
- Classe 7 – Material Radioativo;
- Classe 8 – Substâncias Corrosivas;
- Classe 9 – Substâncias e Artigos Perigosos Diversos, ONU (2011).

Isto, porém, não impediu os acidentes de continuarem acontecendo pelo mundo. Em 1976, o acidente de Seveso, na Itália, foi um marco histórico mundial relacionado aos acidentes

envolvendo PP. Resultou na dispersão aérea de produtos tóxicos, dentre eles a dioxina, que é considerada altamente prejudicial à saúde humana. Foram 37234 pessoas atingidas, mas a gravidade da contaminação não foi detectada de imediato. Somente após alguns dias é que se observaram queimaduras, lesões cáusticas e inflamatórias nas áreas não cobertas do corpo, Freitas & Porte (1995). Observaram-se efeitos típicos dessa substância como a cloroacne, além de alterações metabólicas e reprodutivas, Pesatori *et al* (2009). É importante salientar que este acidente ocorreu dentro da área da planta industrial, mas teve forte influência nos protocolos de segurança estudadas e adotadas posteriormente, inclusive em relação ao transporte rodoviário.

Em fevereiro de 1984, o Brasil entrou na lista dos grandes acidentes mundiais com PP, quando ocorreu a explosão de um duto com vazamento de 700 mil litros de gasolina em Vila Socó, Cubatão (SP), provocando a morte de 508 pessoas. Em dezembro do mesmo ano, em Bhopal (Índia), ocorreu um acidente com isocianato de metila, gás tóxico que reage com a água, afetando principalmente os olhos e pulmões devido à umidade apresentada nesses órgãos. Foram cerca de 1800 óbitos e 200 mil internações de urgência, além da morte de animais domésticos, Freitas & Porte (1995), Nogueira (1984). Assim como ocorreu com o acidente de Seveso, o acidente de Bhopal teve origem nas áreas fixas da indústria. Esses acidentes, Seveso e Bhopal, tiveram grande influência em todas as medidas preventivas adotadas na cadeia produtiva dos PP, desde sua obtenção na natureza, produção ou, transformação até o seu transporte (qualquer que seja o meio ou forma, incluindo dutos dos mais diversos tipos).

O Brasil, após o acidente de Bhopal, procurou orientar-se em relação aos PP. O estado do Rio de Janeiro, ao perceber o volume de PP transportado em suas vias, foi pioneiro nas regulamentações a respeito. Verificou-se que 95% dos acidentes ocorriam na fase de produção, armazenamento e transporte. Destes, 80% com alguma forma de vazamento, envolvendo substâncias perigosas tais como o cloro, amônia e fosgênio (um dos resultantes da reação do isocianato de metila com a água), Freitas & Porte (1995). O estado de São Paulo não passou despercebido, pois suas características de um grande centro industrial o torna vulnerável, sendo a unidade da Federação com a maior concentração de eventos negativos relacionados aos PP, Magalhães *et al* (2009), Teixeira Junior (1998). A opção pelo modal rodoviário de transportes é responsável pelo crescimento do transporte rodoviário de PP no país. Verificou-se, ainda, que a maior incidência de acidentes aliada a maior intensidade do tráfego é encontrada nas rodovias federais das regiões: Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo), Nordeste (Bahia) e Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), o chamado Corredor Mercosul, DNIT (2005).

Segundo Castro (2003) o estudo para o cálculo de preços no transporte de cargas no Brasil deve considerar o predomínio do transporte rodoviário no Brasil. Conforme Pedro (2006), o modal rodoviário foi a opção brasileira em seu processo de desenvolvimento. Essa opção pode se observada nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, onde, desde a década de 1950 houve um vasto programa de construção de rodovias. Esse desenvolvimento também gerou problemas à população, com o aumento de veículos transportando PP. Para Nardocci & Leal (2006), as políticas públicas, plataformas e planejamento de desenvolvimento econômico do Brasil nas últimas décadas priorizaram o modal rodoviário que respondia por 70% do transporte de cargas. Rezende (2012) afirma ser inegável a importância do modal rodoviário de carga para o Brasil, pois 58% da movimentação de cargas no país é feita por transporte rodoviário, porém, de acordo com Magalhães *et al* (2009), as políticas e programas de desenvolvimento econômico priorizando o modal rodoviário favorecem inúmeros outros setores, mas igualmente propiciam aumento nas estatísticas de acidentes rodoviários com PP.

Nesse mesmo período, investigações sobre atividades perigosas nas indústrias e nos transportes eram iniciadas no Reino Unido *(UK)* pela Saúde e Segurança Executiva (*Health Safety Executive* - *HSE*). Dentre essas investigações, os incêndios por vazamento de produtos inflamáveis. Assim, foi criado o Serviço de Dados sobre Acidentes Maiores com PP (*Major Hazard Incident Data Service* - *MHIDAS*), que influenciou estudos em outros países da Comunidade Européia (CE), Canadá e Estados Unidos, Harding (1986), Vilchez *et al* (1995). Os registros da base de dados *MHIDAS*, posteriormente foram disponibilizados para estudos e cálculos de frequências ou probabilidades na avaliação de riscos dos acidentes. Em dez anos os registros aumentaram e novas tendências foram consideradas, como o aumento pela atividade exercida (transporte, armazenamento, processamento, dentre outras) e aumento pela localização geográfica (Europa, EUA, etc), Clini *et al.* (1996), Vilchez *et al.* (1995).

Neste trabalho, considera-se a definição de **Incidentes** "como eventos inesperados sem grandes consequências, mas que possam causá-las" e **Acidentes** "como eventos, também inesperados, mas que causam danos materiais, lesões e óbitos", Freitas & Porte (1995). Já Cunha & Castro (2009) lembram que é necessária a distinção entre os termos **acidentes**, **incidentes** e **ameaças**. Os **acidentes** são causadores de danos materiais, lesões ou até a morte, além da possibilidade de contaminação ambiental. Nos **incidentes** as consequências aos acidentes são mais leves. As **ameaças** referem-se aos casos em que os acidentes não ocorrem. Nesses casos, apesar de os acidentes ocorrerem levemente ou não ocorrer, sua importância se deve ao fato de mostrarem que são uma advertência à existência de condições para que ocorra

um acidente. Para o IPEA/DENATRAN. (2006), o acidente também pode ser definido como uma “força externa, súbita, que deixa ferimentos no corpo e na mente” ou, alternativamente, ser considerado um “evento não intencional que produz ferimentos ou danos”. Conforme a Organização Internacional do Trabalho OIT (2002), pela Convenção de nº 174 e a Recomendação nº 181 sobre a prevenção de acidentes industriais maiores. “**Acidente Maior**” é todo evento inesperado, como uma emissão, um incêndio ou uma explosão de grande magnitude. Este tipo de acidente resulta de atividade envolvendo um ou mais PP, ocasionando consequências danosas, imediatas ou de médio e longo prazo aos trabalhadores, à população ou o meio ambiente, dentro da instalação. Isso não é aplicado, entretanto, às instalações nucleares ou indústrias de tratamento de material radioativo, instalações militares e ao transporte fora da instalação, exceto por dutos. Assim, a instalação referida pela Convenção 174 da OIT é aquela que produz, transforma, manipula, utiliza, descarta ou armazena permanente ou transitoriamente, uma ou várias substâncias ou classes de PP, em grandes quantidades, de modo a ultrapassar o limite permitido.

Um problema enfrentado, para o melhor dimensionamento dos acidentes envolvendo transporte rodoviário de PP no Brasil, é que esses acidentes são tratados de forma descritiva e não unificada. Não há obtenção de dados de forma uniforme para o gerenciamento dos riscos envolvidos no transporte de PP no país. Os números, documentos e acesso aos dados, são diversos e distintos entre as instituições e autoridades. Tal fato dificulta a realização de estudos e tomada de decisões, Nardocci & Leal, (2006), Curbani *et al*. (2006), Teixeira Junior, (1998). Os bancos de dados considerados de boa qualidade no Brasil possuem algumas informações em comum, tais como: data e hora do acidente, número da ocorrência, tipo do acidente (tombamento, colisão, abalroamento,...), rodovia e quilômetro do local de ocorrência do acidente. Essas informações, embora sejam comuns, nem sempre são encontrados nos bancos de dados, mas nos boletins de ocorrência. Isto mostra a dificuldade de uma unificação e padronização das informações que, embora tenha sido tentado por várias vezes, não houve sucesso nessas tentativas. Essa dificuldade de padronização resulta na ineficiência de gerenciamento e análises dos riscos, quantificação de custos e até dos protocolos de ação na prevenção ou assistência aos acidentes, IPEA/DENATRAN (2006). Nas análises realizadas das estatísticas dos acidentes com PP, há um grande número relacionado como de causa desconhecida. Isto demonstra falhas no sistema de coleta e tabulação de informações. Essa dificuldade resulta na inadequada implementação de medidas preventivas e de atendimento aos acidentes com PP nas rodovias, DNIT (2005).

Freitas & Amorim (2001) afirmam que, no Brasil, a falta de informações dificulta a tomada de decisões em resposta aos acidentes. Estudos na área são escassos, dificultando a análise dos acidentes e suas variáveis (morte, lesão e evacuação), dos riscos e sua percepção pela população exposta e outros usuários das vias. De acordo com Magalhães *et al.* (2009), a quantidade de informações relacionada aos acidentes no transporte de PP não é suficiente no auxílio à tomada de decisões e planejamento na área de transportes de PP, pois estes acidentes provocam impactos negativos ao meio ambiente, à propriedade pública e privada e principalmente à saúde e segurança da população. A isso se somam a imprudência e a fiscalização deficiente. A dificuldade em se obter informações relacionadas ao produto envolvido no evento, para Freitas & Porte (1995), IPEA/DENATRAN (2006), também pode resultar no retardo das ações de combate, em danos à saúde e em danos ambientais, além de repercutir negativamente na análise dos impactos dessas ocorrências. Os acidentes químicos, perigosos ou não, tem grande impacto à população dos arredores do acidente, pois explosões são causa de inúmeras fatalidades. São comuns nas plantas industriais e por este motivo os trabalhadores locais são as vítimas em maior número, mas atingem também, a população lindeira nas estradas. A dispersão de material químico ou de nuvens tóxicas decorrentes dos incêndios é igualmente perigosa, pois não se limita ao tempo e espaço, ou seja, pode alcançar grandes distâncias ou agir por longo tempo.

O estudo de Mullai & Larsson (2006) mostrou que os acidentes com PP são frequentes no transporte rodoviário (52,1%). Os PP da classe 3 (líquidos inflamáveis) estão entre os mais envolvidos com acidentes no transporte, assim como os produtos da classe 6 (substâncias tóxicas ou infectantes) e da classe 8 (substâncias corrosivas). Esses eventos são passíveis de análises dos riscos sugeridos pelo: "*As Low As Reasonable Probability*" (*ALARP*), conceito onde estão presentes três faixas de risco:

1) que podem ser ignorados ou que apresentam riscos menores que os custos de sua remediação;

2) toleráveis, onde os custos de sua remediação ainda são aceitáveis comparados aos riscos e

3) intolerabilidade, que necessita de interferência para redução de seus riscos.

A classe 3 é a mais transportada e envolvida em acidentes, enquanto os da classe 2 são as que apresentam maior risco à população lindeira e à propriedade quando envolvida em acidentes, devido a sua condição de transporte em tanques pressurizados ou a baixa

temperatura, Mullai & Larsson, (2006). Para a classe 2, em caso de acidente, ocorre o envolvimento maior em vazamentos, incêndios, explosões e liberação de vapor ou nuvem de gás, Chakrabarti & Parikh (2013 a), Chakrabarti & Parikh (2009),

A evolução do transporte rodoviário de PP devido à expansão da indústria química resultou no aumento da ocorrência de acidentes e aumento de vítimas potenciais, Freitas *et al* (2001). Apesar dos acidentes rodoviários envolvendo o transporte de PP ocorrerem em pequena proporção, podem resultar em consequências danosas, sendo consideradas como de "baixa probabilidade - alta consequência" (*Low Probability, High Consequence*), Sherali *et al* (1997). Conforme mencionado, os acidentes no transporte de PP foram regulamentados pelo *Orange Book* por recomendação da ONU, com a finalidade de desenvolver a percepção do risco da população e diminuir a vulnerabilidade diante da possibilidade de acidentes com esses PP.

Certos riscos são aceitáveis em relação a outros e esta aceitação está ligada à vulnerabilidade, pois se houver forma de proteção frente ao perigo, o risco poderá ser menor. O risco pode ser ampliado se a insegurança e violência forem subestimadas na avaliação de seus possíveis danos. Dessa forma, vulnerabilidade é um dimensionamento individual e ao local, enquanto o risco e o perigo são dimensionamentos externos à pessoa, Marândola & Hogan (2006). Para Santos *et al* (2012), a vulnerabilidade é a capacidade de percepção do risco, ou seja, prever um desastre, preparar e adotar medidas que sejam eficazes na proteção a esse mesmo desastre. A análise da vulnerabilidade nesse contexto mostra que ela também é social. Serve para mensurar a atuação do estado na solução dos problemas e as reações dos grupos nos eventos que lhes proporcione segurança. A vulnerabilidade não se relaciona somente à segurança e violência, mas pode analisar uma região por sua infra-estrutura. A vulnerabilidade pode ser vista como "zonas de ocupação" ou "zonas de vulnerabilidade", onde se observam regiões mais periféricas, populosas e condições precárias de infra-estrutura em contraste com outras mais próximas, onde se encaixa o aumento do risco no transporte de PP, Cunha *et al* (2006).

Vulnerabilidade pode ser entendida como um conjunto de aspectos coletivos, cujo contexto leva a maior susceptibilidade a doenças ou agravos, Sanchez & Bertolozzi (2007).

Para Kuhnen (2009), sensação de insegurança, exposição ao perigo ou ainda como instabilidade e exposição a riscos. Entende que há forte ligação entre vulnerabilidade e risco, assim como afirmam Marandola & Hogan (2005), o termo vulnerabilidade não pode ser compreendido sem que se considere o conceito de risco ao colocar em foco os perigos sociais e os tecnológicos, além dos perigos naturais. Acselrad (2006) associa a maior ou menor

sensibilidade das pessoas, lugares, infra-estruturas ou ecossistema na predisposição ao risco. Assim, as noções de risco e vulnerabilidade estão ligadas, pois o pouco preparo a um evento desconhecido e de alto risco, pode originar sensação de vulnerabilidade, Gabor & Griffith (1980).

O modo de vida pode refletir o aumento das incertezas e a sensação de fragilidade frente à exposição direta ou indireta da vulnerabilidade. Esta é a exposição às condições individuais e institucionais que podem aumentar ou diminuir os fatores de risco de ordem física, psíquica e/ou social característicos da vida humana, Santos *et al.* (2012). Dos riscos inerentes aos acidentes com PP, procurou-se observar os rodoviários com participação de produtos perigosos de classe 2 (gases, gases inflamáveis e gases tóxicos) e da classe 3 (líquidos inflamáveis), da classificação da ONU. Estes acidentes apresentam diferentes percepções de risco, perigo e noção de vulnerabilidade. **Risco** é diferente de **perigo**. O **perigo** é a origem ou situação com potencial de perda e o **risco** é a condição existente que aumenta ou diminui a probabilidade do potencial de perda. Diante disso, o perigo como manifestação do risco pode levar danos físicos ou fatalidade à população, SSI-UFPE (2009). Assim, o problema de pesquisa é o risco levado às rodovias e à população lindeira pelos acidentes no transporte rodoviário de PP e suas consequências.

1.1.1 **Questão de Pesquisa**

Este estudo propõe a realização de análises do risco aos eventos perigosos consequentes aos acidentes nas vias e as ameaças às populações localizadas nas suas imediações por meio de cálculos matemáticos sugeridos na literatura internacional. Propõe, ainda, a possibilidade de escolha de novas rotas, a partir de metodologias também sugeridas na literatura internacional, analisadas e sugeridas como forma complementar a análise matemática das vias. A proposta é apresentar expressões matemáticas como ferramentas na análise do risco de acidentes na rodovia e o risco envolvendo a comunidade lindeira. Essas equações podem ser adaptadas à realidade brasileira com o uso de informações obtidas das concessionárias de rodovias. Concomitantemente, far-se-á a análise de risco de outras rotas alternativas. Os resultados facilitarão a identificação dos trechos mais perigosos das vias e às populações adjacentes, indicando sua substituição por outras rotas mais seguras. Irão prevenir e contribuir para a diminuição das estatísticas dos acidentes rodoviários com PP e seus efeitos à população exposta.

Diante disso, **a questão de pesquisa** que se apresenta é:

- Como aplicar essa metodologia de avaliar o risco de acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos, principalmente das classes 2 e 3?

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Como objetivo geral:

Este estudo foi concebido com a perspectiva de analisar o risco de transporte de PP em rodovias do estado de São Paulo. Procurou-se, neste estudo limitar-se aos acidentes com os PP de classe 2 (gases) e 3 (líquidos inflamáveis) da classificação da Organização das Nações Unidas (ONU).

1.2.2 Específicos

Este trabalho tem como objetivo especifico:

1. Analisar e mensurar os riscos de acidentes no transporte rodoviário de PP às rodovias Régis Bittencourt e da rede de rodovias do Corredor Dom Pedro, cuja principal rodovia é a rodovia Dom Pedro I na região da cidade de Campinas.
2. Analisar e mensurar os riscos da população lindeira e dos usuários dessas rodovias diante dos acidentes no transporte rodoviário de PP.
3. Sugerir e facilitar a escolha de rotas mais seguras para o transporte de PP das classes 2 e 3 para as rodovias em questão.
4. Utilizar ferramentas de análise e gerenciamento do risco sugerido pela literatura em acidentes no transporte rodoviário de PP, dentro das regulamentações do "Orange Book".

1.3 Justificativas para estudo do tema

De acordo com Mello Jorge (2013), em 2008, o estado de São Paulo tinha uma frota de 945.483 caminhões. Conforme a Secretaria de Estado dos Transportes – Governo do Estado de São Paulo (2008), os caminhões representavam somente 5% da frota, porém com participação

de 25,3% no envolvimento dos acidentes nas rodovias do estado. A participação nos acidentes com vítimas foi de 16,3% destes eventos e de 29,3% nas ocorrências com fatalidades. Bubbico *et al*. (2004), consideram que os acidentes rodoviários com PP representam riscos à população lindeira, na área de impacto. **O veículo transportador é considerado fonte de risco móvel,** podendo ser objeto de acidente a qualquer momento durante sua movimentação. Estes riscos foram intensamente estudados dentro de conceitos definidos como análises de atividades perigosas (*Hazard Analysis – HAZAN*), embora este termo já esteja em desuso, substituído por Análise Quantitativa do Risco ("*Quantitative Risk Analysis*" – *QRA*), Skelton (1999), Kletz (1999), Kletz (2005).

Os eventos externos, assim como as falhas mecânicas são condições imprevisíveis, seguidos das falhas humanas como eventos causadores de acidentes. Dessa forma, os erros humanos mostram que a capacitação e treinamento dos motoristas profissionais são necessários e importantes para a diminuição dos acidentes, Clini *et al* (1996). Para Verginassi *et al*. (2007) as más condições das estradas e também as más condições e idade avançada de grande parte da frota brasileira de veículos utilizados no transporte de cargas e PP, além da falta de preparo e treinamento dos motoristas, que somados à baixa escolaridade, dificultam a assimilação das informações necessárias no transporte rodoviário de PP, colaborando para os altos índices dos acidentes no transporte rodoviário de PP.

Conforme Clini *et al.* (1996), os acidentes com PP se originam em diferentes locais e tipos de atividades como estocagem, processamento e transporte. De causas distintas, podem ser classificados em quatro tipos diferentes: fogo, explosão, vazamento e nuvem de gás. As sequências mais encontradas são: explosão-incêndio, vazamento-incêndio-explosão e incêndio-explosão. Fogo e explosão são primariamente especificados como eventos do tipo efeito dominó.

Para Mullai & Larsson (2006) e Erkut *et al.* (2007), no transporte de PP os produtos mais frequentemente envolvidos em acidentes são os de classe 3 (líquidos inflamáveis), classe 8 (materiais corrosivos) e classe 6 (substâncias contagiosas e tóxicas), respectivamente. O quarto PP mais envolvido é de classe 2 (gases). Os acidentes com maior incidência são incêndios e explosões com PP de classe 3 e 2, Figura 1.

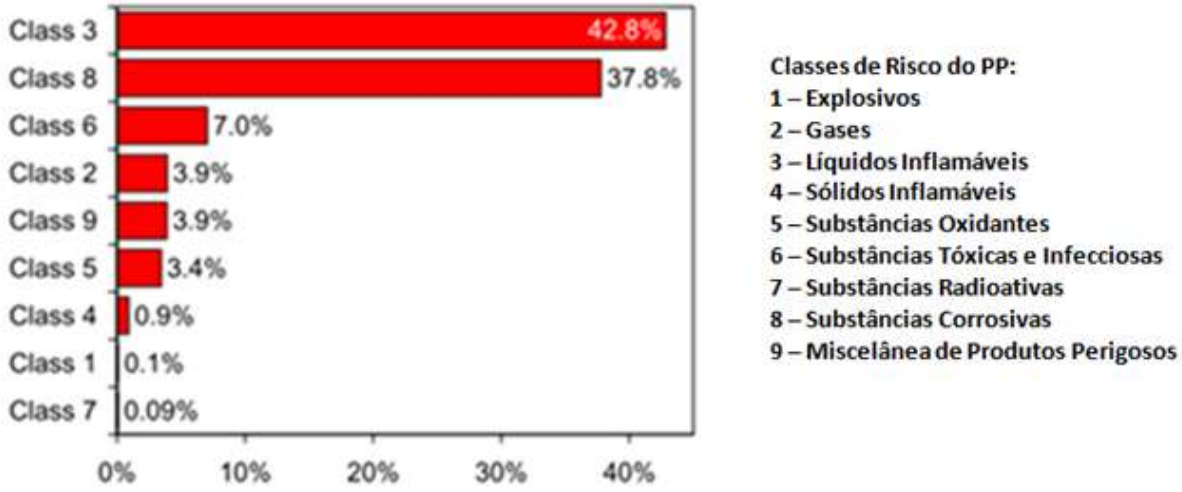


Figura 1. *Ranking* de classes de produtos perigosos envolvidos em todos os incidentes no transporte (US 1993-2004)

Fonte: Mullai & Larson (2006). Traduzido pelo Autor.

Neste estudo, optou-se por estudar os acidentes com PP de classe 2 e 3 (gases tóxicas e inflamáveis e líquidos inflamáveis) pelo maior envolvimento dessas substâncias em acidentes. Excluiu-se os PP classe 6 e 8, para tornar melhor a comparação com a experiência de literatura no trabalho de Chakrabarti & Parikh (2012), que realizaram estudo de risco comparativo para combustíveis (classe 3), gás inflamável (classe 2) e o gás tóxico amônia (classe 2). Os riscos provocados pelos PP estão ligados aos custos dos danos e fatalidades. Os PP mais envolvidos são mais especificamente diesel (classe 3 – líquido inflamável), GLP (classe 2 – gás inflamável) e amônia (classe 2 – gás tóxico).

Conforme Erkut *et al.* (2007), nos Estados Unidos, os líquidos inflamáveis são responsáveis por 42,3% dos acidentes rodoviários com PP, seguido dos PP corrosivos. Os acidentes rodoviários com PP, principalmente os de classe 2 e 3 podem evoluir como incêndios, explosões e emissão de gases tóxicos, individualmente ou pela combinação de substâncias. Reagem entre si, propagam-se pelo vento e podem causar impactos danosos à saúde da população exposta, Freitas & Amorim (2001). Estudos realizados por Abdolhamidzadeh *et al.* (2011) afirmam que, em países desenvolvidos, o alto número de acidentes com PP inflamáveis é decorrente da grande necessidade de energia. Porém, a média de fatalidades por acidente nos países desenvolvidos comparados aos países em desenvolvimento é baixa desde a década dos anos 1950.

No Brasil, conforme observado anteriormente, a falta de informações básicas dificulta a obtenção de dados para estimativa dos danos e custos desses acidentes. Esse obstáculo na coleta de dados dificulta a tomada de decisões em resposta aos acidentes. Estudos na área são escassos, dificultando a avaliação dos acidentes e suas variáveis (morte, lesão e evacuação), dos riscos, de sua percepção pela população exposta e outros usuários das vias. Isso acaba por influir na concepção de políticas públicas e na capacitação, prevenção e resposta aos acidentes com PP, Freitas & Amorim (2001). Um dos poucos bancos de dados relacionados aos PP, o Cadastro de Emergências Químicas (CADEQ) da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), para o período de 2000/2013, mostra 2977 acidentes envolvendo PP no estado de São Paulo, Cadastro de Emergências Químicas (CADEQ) – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (2013). Os acidentes com PP classe 2, 3, 6 e 8 podem ser visualizados na Figura 2.

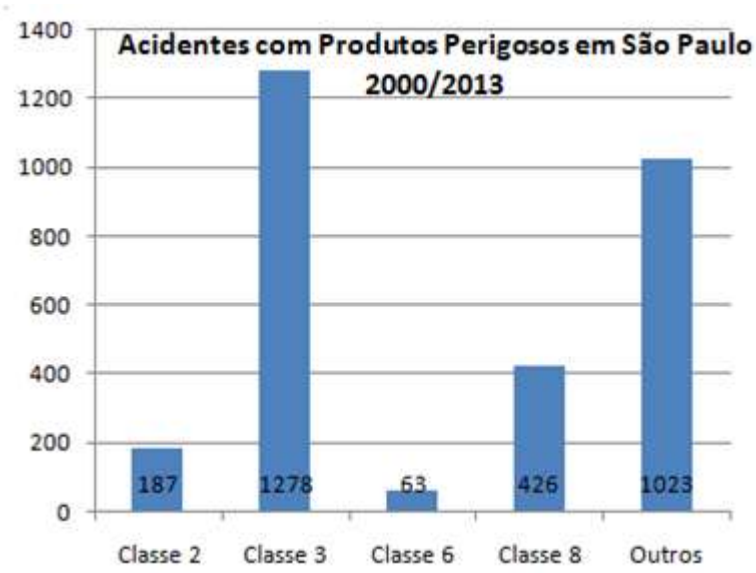


Figura 2. Acidentes com PP no estado de São Paulo no período de 2000/2013.

Fonte: Cadastro de Emergências Químicas (CADEQ) – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (2013).

Comparando-se os dados das figuras 1 e 2, com a ressalva que a primeira relaciona dados de 1993 a 2004 nos Estados Unidos e a segunda focando o período de 2000 a 2013 em São Paulo, Brasil, pode-se observar que a incidência dos principais PP envolvidos em acidentes, ou seja, classes 3, 8, 6 e 2, respectivamente nessa ordem, nos Estados Unidos, é semelhante, à exceção dos PP de classes 2 e 6, que no caso brasileiro, se inverte em relação a sua ocorrência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O Programa Internacional em Segurança Química, instituído em 1980, é uma iniciativa do Programa Ambiental das Nações Unidas, Organização Internacional do Trabalho e da Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization – WHO*). Seu objetivo é propor uma avaliação do risco à saúde humana e meio ambiente expostos a produtos químicos. O Programa Inter-Organizacional de Gestão de Produtos Químicos, criado em 1995 pela Organização das Nações Unidas (ONU) e pela Organização Mundial da Saúde (*WHO*) por recomendação feita pela Conferência para o Desenvolvimento e Meio Ambiente das Nações Unidas em 1992, tem buscado a colaboração e aumento da participação dessas entidades na segurança química relacionada à saúde humana e ambiental, *WHO* (2010).

O Comitê de Especialistas no Transporte de Produtos Perigosos e no Sistema Harmonizado de Classificação e Embalagem de Produtos Químicos publica o *Orange Book*, considerado guia de orientação, sendo usado como referência mundial à manipulação e ao transporte de produtos. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2005) é o Fórum Nacional de Normalização. As discussões e aprimoramento do conteúdo das Normas Brasileiras são de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudos Especiais Temporárias (ABNT/CEET). Essas Normas são elaboradas pelas Comissões de Estudo (CE), compostas por representantes dos setores interessados, tais como: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros). Dessa forma, há uma comissão de técnicos em transportes de PP responsáveis por estudos e elaboração de normas técnicas oficiais relacionadas ao transporte de PP,

2.1 Efeito Dominó

O termo “efeito dominó” não é unanimidade em relação aos acidentes que ocorrem na indústria química. As causas dos acidentes são distintas e podem ser classificados em quatro tipos diferentes: fogo, explosão, vazamento e nuvem de gás. As sequências mais encontradas são: explosão-incêndio, vazamento-incêndio-explosão e incêndio-explosão. Fogo e explosão são especificados como eventos do tipo efeito dominó, cujas conseqüências junto à população afetada pode ser observada por variáveis como: número de mortes, número de vítimas lesionadas e o número de pessoas evacuadas, Clini *et al* (1996), Verginassi *et al* (2012).

Pesquisadores norte americanos e asiáticos consideram empregar o termo “efeito dominó” onde a perda de controle do acidente seja considerada causa de outro acidente,

partindo da tentativa de conter o processo anterior e assim por diante. A Comunidade Européia possui uma visão restrita a situações limitadas a acidentes confinadas ao estabelecimento onde ocorrem. Podem ser o estopim de acidentes em outros estabelecimentos vizinhos, colaborando para uma cascata de eventos. Os tipos de PP mais comuns em eventos do tipo efeito dominó, nas instalações fixas das indústrias químicas, são os produtos inflamáveis derivados do petróleo e produtos tóxicos. A maioria dos eventos do efeito dominó é decorrente de incêndios resultantes de formação de poças após vazamento de produtos inflamáveis da classe 3 (pool fire), seguidos de incêndios provocados por nuvens de vapor dos produtos inflamáveis (*vapour cloud fire*) e de incêndios devido a jatos de fogo (*jet fire*). Os acidentes do tipo incêndio ou explosões são primários ou iniciais, devido a serem os eventos que comumente desencadeiam o processo do efeito dominó. Os eventos de efeito dominó estão diretamente ligados a acidentes nas instalações fixas e transportes. Dentre os modais de transporte, o rodoviário e o ferroviário são os relacionados aos acidentes com efeito dominó, Abdolhamidzadeh *et al* (2011).

2.2 Riscos e Conflitos

Para Beck (2006), os conflitos são ambivalentes como destruição e capacidade de começar novamente, mas com equilíbrio entre os dois. Assim, risco não significa catástrofe e sim a antecipação do mesmo. Dessa maneira, a sociedade de risco se ocupa dos riscos que produziu procurando mitigá-los, como por exemplo, a dependência da sociedade moderna em relação aos PP, que levou a aumento dos acidentes com seu manejo e transporte, resultando em necessidade de prevenção e gestão de seus riscos. Segundo Arruda & Ruscheinsky (2015), posições aparentemente antagônicas como necessidade e comodidade geraram novos produtos e tecnologias para supri-las. Produziram impactos positivos ou negativos pelo maior consumo, tanto dos novos produtos ou PP. O desafio surgido é planejar, adequar e diluir o aumento do consumo pela necessidade ou pelo conforto. Para Bazelon, a noção e clareza do risco são importantes para estabelecer uma medida e resposta, assim, o legislador necessita da opinião do especialista para tomar decisões e não correr o risco da contradição ao esclarecer os riscos à população. Como por exemplo, o motorista de caminhão tanque transportando combustível, mas nem por isso deixa de fumar enquanto dirige, possibilitando risco de acidentes, incêndios ou explosões, por desconhecimento do risco ocasionado pelo seu ato.

As análises dos acidentes de tráfego podem ser prejudicadas pela falta de informações dos bancos de dados, mas podem ser favorecidas pela técnica de análise de conflitos de tráfego. Esta análise emprega os dados do conflito (tempo, ética, história do evento) ao invés dos dados

do acidente, sendo realizado num período de tempo menor, comparativamente aos dados do acidente. Há possibilidade de erro nessa análise, pois os condutores dos veículos podem fornecer informações controversas como ações evasivas relacionadas à diversidade de caminhos, excesso de peso da carga ou ações por precaução como uma frenagem indevida. Estas ações devem ser bem analisadas nessa técnica, Chin & Quek (1997).

2.3 Percepção do Risco

Para Johnson & Tversky (1983), o individual e o coletivo devem ser frequentemente comparados, analisados e assimilados em relação aos riscos. Os indivíduos mantêm o controle de sua rotina, enquanto a sociedade impõe regras após debate público, pois a percepção dos riscos gera repercussões nas políticas públicas. Neste caso, aplica-se a semelhança, previsão e dimensão como forma de aproximar e estudar as relações entre as causas de morte. A partir daí, Vrijling (1995), afirma que se iniciou a percepção do risco e segurança, onde o risco é aceitável desde que a segurança também o seja, pois o desenvolvimento fez prosperar as atividades industriais, de forma tão perigosa quanto às catástrofes naturais. Esse desenvolvimento faz as pessoas observarem a tecnologia como boa ou perigosa e perceberem os perigos como grandes ou pequenos, variando desde guerras até preocupações econômicas. Diante disso, o potencial de percepção de risco é realizado por comparação, Wildavsky & Dake (2013).

Siegrist (2000), diz que grande parte das pessoas não possui conhecimento relacionado a tecnologias avançadas como a tecnologia genética. Por isso, é importante a confiança nas leis que a regulamenta, aos cientistas que pesquisam na área de biotecnologia, bem como nas companhias que trabalham com essa tecnologia. A boa avaliação nessas companhias é o reflexo da confiança conquistada pelas mesmas. Por outro lado, a confiança pode ser entendida como resultado do impacto positivo do risco percebido e do benefício herdado. O tema confiança nunca foi um tópico dominante nem mesmo em sociologia. Os autores clássicos ou sociólogos utilizam o termo confiança nos contextos teóricos. A confiança ampla surge na família e em sociedades pequenas. Sua expansão ocorre pelas relações de amizade. Diante disso, há necessidade de diferenciar familiaridade que é um evento próprio da vida e confiança que é um desfecho específico do risco. Assim, não há como omitir a circunstância da familiaridade quando se pretende investigar a conjuntura da confiança, Luhmann (2000). A confiança é uma relação de competitividade gerada pelas incertezas e impactos com a desconfiança. Estas condições põem a gestão da confiança numa posição mais central e a desconfiança em um ponto mais hostil no qual se pode inclinar à medida que desconfiar predomine sobre o confiar. Esses

tópicos podem ser observados sob três diferentes suposições que vão do exclusivo ao oposto, do bom ao mal, além do equilíbrio à coerência. As interações da cognição e percepção das pessoas podem ocorrer em modos, contextos, intenções e resultados diferentes, Lewicki *et al* (1998). Assim, a percepção e o reconhecimento de uma situação de risco podem ser analisados de formas diferentes.

A percepção de risco, além dos aspectos já mencionados anteriormente e analisados concomitantemente à vulnerabilidade, influencia na tomada de decisões e no comportamento das pessoas, a exemplo de uma pessoa que procura por um imóvel e percebe que a área onde procura é violenta. Ela pode ter a oportunidade de procurar em outro local, porém existem pessoas que não tem esse mesmo julgamento e não se importam com o local. Há ainda a pessoa que vai comprar uma motocicleta, embora saiba dos riscos alardeados por muitos, ela não tem a mesma percepção. Por isso, a confiança pode ter caráter individual ou coletivo, conforme a confiança seja observada em tecnologias ou entidades específicas. As pessoas que manifestam confiança constatam menos riscos do que as outras, pois a confiança se baseia em relações sociais, valores compartilhados ou experiências, Siegrist *et al* (2005). A percepção do risco e a vulnerabilidade (além dos aspectos já vistos anteriormente) apresentam influência de aspectos como raça, gênero, localização geográfica, classe social e econômica, nível educacional, dentre outros. Para Satterfield *et al* (2004), as classes menos favorecidas se apresentam com menor percepção de risco.

Assim, confiança no governo, autoridades e na mídia pode ser o diferencial na comparação entre o senso de percepção de risco em populações diferentes. Seu entendimento pode ser paradoxal, pois um local com alto padrão de confiança pode apresentar baixa percepção de risco, porém sua ligação é muito forte a ponto de muitos pesquisadores considerarem o problema como simplesmente teórico, pondera Sjösberg (1999). É importante a confiança na informação inerente à comunicação de risco (esclarecimento da população), no consenso entre matérias relacionadas à saúde e temas controversos dos riscos ambientais. Quando se consideram as duas vertentes, como saúde coletiva e riscos ambientais devido ao transporte de PP percebem-se apenas a promoção dos interesses de ambos os lados. Estes interesses permitem comparar esse conflito com um jogo de pôquer onde o blefe é uma possibilidade. Essa tática de uso da comunicação de risco possibilita resultados aparentemente realistas, mas abusivas diante da confiança pública, adverte Leiss (1995).

O gênero abordado na percepção de risco possui diferenças, cujas principais são:

1. As mulheres sentem-se atemorizadas com problemas ambientais;

2. São impulsionadas com problemas locais e familiarizadas com as questões ambientais;
3. Elas possuem maior preocupação relacionada à vida e procriação, enquanto os homens estão voltados ao emprego e crescimento econômico.

Diante disso, não há dúvidas relacionadas à percepção de risco e diferenças de gênero, mas há contradições. Pessoas que vivem em áreas com múltiplos riscos possuem percepções diferentes das pessoas cujos riscos sejam esclarecidos pelos diversos meios de comunicação. De acordo com Greenberg & Schneider (1995), isto pode explicar porque as mulheres permanecem presentes em locais onde os riscos químicos acontecem.

Pela sua baixa percepção do risco os acidentes com PP se enquadram no conceito utilizado nas definições de PP nos Estados Unidos e Europa, de "baixa probabilidade - alta consequência" ("*Low Probability - High Consequence*"). Observa-se que muitos veículos transportando PP chegam a seus destinos com segurança, mas alguns causam acidentes. Estes, apesar de pequeno número, causam danos que podem provocar mortes, muitos feridos, danos à propriedade e meio ambiente, Cappanera & Nonato (2014). Tal fato mostra a importância dos fatores envolvidos nos riscos, como a escolha das rotas viárias, das distâncias origem-destino, da população exposta e seus riscos, Sherali *et al* (1997).

Para Slovic (1987), o desenvolvimento químico e tecnológico é acompanhado de potenciais causas de danos a todas as formas de vida e ao meio ambiente. Sua complexidade, seus efeitos danosos e consequências não são frequentes ou imediatas, dificultando sua compreensão pela população. Esses fatos trouxeram a necessidade da gestão do risco (*Risk Management*) e o auxílio na compreensão do perigo, a "Percepção do Risco" (*Risk Perception*). Kasperson (1988) determina que a percepção de risco possa ser maior ou menor conforme interações comportamentais, psicológicas, sociais e culturais. O comportamento social e econômico é a avaliação dos impactos da atividade humana como danos diretos, que incluem mortes, lesões, doenças e danos ambientais.

A formação científica e a pública são relevantes, mas não suficientes para o esclarecimento das polêmicas, pois a opinião científica é mais tecnicista e a pública mais emotiva em seus valores e ideologias. A maior participação pública seja na análise dos riscos ou na tomada de decisão diante dos riscos resulta em maior legitimidade e aceitação das decisões, de acordo com Slovic (1999). Por vezes, as decisões são tomadas com a finalidade de obter melhores resultados para si mesmos em questões privadas (individuais) ou questões sociais (coletivas), principalmente nas ações relacionadas à saúde. Ambas necessitam de reconhecimento e compreensão dos riscos e benefícios associados às ações tomadas, Fischhoff

et al. (1993). A mitigação ou prevenção de riscos precisam considerar a percepção. O conhecimento, compreensão e aceitação do risco se fazem necessários para a eficiente diminuição da vulnerabilidade da população, Kuhnen (2009).

2.4 Risco Individual e Risco Coletivo

Para o conceito "*As Low As Reasonably Practicable*" (*ALARP*) ou "Tão Baixo Quanto Razoavelmente Praticável", Höj & Kröger (2002) se referem às áreas de aceitabilidade e intolerabilidade do conceito "*ALARP*", como regiões sem necessidade de intervenção e com intervenção obrigatória, respectivamente. A "área cinza" ou a faixa central desse conceito deve sofrer intervenções de redução de risco se os custos de sua implementação não forem desproporcionalmente maiores que os causados pelo risco, Figura 3.

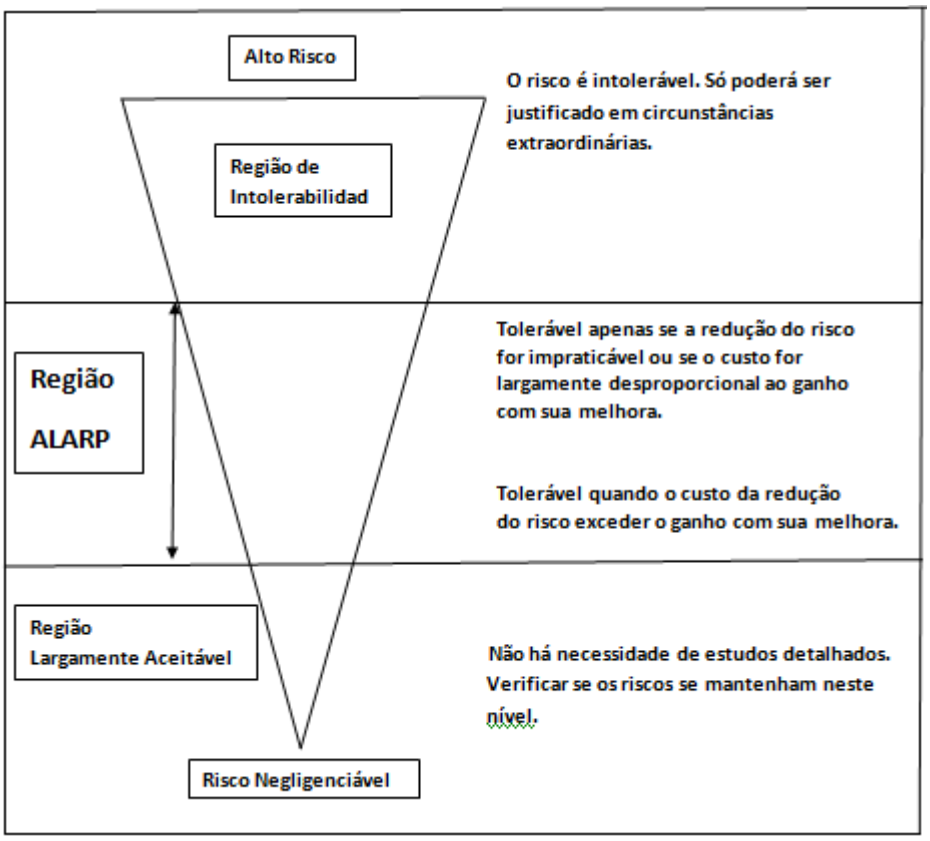


Figura 3. Avaliação do risco com a metodologia ALARP (Tradução do autor)

Fonte: Höj & Kröger (2002). Traduzido pelo Autor

Galve *et al* (2012) dizem que a mitigação, prevenção e redução da vulnerabilidade aos riscos tem importância na adoção de estratégias de infra-estrutura. Estas estratégias, como correção das vias de rolamento, são medidas de alto custo, mas que se não forem assumidas, podem causar danos individuais ou coletivos. Portanto, a análise de custo-benefício dessas estratégias comparado ao risco de dano a pessoas deve passar pelo conceito "*ALARP"*. O que significa tomar como comparação: o ganho econômico versus o risco social. A tolerabilidade máxima da estratégia deve ser estimada como o risco de perder uma vida e o investimento máximo aceitável nas estratégias de infra-estrutura. Para Aven (2009), o risco se confunde com a análise de risco e as incertezas. Confunde-se também, das probabilidades com as consequências e no cálculo de probabilidades ou nas avaliações de perda de vidas ou danos. Percebe-se que o risco é a probabilidade, como expressão de incerteza resultante da consequência, *o "ALARP"*. Bris *et al* (2014) afirmam que o conceito "*ALARP"* pode ser adotado com a finalidade de reduzir o risco dentro de parâmetros como a segurança. Assim, três avaliações são fundamentais: a necessidade, a implementação e redução dos riscos.

Já Baybutt (2014) diz que o conceito "*ALARP"* baseia-se em reduzir os riscos, mas os valores, tempo, esforço e recursos não devem ser os objetivos. Kletz (2005) confirma o fato do conceito "*ALARP"* estar sendo aplicado em indústrias e no transporte de PP para redução de riscos, porém dentro de custos aceitáveis. Isto pode reduzir a segurança à população. Dessa forma, de acordo com Vinnem (2010), a responsabilidade empresarial deve ser manifestada com a elaboração de normas e pela tomada de decisões após a análise de riscos. Estas são formas de propor soluções dentro do conceito "*ALARP"*. Segundo recomendação de Kletz (2005), a quantificação do conceito *"ALARP"* define o risco do acidente e o próprio acidente comparado ao seu possível custo. Dessa forma, se o risco for menor ou igual ao custo relacionado à sua prevenção, pode ser aceitável. Poderá ser tolerado se estiver dentro de uma faixa inferior, representando aceitabilidade. Em uma faixa superior tem-se a intolerabilidade. A partir dessa faixa, o risco só poderá ser justificado em circunstâncias excepcionais. O alto risco e seu custo de prevenção deverão ser priorizados. Para Jones-Lee & Aven (2011), o princípio *ALARP* tem a finalidade de redução dos riscos e seus custos. Se alcançado o nível tolerável máximo, este deverá ser reduzido ou a origem deste risco ser eliminado.

A probabilidade de morte ou taxa de fatalidades do risco individual nas vias, de acordo com Bottelberghs (2000), seria de 10^{-6}. O valor de 10^{-6} é estipulado nos estudos de risco individual dentro dos critérios de aceitabilidade de riscos desenvolvidos para a atividade de transportes. Conforme Chakrabarti & Parikh (2013 b), pode ser representado nas faixas de

tolerabilidade do princípio *ALARP* entre 10^{-3} (local de trabalho) e 10^{-6} (nas vias). Pode ainda, variar de acordo com os segmentos de rota escolhidos e estudados. Aven (2012) avalia que o risco é fundamentado em modelos de probabilidade ou incertezas com base em frequências dessas probabilidades. Philipson & Napadensky (1982), por sua vez, afirmam que o risco é a probabilidade de falha ou fracasso consequente a um evento externo e, gera perdas ou danos a uma determinada pessoa (**risco individual**) ou grupo de pessoas (**risco coletivo**). De acordo com as ponderações de Christou *et al.* (1999), Torretta *et al* (2013), o risco individual é a probabilidade de morte ou risco de lesão de um indivíduo sem qualquer proteção ou equipamento de proteção individual (EPI) exposto a um acidente em um ponto específico e o risco coletivo é a ocorrência de qualquer acidente resultando em fatalidades a uma população exposta em qualquer ponto dentro da área de risco. Para Jonkman *et al* (2003), o risco individual é a probabilidade média de morte a pessoas sem proteção e nas proximidades dos locais de acidentes, a partir da fonte causal. Estas características são computadas como média anual de probabilidade de morte igual a 10^{-6}. O valor pode ser reduzido conforme o local e a distância do evento. O risco coletivo é definido como a relação entre a frequência e a densidade da população exposta a um local ou atividade perigosa, delimitando o número de mortos nessa área, não importando onde ocorra o dano dentro da mesma, Figuras 4 e 5.

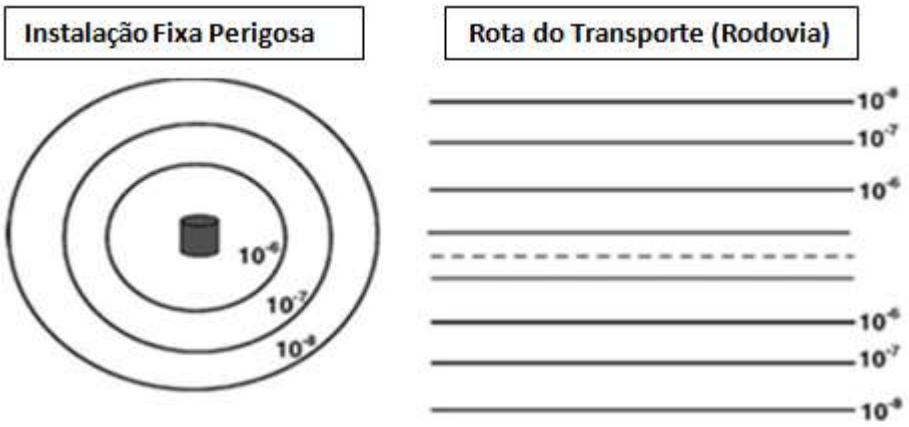


Figura 4. Característica do Risco Individual no entorno para as instalações fixas (ponto de origem) e para a rota do transporte (linha de origem)

Fonte: Jonkman *et al* (2003). Traduzido pelo Autor.

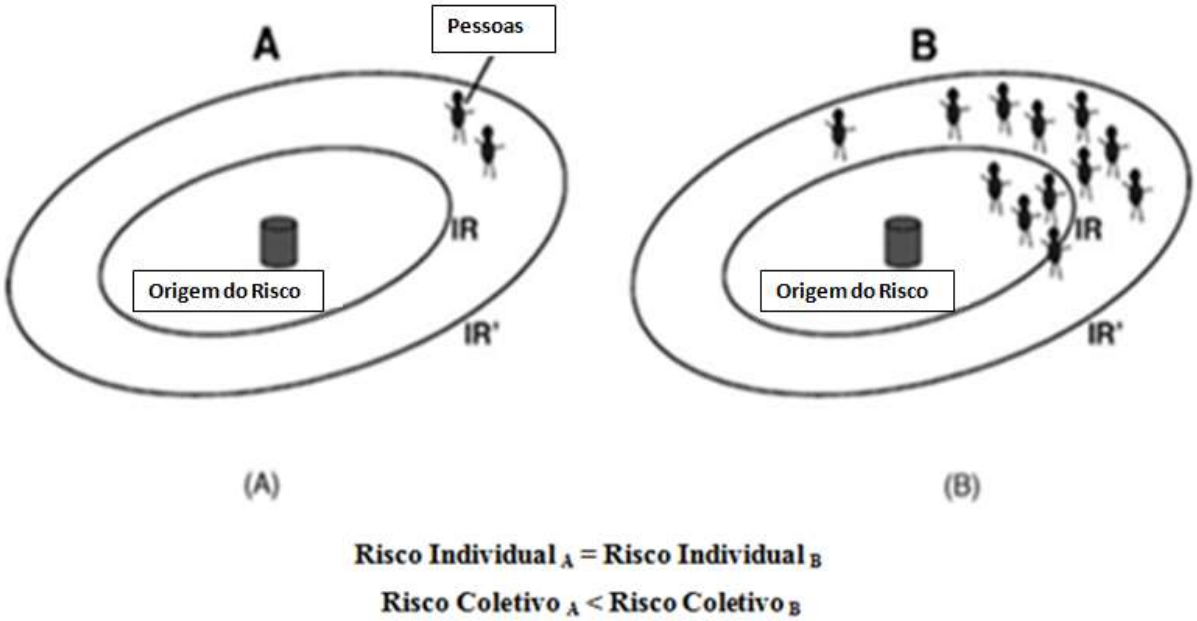


Figura 5. A diferença entre risco individual e coletivo. Ambas as situações têm níveis de risco individual iguais. Devido a densidade populacional maior da situação B, o risco coletivo em B é maior.

Fonte: Jonkman *et al* (2003). Traduzido pelo Autor.

Conforme Fabiano *et al* (2002), o risco individual é considerado como 10^{-6} ao ano, de acordo com o critério aceito nos Países Baixos. O risco coletivo também segue o mesmo critério, porém com base no conceito *ALARP*, Figura 6. Por outro lado, para Renjith & Madhu (2010), o risco individual é o risco a uma pessoa nas proximidades do mesmo, considerando-se a natureza do dano, sua probabilidade de ocorrer e o tempo para se estabelecer. Pode ser estabelecido individualmente ou para um grupo de indivíduos mediante um incidente ou um conjunto de incidentes. As mensurações para o risco individual possuem valores diferentes.

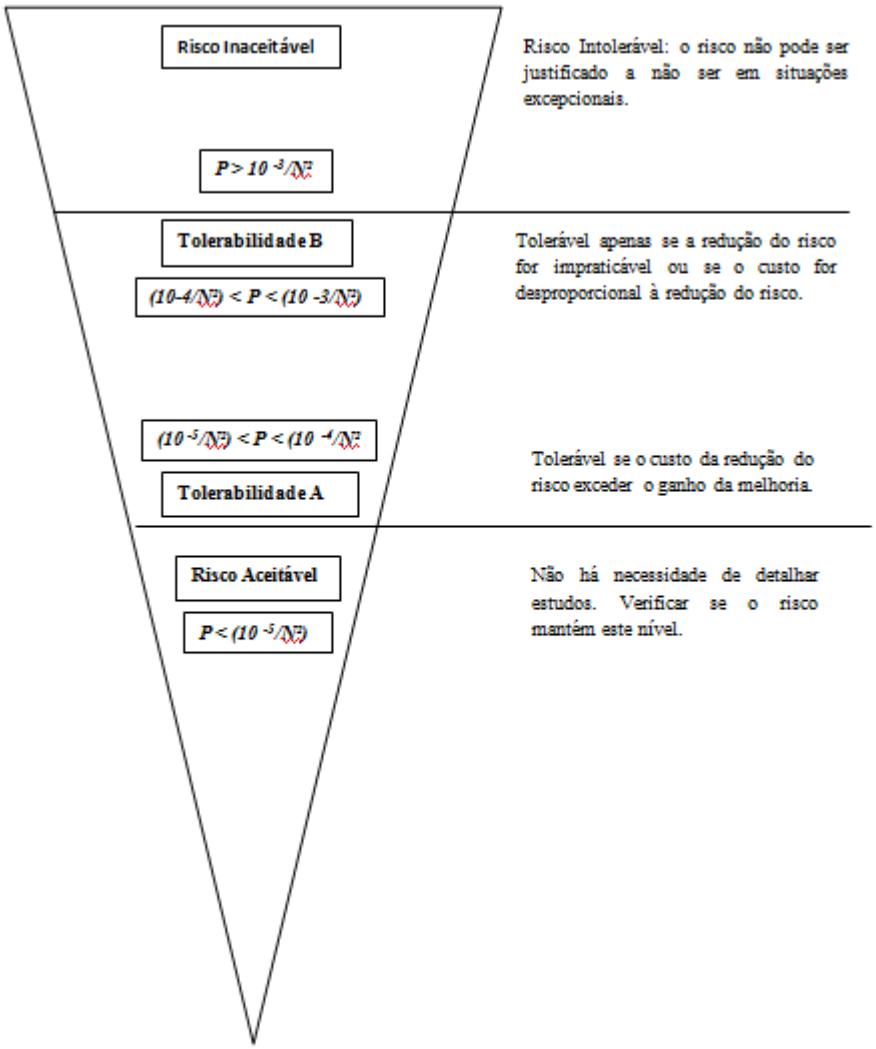


Figura 6. Aceitabilidade dos critérios de risco e o conceito ALARP.

Fonte: Fabiano *et al* (2002). Traduzido e adaptado pelo autor.

2.5 Análise do Risco e Avaliação do Risco

2.5.1 Análise do risco é a estruturação quantitativa ou qualitativa no estudo dos impactos ou no cálculo das probabilidades dos perigos virem a acontecer frente ao risco, SSI-UFPE (2009). Seu conhecimento no plano físico e social evolui por intermédio da gestão do risco no sentido de melhorar o bem estar social, MacGill & Siu (2005). Assim, técnica de Quantitative Risk Analysis (QRA) é uma forma de avaliação de riscos nas instalações industriais ou nas vias durante o transporte de PP, na determinação do risco individual e social ou ao redor de uma

área caracterizada por certas atividades às quais os cenários de acidente podem associar-se, Ronza *et al* (2007).

.

2.5.2 Avaliação do risco é um método de análises científicas, cujos resultados são termos quantitativos ou qualitativos da probabilidade de dano, somado à exposição a um produto químico. É, ainda, composto por outros dois elementos: Gestão de Risco (*Risk Management)* a metodologia que identifica, determina e prepara a resposta ao risco e a Comunicação do Risco (*Risk Communication*) é o esclarecimento da população a respeito do risco, *WHO* (2010).

De acordo com Plough & Krimsky (2014), a definição de Comunicação de Risco é variada. No início tinha a finalidade de gerir o risco. Atualmente possui conotação voltada para políticas públicas, principalmente na análise de comportamento na Percepção do Risco ou no objetivo de informar a população sobre a existência, natureza, forma, severidade ou aceitabilidade do risco. Segundo Leiss (2015), a Comunicação de Risco deve ser interpretada como fluxo de informações e análises do risco de interesse às pessoas. Os informes podem ser foco de controvérsia quando seu uso é feito de forma alterada ou seletiva. Pode, ainda, ocorrer de uma informação ser divulgada corretamente, mas entendida equivocadamente pelo público. Isto posto existe a preocupação da correta divulgação dos fatos no consenso social, principalmente os relacionados a riscos à saúde.

Para Fishefl & Challenges (1991), a Comunicação de Risco tem o objetivo de avaliar e interpretar os riscos pelos especialistas e posteriormente informar às pessoas, que vão apreciar essas informações e tomar suas decisões. A informação rejeitada é interpretada como não compreendida, porém, algumas vezes o poder ou grupos de pessoas fazem uso disto para pressão política ou obstruir projetos impopulares. Mc Comas (2006) entendem a Comunicação de Risco como uma forma de troca de informações entre pessoas, grupos e instituições na análise, caracterização e gestão do risco, após sua interpretação.

A Comunicação de Risco, no entendimento de Bier (2001), possui múltiplas estratégias para diferentes finalidades. Essas estratégias irão influenciar o êxito ou não da análise e comunicação de determinado risco ou na regulação da tomada de decisões na informação do risco. Sem a devida análise e avaliação, pode não atingir o interesse e preferência dos cidadãos individual ou coletivamente. Mesmo as comunicações triunfantes podem apresentar resultados diferentes. Isto explica por que a Comunicação de Risco obtém poucos resultados apesar de expressiva participação na literatura.

Høj & Kröger (2002), estabelecem que os critérios da avaliação do risco serão adotados após a análise do risco. A política de segurança e organização é obtida após o conhecimento dos perigos, seus cenários e respectivos riscos. Dessa forma, pela SSI-UFPE (2009), a estruturação quantitativa tem como objetivo o cálculo de valores numéricos aos resultados obtidos durante a fase de análise. Por outro lado, a estruturação qualitativa não prevê atribuição de valores absolutos e, assim, faz cálculos relativos, sendo combinado com workshops ou questionários para então serem apreciadas as vulnerabilidades e posteriormente considerar a análise do custo/benefício.

Nesse contexto, Jonkman *et al* (2003) apresentam o gerenciamento do risco como monetarização da vida humana. Os pequenos danos devem ser contabilizados nos sistemas de gerenciamento do risco e segurança, ou seja, a análise depende do custo/benefício. Para Vrijling (1995), aceitar o risco envolve a análise do custo e benefício. Pode ser individual, quando limita o risco e age como redutor de sua percepção. No caso do coletivo, considera-se como risco total, definido como a relação entre a frequência e o número de acidentes por ano ou quanto maior o número de acidentes, maior sua frequência, consequentemente maior o risco.

O gerenciamento do risco se mostra necessário, mas seu uso não implica em extinguir o risco, e sim sua redução a um mínimo aceitável, conforme a Lei dos Grandes Números, DNIT (2005). A Lei dos Grandes Números define que em eventos casuais com possibilidades diferentes e independentes, as aproximações são mais exatas quanto maiores forem as tentativas. Por exemplo: se jogarmos uma moeda para o alto, ao cair, a possibilidade de obter uma face específica (coroa) seria de 50%, dentro de um universo de dois eventos, cara ou coroa. Porém, essa probabilidade é aproximada, sendo mais exata quanto maior forem as tentativas de lançar a moeda, ou seja, quanto maior o número de lances, menor o desvio, aproximando à zero, em relação ao resultado de 50%, Pasquali (1997).

4. RISCOS E ACIDENTES DE TRANSPORTE

3.1 Situação no Brasil

No Brasil, a Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM) criou o Programa de Atuação Responsável um programa similar a um programa canadense criado pelo *Canadian Chemical Producer Association (CCPA)*, o "Cuidados Responsáveis" (*Responsible Care*) com

a preocupação pela segurança e saúde dos trabalhadores, além da proteção ambiental, criado em 1984, Strauch (2004). Da mesma forma, Galembeck *et al* (2007) e Balliana Jr (2010) também fazem menção ao programa canadense “Responsible Care” com a finalidade de proporcionar maior segurança aos trabalhadores, tanto das instalações industriais quanto no transporte de PP e ao programa “Atuação Responsável” pela Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM), também com a finalidade de prevenção e redução de riscos relacionados aos PP no país.

No estado do Rio de Janeiro começaram as primeiras iniciativas relacionadas aos PP. O estado possui características que favorecem os incidentes/acidentes. Possui localização geográfica próxima aos grandes pólos consumidores de produtos químicos, como os estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Bahia, ocasionando grande movimentação no transporte rodoviário de PP. Devido a esse aumento da movimentação, podem ocorrer os acidentes agudos com produtos químicos perigosos, chamados "acidentes químicos ampliados", que se manifestam como explosões, incêndios, emissões ou a combinação dos mesmos na causa dos danos, aumentaram sua ocorrência. A característica maior desse tipo de acidente é o grande número de vítimas fatais e atingiu a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e seus afluentes, que são os responsáveis pela maior parte do abastecimento de água do estado do Rio de Janeiro. Essas regiões são as que apresentam maior número de acidentes tanto em áreas fixas como no transporte de PP. Devido às dificuldades encontradas nos registros do órgão ambiental do estado do Rio de Janeiro, o SPCA-FEEMA, informações básicas como: população exposta, número de vítimas, número de evacuados e estimativa de danos ambientais, são limitados para uma análise preliminar dos eventos impactantes à saúde, Freitas & Porte (1995).

Pela Confederação Nacional de Municípios (2009), as características das nossas fontes de informações não parecem ter tido mudanças significativas, pois na atualidade, o Brasil possui três bases de dados relacionados a mortes em acidentes de trânsito. São bases diferentes que, se analisadas separadamente, podem levar a resultados distintos e até distorcidos. São elas: Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), que se baseia nos Boletins de Ocorrência elaborada pela polícia, o registro de mortes no local onde ocorre o acidente. As mortes de vítimas levadas aos hospitais nem sempre são declaradas como resultantes de acidente de trânsito (AT). O Banco de Dados do Sistema Único de Saúde do Ministério da Saúde (DATASUS) faz uso da coleta de dados a partir das Declarações de Óbito emitidas pelos hospitais. Nos casos de morte violenta, como as decorrentes de AT, os corpos são enviados e submetidos à necropsia no Instituto Médico Legal que emite a Declaração de Óbito, porém,

muitos casos são subnotificados nos hospitais que não declaram a causa da morte como de AT. Os dados do seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre ou por sua Carga a Pessoas Transportadas ou Não (DPVAT) podem apresentar informações distorcidas, pois nem sempre as pessoas têm conhecimento do seguro DPVAT e dessa forma não requisitam a indenização ou o fazem tardiamente, aumentando as estatísticas de anos posteriores.

Em São Paulo, de acordo com Nardocci & Leal (2006), não há uniformidade das informações coletadas pelas instituições responsáveis pelo registro dos acidentes com PP. A análise de dados dos registros de acidentes rodoviários com PP tem sua importância pelo impacto à saúde da população resultante das conseqüências desses acidentes. Ocorrem dificuldades decorrentes da falta de bancos de dados específicos para os PP, o que ocasiona falta de subsídios na tomada de decisões no planejamento, estruturação e implementação de novas políticas. Para Santos (2006) é primordial a criação de uma fonte de dados nacional que possa fornecer informações intersetoriais unificadas no atendimento aos acidentes com PP.

As adversidades decorrentes dos acidentes no transporte com PP estão relacionadas à imprevisibilidade inerente à distância da base produtiva. Hoje, o combate aos impactos negativos dos acidentes, não se limita à planta industrial, mas também ao cenário acidental, na rota do transporte. Apesar de todos os cuidados, o transporte passou a ser causa dos impactos negativos no parque industrial. Assim, o transporte de PP passa a ser o objetivo das ações de segurança e diminuição de custos nos acidentes rodoviários, Strauch (2004). O modal rodoviário, no Brasil, é o mais importante no transporte de PP. Ao transporte se somam produção e armazenamento que possuem características distintas, consideradas estratégias a serem desenvolvidas individualmente no que se refere ao gerenciamento dos riscos, Curbani *et al*. (2006). Nesse gerenciamento, a eficácia das ações de segurança é decorrente principalmente do governo, de empresários e da sociedade. As situações de risco pela exposição da carga podem ser enumeradas como: colisões, mau acondicionamento da carga, más condições de trânsito, más condições de manutenção e traçado da pista.

Além das condições do transporte, o fator humano, que compreende a habilidade e as condições do motorista são significativos nessa exposição, Lieggio Junior *et al*. (2011). O fator humano somado à falta de fiscalização, que mostra a ausência do poder público, pode ser percebido nas falhas resultantes pelo comportamento perigoso na “direção veicular” em rodovias rurais. Esses comportamentos se apresentam como excesso de velocidade, ultrapassagens proibidas, conversões proibidas e outros descumprimentos da Lei de Trânsito,

DNIT (2005). As altas estatísticas dos acidentes nessas rodovias. De acordo com Ferreira (2003), somam-se características como faixa de idade (mais significativa para os motoristas que trabalham com transporte de PPs está entra 30 a 49 anos de idade (71%). O rendimento nessa atividade é maior, sendo que 65% recebem acima de cinco salários mínimos, em comparação aos 29% dos condutores de cargas em geral. O nível de escolaridade também é 32% maior, comparado a outros motoristas. Makowski & Ballardin (2003) observaram em sua pesquisa, num universo de 18 motoristas , a maioria dos motoristas apresentavam idade entre 40 e 55 anos, 11 trabalhando no transporte de PP há 20 anos e 7 entre 10 e 15 anos. Com relação ao grau de escolaridade, três apresentavam segundo grau completo e 14 indivíduos cursaram pelo menos parte do primeiro grau. Para Strauch (2004), a média de idade dos motoristas no transporte de PP é de 41,2 anos de idade e a média de tempo de serviço de 12,6 anos. A escolaridade apresentada: só alfabetizados somam 6,2%, com primeiro grau completo haviam 77,5%, segundo grau completo haviam 15,7% e nível superior foram encontrados 0,6%. Conforme Verginassi *et al.*(2007), os dados da Seção de Policiamento e Fiscalização da Polícia do estado do Mato Grosso, região Centro-Oeste do Brasil, mostram alguns perfis dos motoristas transportadores de PP, tais como idade média de 42 anos de idade, média de tempo de trabalho no transporte de PP de 15,3 anos, motoristas com mais de 60 anos de idade num total de 5,3%. A baixa escolaridade (80% apresentam ensino fundamental, 8% ensino médio e 3% ensino superior) pode contribuir para a dificuldade de assimilação, pois muitos desconheciam o significado dos rótulos de risco e painel de segurança, que identificam o tipo de produto e a periculosidade do PP transportado. O despreparo e falta de treinamento dos motoristas decorrentes disso contribuem para a falta de segurança no transporte de PP.

3.2 A Legislação referente aos Produtos Perigosos no Brasil

A referência mundial, como já citado anteriormente, é o *Orange Book*, porém o amparo legal no Brasil é a Constituição Federal e os vários dispositivos legais federais, estaduais, municipais, do Distrito Federal e Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Todos relacionados ao transporte de PP, Santos (2006), David (2007), Costa & Ribeiro (2011), Anexo A.

Normatizações da Associação Nacional de Normas Técnicas (ABNT) (2005) são utilizadas, adicionalmente, como referências complementares ao Orange Book, em relação aos

acidentes rodoviários com PP no Brasil. Conforme Strauch (2004) são elaboradas pelas Comissões de Estudo (CE) formadas por técnicos especialistas dos setores produtivos (indústrias), consumidores e representantes neutros das universidades e laboratórios. O conteúdo das normas brasileiras (NBRs) é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros, sem fins lucrativos. No caso dos PP é o Comitê Brasileiro 16 (CB 16 - Transporte de Produtos Perigosos) composto por técnicos atuantes na área. As principais NBR- CB 16 são apresentadas no Anexo B.

Verifica-se grande número de instrumentos legais que se complementam, mas, apesar de todos esses aparatos, os municípios, estados e governo federal atuam de modo isolado, segundo Santos (2006), ou seja, para um veículo transportando um determinado PP, ao trafegar por mais de um estado, cada estado ou município pode, para uma mesma infração, multar o transportador por motivação diferente. Poderíamos exemplificar, hipoteticamente, um transportador com uma carga de um PP qualquer cruzando dois estados da federação. Deverá portar documentação referente ao PP transportado comprovando estar de acordo com as legislações sobre o transporte de PP não só estaduais, mas também referentes às regulamentações dos municípios por onde trafegar, pois as leis e regulamentações locais podem ter alguns aspectos diferentes e assim, passíveis de multas. Conforme Guerra (2011), tomando-se por base a lei de proibição de exploração de atividade econômica, a exemplo do amianto (Lei, do Estado de São Paulo, nº 12.684/2007), o Estado atua como intervencionista. Antes, exercer uma atividade econômica bastava o investimento do empreendedor, pois não havia a preocupação ambiental e por isso não havia leis de proteção do mesmo. Este contexto mudou, surgiu o Direito Ambiental e um grande número de normativas de proteção ao meio ambiente e na Constituição Federal, o artigo 225 e seus parágrafos e incisos. Posteriormente ocorreu a ampliação do conceito de meio ambiente (artigo 3, I, da Lei nº 6.938/81). Atualmente, apesar dos direitos presentes à coletividade, dúvidas começaram a surgir, pois o artigo 23 da Constituição Federal estabelece competências à União, Estados, Distrito Federal e Municípios. Assim, o que era para ser desenvolvido como uma “cooperação” passou a funcionar como uma “competição” com perdas para toda sociedade. O hipotético exemplo do amianto pode ilustrar a situação, pois o uso do amianto é proibido no estado de São Paulo, que por sua vez não proíbe sua circulação nas vias estaduais desde que não seja descarregado e comercializado em qualquer estabelecimento comercial e sim, destinado a outro local fora do estado.

4.3 O exemplo da Índia e da França.

A evolução econômica e social na Índia repercutiu na rede de rodovias do país. Analisando o tráfego de veículos, verifica-se que houve um aumento no transporte de PP e, em decorrência, dos acidentes com esses produtos, com feridos e mortos. A análise da tolerabilidade do risco modificou-se a partir do crescimento da frota de veículos. Esta foi de 1,86 milhões em 1971 para 70 milhões em 2004. Os mortos e feridos por acidentes de tráfego na zona rural são respectivamente 61,7% e 60,2% do total. A participação dos veículos transportando PP nessas fatalidades é de 28,7%, Chakrabarti & Parikh (2013).

Na Índia, os três PP mais frequentemente envolvidos em acidentes são os de classe 3 (líquidos inflamáveis), classe 8 (materiais corrosivos) e classe 6 (substâncias contagiosas e tóxicas), somando em torno de 88% nesse envolvimento. O quarto PP mais envolvido é de classe 2 (gases) que somam 10,6%. Os riscos dos produtos químicos e produtos químicos perigosos estão ligados aos custos dos danos e fatalidades nos acidentes com PP, especificamente diesel (classe 3 - líquido inflamável), GLP (classe 2 - gás inflamável) e amônia (classe 2 - gás tóxico), segundo Chakrabarti & Parikh (2012).

A França possui tráfego intenso ligando o país de norte a sul, leste a oeste e ainda a vários países com os quais faz fronteira no continente. É importante o trajeto que passa pela região do vale de Ródano e se estreita na região de Lyon. Em determinadas horas a região central desse local possui uma densidade populacional superando 20.000 habitantes/km^2. Há um túnel local, de grande extensão, por onde o transporte de PP, em média de 300 caminhões/dia é proibido e por isso, estes são obrigados a desviar do túnel, seguir pelo centro da cidade e depois por uma estrada com encosta íngreme e muitas curvas. Os produtos mais transportados e com grande potencial catastrófico em casos de acidentes, estão relacionados ao transporte de combustíveis, *LPG* (*liquefied petroleum gas*), amônia e cloro. Apesar disso, média é de quatro acidentes com PP/ano. Existe uma via alternativa, mais longa, porém três vezes menos povoada, mas oito vezes mais utilizada. A tomada de decisão pela obrigatoriedade de uso dessa via foi realizada após muita reflexão frente os dados de avaliação de risco (*risk assessment e risk management*), de acordo com observações de Hubert & Pages, (1989). Comparando-se à situação local, na atualidade, do ponto de vista histórico, suas estradas que possuíam tradição comercial, ainda as mantêm, porém não há menção a riscos. Mais recentemente, a região, com as mesmas estradas, também passaram a explorar sua aptidão turística, com as vistas das encostas e do túnel explorados turisticamente, La Blanche (2006), Wikipédia (2008).

4. ÁRVORE DE EVENTOS NA AVALIAÇÃO DE RISCO

Chakrabarti & Parikh (2013a) mencionam a "árvore de eventos" ("*event tree*") como forma de avaliação do risco. Parte-se de três resultantes de análise: a primeira como **Avaliação da Frequência dos Eventos Externos**, seguida da **Avaliação do Risco** e por último a **Análise da Zona de Impacto**. Este fluxo inicia-se com a identificação do Perigo representado pelo PP presente no acidente analisado. Isto permite duas vertentes de análise, a análise da frequência que possibilita quantificar a regularidade de acidentes com vazamento e perda de contenção (LOC) do produto transportado, probabilidade de incêndio resultando em eventos externos (possibilidade de eventos com PP classes 2 e 3). A outra possibilidade é a estimativa do risco coletivo que também é uma possibilidade a partir da análise da consequência. Diante disso, pode-se analisar a Zona de Impacto. Ainda, a partir da Frequência de Análise e da Consequência de Análise, há a possibilidade de estimar os riscos coletivos e concluir a avaliação do risco, Figura 7.

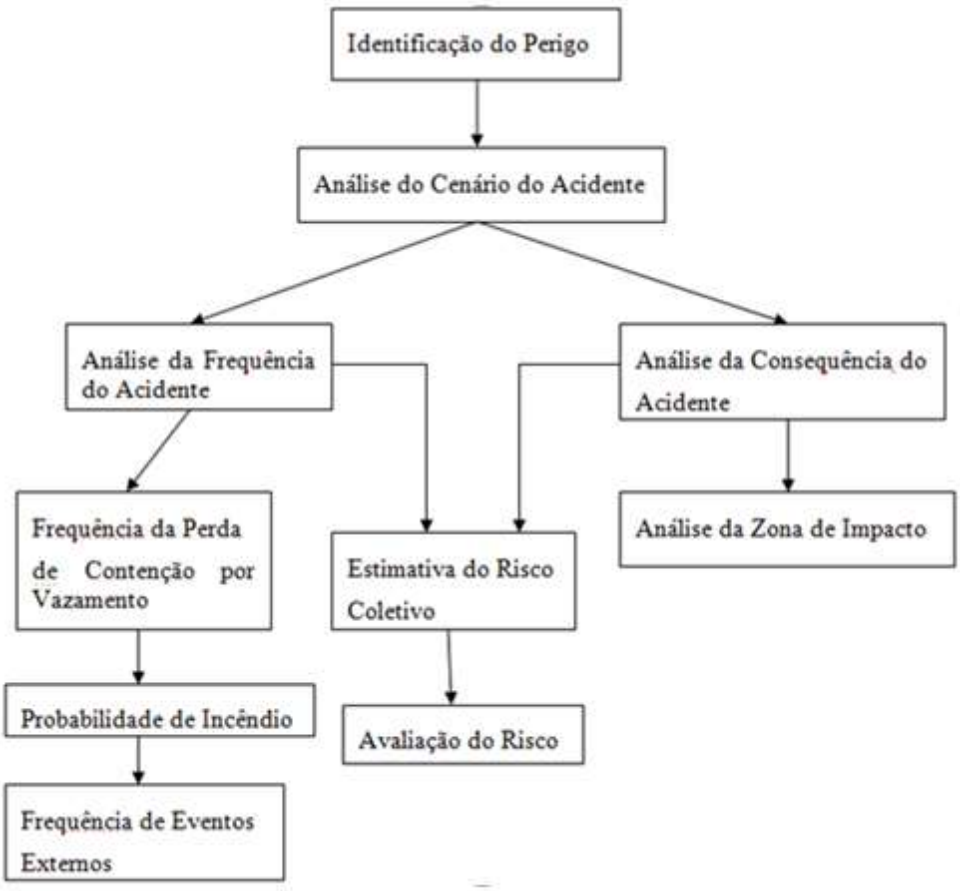


Figura 7. Probabilidade de gestão de riscos

Fonte: Chakrabarti & Parikh (2013a). Traduzido pelo Autor.

Para Chakrabarti & Parikh (2013a), acidentes no transporte de PP classes 2, 3, 6 e 8, os vazamentos podem ser responsáveis pelos vários tipos de cenários de acidentes. As piores ocorrências relacionadas aos PP estão ligadas aos gases inflamáveis; explosão do vapor em expansão pelo líquido em ebulição (*BLEVE*), jatos de fogo (*jet fire*); para os gases tóxicos a dispersão pelo vento; para os líquidos inflamáveis: poças de fogo (*pool fire*), lampejos de fogo (*flash fire*), explosão de nuvem de vapor (*vapor cloud explosion*). Para os PP classe 8, os riscos estão relacionados ao tamanho da poça formada pelo derramamento do PP, normalmente a partir de 10 m como fonte de evaporação do PP. Conforme Chakrabarti & Parikh (2012), os líquidos inflamáveis classe 3, em parte são transportados sob a forma de vapor a alta pressão quando em tanques, em condição de pressão atmosférica e temperatura ambiente. Em caso de vazamentos acidentais pode causar incêndios devido a empoçamento do produto transportado, sob a forma de poças de fogo (*pool fire)*, lampejos de fogo (*flash fire)* e explosão de nuvem de vapor (*vapor cloud explosion).*

No caso dos PP classe 2, Chakrabarti & Parikh, (2013a), o "líquido em ebulição e explosão do vapor em expansão" (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion - BLEVE*), é a explosão de um gás liquefeito (líquido sob pressão) aquecido e sob a forma de vapor em expansão. Pode ocorrer com o gás liquefeito de petróleo ("*liquefied petroleum gas*" - *LPG)* ou gás natural liquefeito ("liquefied natural gas" - *LNG*). Estes, ao serem aquecidos, aumentam a pressão interna do tanque de contenção e podem escapar sob a forma de vapor em algum ponto de ruptura do tanque ("*loss of containment*" - *LOC*). As consequências, a partir da explosão se limitam a: distância de 46 m para 100% de fatalidade a 146 m para 1% de fatalidade por "bolas de fogo" (*fireball*) e para queimaduras de 1º grau, em torno de 346 m, Figura 8. O limite das ondas de choque relacionado a mortes, danos físicos, danos estruturais em construções, danos reparáveis em construções e quebra de vidros nos edifícios, estão na faixa compreendida entre: 110,3 kN/m^2, 13,1 kN/m^2, 30 kN/m^2, 10 kN/m^2 e 3 kN/m^2 respectivamente. Em humanos, os efeitos letais da onda de choque estão relacionados a ruptura dos pulmões e outros órgãos vitais. O dano menos grave pode ser, por exemplo, ruptura de tímpano.

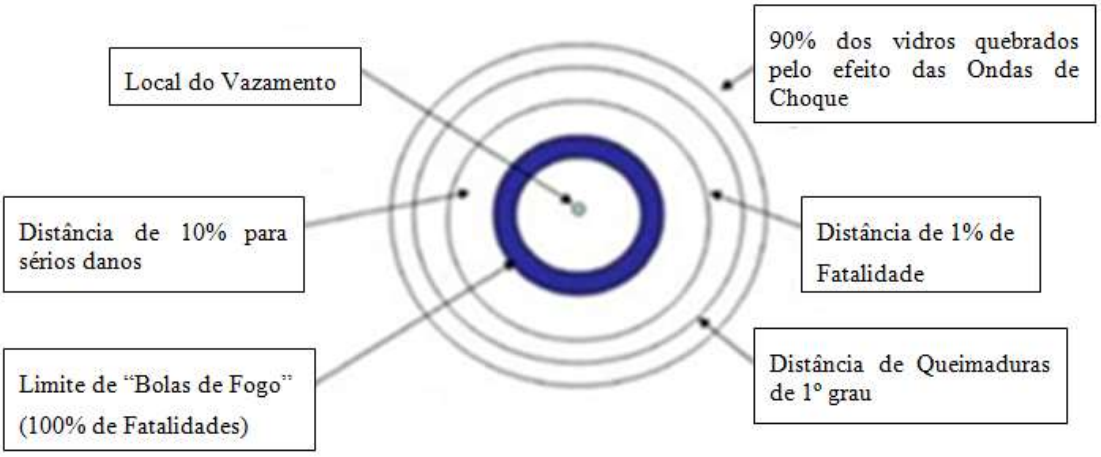


Figura 8: Modelo de efeito BLEVE

Fonte: Chakrabarti & Parikh (2013b). Traduzido pelo Autor.

Chakrabarti & Parikh (2012), mostram o cenário do acidente na "árvore de eventos" de *LOC (Loss of Containment). LOC* é a perda de contenção de material líquido ou gasoso devido à colisão ou não colisão. Este evento pode resultar em perfurações, fissuras ou grandes rachaduras nos tanques/reservatórios de carga, como por exemplo, com *hazmat* classe 3 (líquidos inflamáveis), A partir de uma colisão com vazamento de PP de classe 3, dois passos são esperados, a possibilidade de incêndio imediatamente após a colisão, que pode evoluir para

formação de poças do líquido inflamável e agravamento do incêndio. Outra possibilidade é o incêndio não ocorrer com o PP se dispersando, mas mantendo o risco de incêndio. Já o incêndio que ocorre tardiamente, evolui para o quadro de *flash fire* ou *vapor clouds explosion*, à semelhança do *BLEVE*, Figura 9

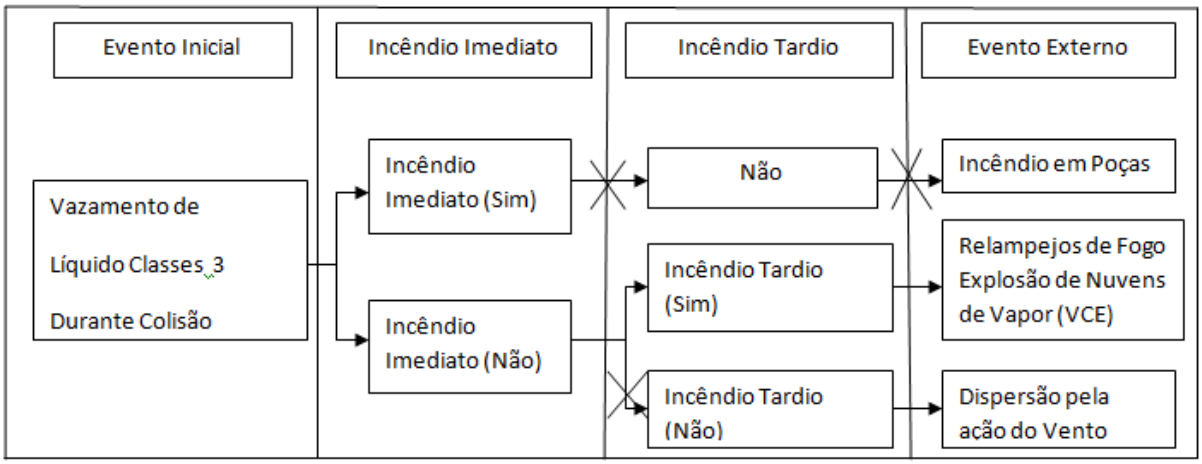


Figura 9. Árvore de eventos para classe 3, líquidos inflamáveis

Fonte: Chakrabarti & Parikh, (2012). Traduzido pelo Autor.

Segundo Chakrabarti & Parikh (2012), os produtos perigosos classe 2 (gás inflamável ou tóxico), são danosos à população e à propriedade em caso de acidentes com vazamentos ao longa da rota adotada. Esses gases, por suas condições de armazenagem em tanques a alta pressão e/ou baixa temperatura, aumentam a gravidade dos acidentes. O pior tipo de vazamento é aquele com grande quantidade de perda de produto em um único ponto, que atinge grande distância em pouca duração. Este cenário geralmente ocorre com escape contínuo causado por colisão de veículos. O evento mais grave é a explosão pela expansão do vapor pelo líquido em ebulição (*BLEVE),* incêndio por rápido aumento da pressão interna ("*fireball*" - *Hot BLEVE*) ou colapso por deterioração do tanque, baixa temperatura e propriedades indesejáveis do produto transportado (*cold BLEVE*). O eventual cenário do acidente pode ser visualizado na "árvore de eventos", Figura 10.

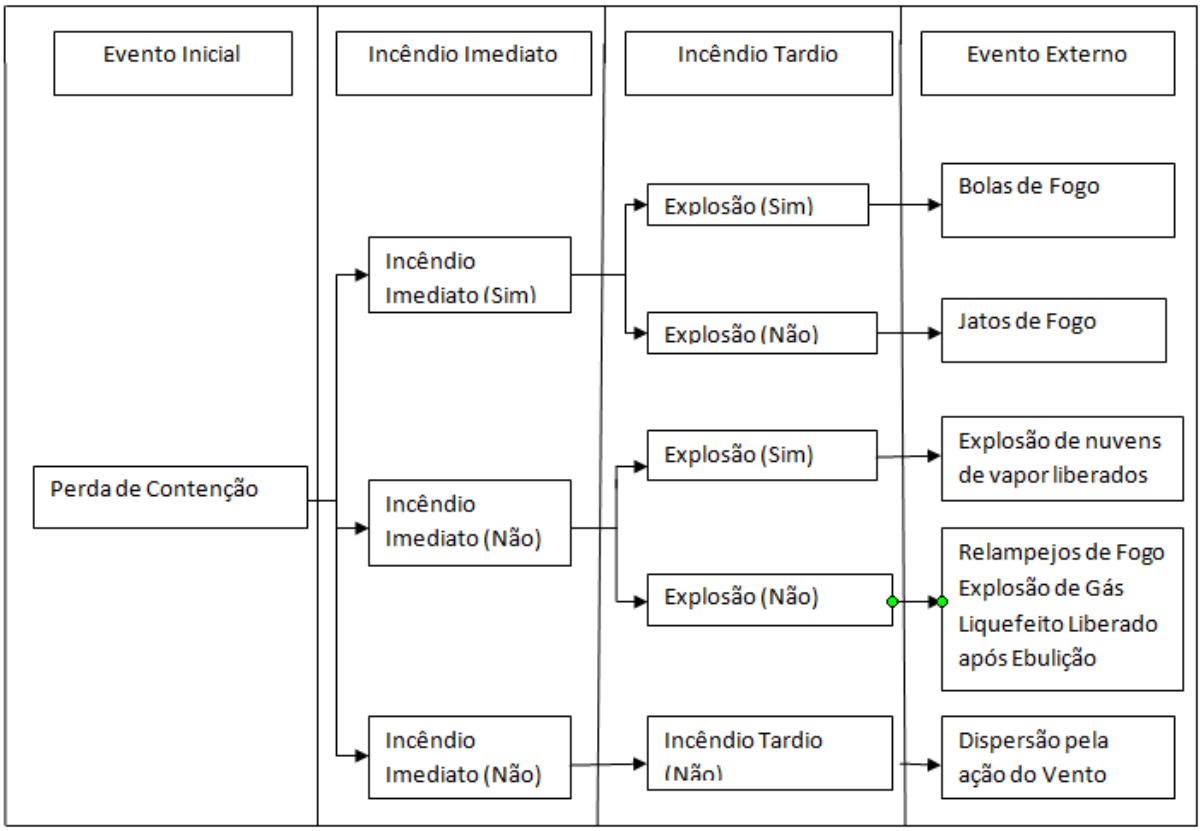


Figura 10. Árvore de eventos gerais para cenários de incidentes com PP classe 2

Fonte: Chakrabarti & Parikh (2012). Traduzido pelo Autor.

O evento inicial de um acidente com PP classe 2 (gás inflamável ou tóxico) é a perda de contenção. Isto evolui para três possibilidades: o incêndio imediato, o incêndio retardado e a não ignição. Neste último caso, se o incêndio não ocorrer, resulta na dispersão do gás. O incêndio resultante tem como resultantes explosões verdadeiras e falsas. Estas explosões, no caso decorrente dos incêndios imediatos com explosões verdadeiras e falsas, os eventos externos proporcionados são o *fireball* e *jet fire* respectivamente. Já no caso dos incêndios retardados, com explosões verdadeiras e falsas são *Unconfined Vapor Clouds Explosion (UVCE)* e *flash fire/BLEVE* respectivamente.

Segundo Van Raemdonck *et al.* (2013), nos acidentes e suas consequências com PP classes 2 e 3, a divisão da via em segmentos de rota facilita a interpretação dos riscos humanos em acidentes no transporte rodoviário de PP. Propicia visualizar o número de vítimas potenciais e risco médio do transporte de PP ao longo da via. Visualiza-se o risco por tipo de PP.

Abordando a estimativa do risco no transporte de *hazmats*, considera quatro tipos de cenários acidentais:

1. fogo de líquido inflamável empoçado,
2. evaporação de líquido tóxico empoçado,
3. nuvem tóxica por gases tóxicos e
4. *BLEVE* para gases liquefeitos inflamáveis.

Da mesma forma, Ren *et al.* (2012) mostram que os acidentes no transporte de PP classe 2 ou 3 podem resultar em diferentes tipos de vazamento e cenários decorrentes de ignição, seja imediata ou retardada:

i. *vapor cloud explosion - VCE,*
ii. *fire Ball,*
iii. *jet fire,*
iv. *flash fire*, dentre outros, cuja resposta é apresentada na Figura 11.

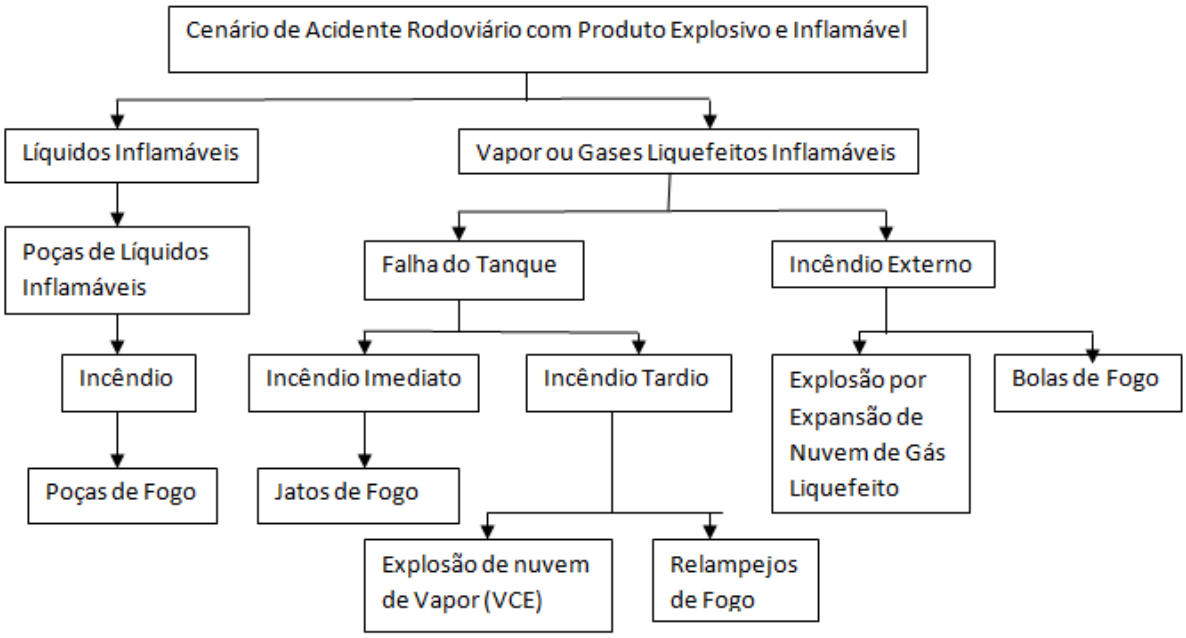


Figura 11. Esquematização do cenário de acidente com produto perigoso inflamável e explosive na via (tradução do autor)

Fonte: Ren *et al.* (2012). Traduzido pelo Autor.

A árvore de eventos mostra que a partir de um acidente com produto perigoso classe 2, gasoso, inflamável, explosivo ou tóxico, diferentes caminhos podem levar a graves e diferentes formas de incêndio imediato ou tardio, além de explosão. Pode, ainda, ocasionar sua dispersão pelo ar como no caso dos gases tóxicos, podendo resultar em graves conseqüências por distâncias maiores do que os outros tipos de gases. Os líquidos inflamáveis, classe 3, geralmente seguem o curso de um incêndio final e tardio pelo empoçamento do PP.

5. Metodologia

O presente estudo é de natureza quantitativa com proposta de investigação exploratória relacionando os riscos das rotas adotadas e os acidentes e suas consequências para o transporte rodoviário de PP, tanto para a rodovia, que podem ser, por exemplo, falhas estruturais na concepção das mesmas causando acidentes, quanto à população lindeira que certamente sofrerá os efeitos dos acidentes ao seu redor. A opção pela investigação exploratória tem por finalidade apresentar as ameaças geradas nas rodovias utilizadas para transporte de PP, assim como as ameaças à população situada às margens dessas rotas. Também é investigada a possibilidade de escolha de uma rota alternativa mais segura e com menor custo para o transporte de PP.

Quanto aos meios, optou-se por fazer ampla pesquisa bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica baseou-se em artigos nacionais e internacionais pesquisados nas bases *Scopus, Web of Science, Scielo, Google Scholar, Science Direct* e os descritores ou palavras chave foram: “acidentes de trânsito”, “avaliação de risco”, “análise de risco”, “percepção e risco aceitável”. As palavras chave na língua inglesa: *traffic accidents, hazardous substances, risk assessment, perception* e *acceptable risk.*

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados dados de uma rodovia federal que cruza o estado de São Paulo e de outro grupo de rodovias estaduais no interior do mesmo estado, fornecidos pelas concessionárias que as controlam. São elas: a Concessionária Auto Pista Régis Bittencourt que administra a Rodovia Régis Bittencourt (federal) e a Concessionária Rota das Bandeiras que administra uma rede de rodovias estaduais chamada de “Corredor Dom Pedro”., que tem a Rodovia Dom Pedro (estadual), na região de Campinas, como sua rodovia mais importante.

A pesquisa da bibliografia nacional resultou, como esperado, em menor número de artigos relacionados aos acidentes com PP, porém, permitiu compreender e avaliar melhor o risco do transporte dos PP nas rodovias brasileiras. Permitiu, ainda, obter elementos para

escolha da melhor rota. Tendo isso em escopo, é oportuno mencionar Reilly *et al.* (2012), para quem a rota é importante para o transporte de PP, pois sua escolha está sujeita a várias características: custo inerente ao trajeto escolhido, o risco de um possível vazamento durante o transporte, o tempo de tráfego considerando-se a origem e o destino, a exposição da população ao material perigoso transportado, dentre outras. Erkut *et al.* (2007) acrescentam divergências a essas características, pois aos embarcadores e transportadores, o trajeto mais curto e rápido é o menos oneroso, mas geralmente apresenta maior densidade populacional, o que resulta em maior exposição dessa população ao risco. Diante disso, a escolha da rota assume grande importância.

Além da melhora das condições do transporte de PP pela análise das vias, cálculo de seus riscos ou dos PP transportados, há outro parâmetro de importância considerável: a seleção da via. Os aspectos relacionados ao menor tempo de percurso e vias com menor densidade populacional são algumas das qualificações almejadas. Num acidente com PP pode ocorrer vazamento de produto, incêndio ou explosão, resultando em dano econômico, interdição de via ou dano ambiental. Porém, as piores consequências são aquelas que geram impactos aos seres humanos, como desocupações de habitações ou comunidades, lesões físicas ou até morte. Assim, a via com menor tempo de percurso e menor densidade populacional exposta seria a via ideal, então, a análise das condições à população é sempre necessária, Erkut & Glickman (2001). Deve ser considerada a posição de Erkut *et al.* (2007) para quem a via mais curta pode ser aquela que atravessa áreas mais densamente ocupadas, expondo a população do entorno a um maior risco.

Para Glickman & Sontag (1994), no transporte de PP as preocupações relacionadas à via: baixo custo operacional, menor risco ou os impactos ao meio somam-se ao tipo de via, o PP envolvido, preparo e resposta às emergências e a densidade populacional. Diante disso, o uso das vias mais práticas nem sempre é a melhor opção, pois é necessário ter em perspectiva a busca de uma menor exposição da população ao risco. Isso mostra a necessidade de escolha pela via de menor custo e risco referente ao par Origem-Destino, Quadro 1.

Quadro 1 - Estatísticas para as rotas entre Talahasse - Columbia

	Via Prática	Via de Menor Risco	Diferença Absoluta	Diferença Relativa (%)
Distância (milhas)	381,7	515,5	133,8	35,1
Tempo (horas)	8:00	10:36	2:36	32,5
População Exposta (pessoas X 10^3)	291,5	91,5	-200,0	-68,6
Risco (pessoas X 10^{-2})	4,1	1,2	-2,9	-70,7

Fonte: Glickman & Sontag (1994). Traduzido pelo Autor.

Segundo Jiang & Ying, (2014), o trajeto entre dois pontos pode ser realizada por vários traçados. O menor traçado pode ser calculado pelo Algoritmo de Dijkastra, proporcionando a análise da segurança do transporte de produtos químicos perigosos, definindo os níveis de risco dos PPs para cada um desses traçados de rota. Em termos matemáticos, algoritmo é uma sequência conhecida de regras, raciocínios ou operações que, aplicada a determinado número de dados, possibilita definir a solução de problemas de classes semelhantes. O Algoritmo de Dijkastra (elaborado pelo cientista holandês Edsger Dijkastra) permite calcular o menor traçado entre dois pontos (origem - destino) a partir de um grafo com um conjunto diverso de vértices. A partir disso, proporciona a análise e gestão do risco, verificação da rota mais segura e mesmo a que seja a melhor opção em termos de custos, proporcionando, então, o melhor custo-benefício. Jiang & Ying (2014), Barros *et al.* (2007), Barrett (2006).

O estudo referente a escolha das rotas na região de Lyons, na França, mostra duas opções: uma via central e outra suburbana. A via da área central, mais populosa (20.000 hab./km^2 no horário de pico), mais curta (11 km de extensão) e rápida (percurso de 30 min. em média), enquanto a via suburbana se apresentava menos populosa (aproximadamente um terço da população da área central), mais longa (17 km de extensão) e com percurso um pouco mais demorado, realizado em 35 min. em média. A expectativa de mortes/ano comparando-se a via central e via suburbana mostra que o redirecionamento reduz o risco. O caso francês, mostra a importância de uma segunda opção de rota, Hubert & Pages (1989).

A constatação de Frank *et al*, (2000) é que os riscos podem ser reduzidos a partir da criteriosa seleção das rotas e treinamento dos condutores no transporte de PP. O uso do algoritmo SDSS (*Spatial Decision Support System*), a exemplo do que o Algoritmo de Dijkastra faz para o cálculo da menor rota, é outra forma de análise matemática dos riscos da população, dos custos dos acidentes, custos do trajeto, velocidades e tempo de trajeto. Conforme já mencionado, a redução do tempo de viagem está relacionada ao trajeto mais próximo aos centros mais densamente povoados, portanto com o aumento dos riscos da população, reforçando a necessidade de uso de algoritmos específicos para essa seleção.

O SDSS utiliza um Sistema Geográfico de Informações (*GIS*) que é um banco de dados georreferenciado (que inclui características geográficas dos pontos). O *SDSS* pode correlacionar dados e informações espaciais e não espaciais fornecendo elementos para a deliberação de ações relacionados à saúde, gestão de águas, uso da terra, transporte, entre outros, Albert Rayed (2013). Para Eissa (2013), os dados e informações espaciais analisados pelo SDSS complementam e facilitam a tomada de decisões pelos gestores públicos. O processo de decisões e soluções é realizado com menor probabilidade de erro e mais rapidamente a partir do DSS, melhorando a utilização dos recursos e da infraestrutura disponíveis, situação essa já preconizada por Jankowiski *et al* (2006).

Por sua vez, Chakrabarti & Parikh (2011b) analisaram duas rodovias estaduais no oeste da Índia, utilizadas como rotas no transporte de PP. Usaram métodos comparativos como a taxa de acidentes, média diária de tráfego de caminhões e a densidade populacional ao longo do trecho analisado. O outro meio utilizado foi o estudo da frequência de acidentes por meio da árvore de eventos e falhas e a análise das consequências do cenário base como forma de determinar os riscos individual e coletivo. Os cálculos resultantes de Taxa de Acidentes com Caminhões (TAR) não são comparáveis com os dados locais de acidentes, mas os dados das probabilidades de acidentes com derramamentos e formação de poças são comparáveis com valores do transporte de **cloro** (classe 2 – gás tóxico), PP analisado no estudo dos autores citados. Os resultados levam em conta a população dos dois lados da via. As vias consideradas, sendo urbanas possuem densidade populacional maior, repercutindo no resultado do risco da população exposta. Outra característica da análise das estradas adotadas no transporte de PP começa com a divisão das mesmas em vários segmentos de rota, com tamanhos variados, cujo maior comprimento considerado foi de 13,7 km, categorização em segmentos urbanos ou rurais, verificação da densidade populacional no trecho e tipos de construções locais. Para Gheorghe

et al. (2005), segmento de rota é um trecho de aproximadamente 10 km de comprimento, onde se espera haver pouca modificação do risco ou que este se mantenha quase constante.

Assim, Chakrabarti *et al*. (2011), sugerem a realização do cálculo da taxa ou freqüência ou probabilidade de acidentes no segmento de rota por meio da equação 1, Quadro 2.

Quadro 2 - Equação 1, Taxa ou Probabilidade de acidentes no segmento de rota

$TAR = \frac{A}{TK}$	$TAR = \frac{\text{Nº anual de acidentes no segmento de rota}}{\text{Segmento de rota X VDM X 365}}$
A	**N° anual de acidentes no segmento de rota**
TK	**N° de quilômetros percorrido no segmento ao ano**

Fonte: Chakrabarti et al (2011). Traduzido pelo Autor.

Neste estudo, considerou-se segmento de rota o trecho da rodovia limítrofe a cada cidade. VDM é a média de veículos que trafega em determinado trecho da rodovia por um período de um dia, DNER (1997). Portanto, a sentença: “Segmento de rota X VDM X 365”, significa o número de veículos circulante a cada quilômetro percorrido no segmento estudado, pelo período de um ano. Assim, pode-se supor que, sendo a VDM uma média para o segmento ou para a via por inteiro, a VDM tem a limitação de não ser a verdade absoluta para o segmento ou à via. Diante disso, tomando-se como exemplo uma hipotética situação de um determinado segmento com 22 quilômetros de extensão, VDM igual a 1200 veículos, onde ocorreram 15 acidentes em um ano, observa-se, Quadro 3.

Quadro 3 - Análise bidimensional e exemplo 1.

Equação 1 – Análise Dimensional	**Exemplo**

$TAR = \frac{n^o\ anual\ de\ acidentes}{Volume\ Médio\ Diário * 365}$	$TAR = \frac{15}{1200*365} = \frac{15}{438000}$ $3,42^{e-5}$**acidentes/veículo**

Fonte: Chakrabarti et al (2011).

Neste exemplo, não foi considerado o segmento de rota e a resultante mostra que a cada 29200 veículos, observa-se um acidente ou **29200 X 3,42^{e-5} = 1,0**. Considerando-se o segmento de rota, temos, Quadro 4.

Quadro 4 - Análise bidimensional e exemplo 2.

Equação 1 – Análise Dimensional	**Exemplo 2**
$TAR = \frac{n^o\ anual\ de\ acidentes}{Segmento\ de\ Rota * Volume\ Médio\ Diário * 365}$	$TAR = \frac{15}{22*1200*365} = \frac{15}{9636000} = 1,55^{e-6}$ **acidentes/veículo em 1 km**

Fonte: Chakrabarti et al (2011).

Assim, verifica-se que a cada 642400 veículos tem-se um acidente a cada quilômetro, ou seja: **642400 X 1,55^{e-6} = 1**.

Damodaran (2003) considera que após o cálculo da probabilidade de acidentes, o risco total da população exposta pode ser obtido com a equação 2, Quadro 5.

Quadro 5 - Risco Total da População Exposta.

Total Risk	***Accident Probability X Sum of Population and employment exposure miles***
	Risco Total da População Exposta = Probabilidade de Acidentes X Densidade Populacional (Fixa + Usuários)

Fonte: Damodaran (2003). Traduzido pelo Autor.

Assim, tomando-se como exemplo uma suposta densidade populacional de 100 habitantes/km^2, observa-se Quadro 6:

Quadro 6. Risco Total da População Exposta, exemplo.

Risco total da população exposta =	**22 X 1,55^{e-6} X 10^2 = 22 X 1,55^{e-4} no segmento**

Fonte: Damodaran (2003). Traduzido e elaborado pelo Autor.

Segundo Zhang et al (2000), o Risco Total do Segmento de Rota e o Risco Total da Rota que é a soma de todos os riscos calculados para o Risco Total do Segmento de Rota podem ser obtidos pelas equações 3 e 4. Para Chakrabarti *et al* (2011b) , o cálculo do Risco do Segmento da Rota, supõe-se o ponto central do local do acidente e coincidente com o centro da via, Figuras 12 e 13. O "Manual de atendimento a emergências com produtos perigosos", da Associação Brasileira das Indústrias Químicas, Abiquim (2011), orienta que o raio de isolamento em caso de acidentes com PP tóxicos (com maior gravidade o cálculo do Risco do Segmento da Rota, supõe-se o ponto central do local do acidente e coincidente com o centro da via) seja de 0,8 km. Em alguns casos, se a substância é altamente tóxica, a distância de proteção pode chegar a medidas acima de um quilômetro. Assim, adotou-se a área de impacto como πr^2, sendo r=0,8 km, coincidindo com a zona de ação protetora da Figura 13. A densidade populacional das cidades ao redor das rodovias estudadas será baseada no Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

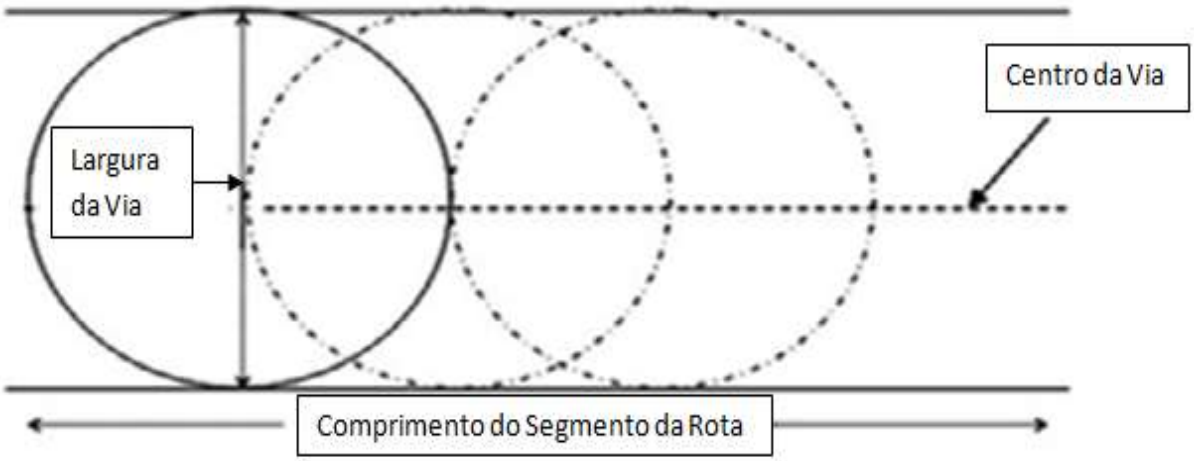


Figura 12. Conceito de Área de Impacto (tradução do autor)

Fonte: Chakrabarti *et al.* (2011b). Traduzido pelo Autor.

Posto isso, o Risco Total do Segmento de Rota e o Risco Total da Rota podem ser determinados pelas equações 3 e 4, Quadro 7:

Quadro 7 - Risco Total do Segmento de Rota e o Risco Total da Rota

Risco Total do Segmento de Rota =	**Frequência de Acidentes Área de Impacto X Densidade Populacional**
Risco Total da Rota =	**Soma de Todos os Cálculos dos Riscos dos Segmentos**

Fonte: Zhang *et al.* (2000). Traduzido pelo Autor.

Dessa forma, o exemplo do cálculo do Risco Total do Segmento da Rota pode ser expresso como no Quadro 8. O risco Total da Rota não é apresentado devido ao cálculo ser de somente um segmento.

Quadro 8 - Risco Total do Segmento de Rota e Risco Total da Rota, exemplo.

Equação 3	Risco Total do Segmento de Rota =	Risco Total da População Exposta X Área de impacto
	Exemplo:	$22 \text{ X } 1{,}55^{e-4} \text{ X } \pi r^2 = 44{,}233728 \text{ X } 0{,}000155$
		$0{,}00685622784$ ou $6{,}85622784 \text{ X } 10^{-3}$

Fonte: Zhang *et al.* (2000). Traduzido e elaborado pelo Autor.

No transporte de PP, para Chakrabarti & Parikh (2013b), em caso de acidente diz-se distância de efeito ao espaço a partir do centro da via e a favor do vento, dentro da zona de ação. As distâncias causadoras de danos e suas consequências dependem de vários fatores no local do acidente: direção e velocidade do vento; temperatura, umidade e estabilidade do ar; pressão atmosférica; obstruções e outras características do terreno. Por exemplo: no evento de explosões de nuvem de vapor, os efeitos da onda de choque produzida dependem da extensão

alcançada pela velocidade de propagação do fogo. Essa extensão pode coincidir com a área de impacto, Figura 13.

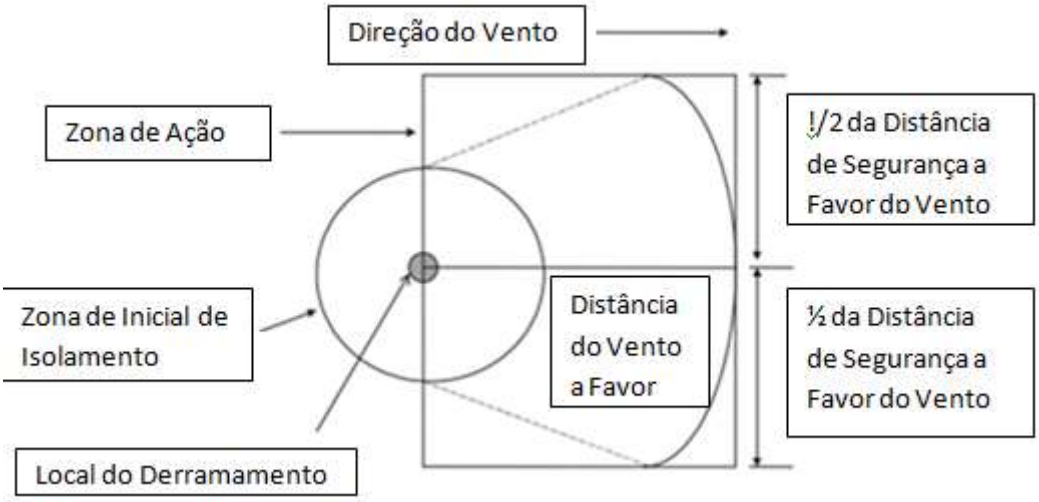


Figura 13. Zona de distância de efeito (tradução do autor)

Fonte: Chakrabarti *et al* (2013). Traduzido pelo Autor.

De acordo com Frank *et al* (2000), o cálculo da população total em risco pode ser calculado de duas formas. A primeira delas conceitua que a população total pode ser erroneamente determinada, considerando-se as duas bandas da largura da via. A contagem é feita tomando-se todo o trajeto do segmento, porém as pessoas que possam estar no início ou no final do trecho avaliado, podem ser estimadas duplamente. Para corrigir o erro, dividem-se a região em três, chamadas regiões partilhadas. A partir daí, a contagem é feita somando-se: **1/2 da população da região A + a população da região B + 1/2 da população da região C**. Este

cálculo mostra a média da população de risco. A contagem dupla pode não ser eliminada, mas diminui a sua possibilidade de ocorrência. Não há significado para a forma em L da ilustração, Figura 14.

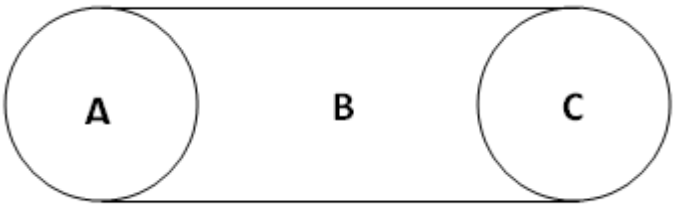


Figura 14. Regiões partilhadas (Traduzido pelo autor)

Fonte: Frank et al, (2000)

Conforme Bussab & Morettin (2013), a matemática pode ajudar a explicar esse fenômeno com o uso da Probabilidade e Estatística, considerando-se as três populações das regiões partilhadas A, B e C (em uma banda da via), teremos: P(A), P(B) e P(C). O somatório dessas populações poderia ser expresso como:

$$\mathbf{P(A+B+C) = P(A) + P(B) + P(C) = X}$$

Porém, haveria a possibilidade de pessoas que possam estar exatamente no limite entre as regiões (A e B) e (B e C), portanto podem ser computadas duplamente, ou seja, o mesmo indivíduo representado na população A e em B. Estar em B e em C. Assim, a exclusão desses elementos pode ser expressa por:

$$\mathbf{P(A \cap B) = Y \text{ e } P(B \cap C) = Z}$$

Diante disso, a população total em risco, excetuando se as pessoas contabilizadas duplamente podem ser expressas como **P(A + B+ C)*,** ou:

$$\mathbf{P(A + B + C)^* = X - Y - Z \text{ ou } P(A + B + C)^* = P(A + B + C) - P(A \cap B) - P(B \cap C),}$$

ou ainda:

$$\mathbf{P(A + B + C)^* = } \boldsymbol{P\,(A \cup B \cup C) - P(A \cap B) - P(B \cap C)}$$

Conforme Frank et al (2000), diferentemente do cálculo da população total em risco, outra possibilidade de cálculo é a média da população exposta ao risco em caso de acidente num segmento da rota. Mensura a população média exposta ao risco no segmento de rota, supondo sempre constante a probabilidade de ocorrer um acidente. Assim, se um acidente ocorre dentro da via, o número de pessoas expostas é equivalente à população dentro de um raio *r*, que depende do tipo de PP e das características do acidente. Considera-se que a probabilidade da ocorrência do acidente dentro do segmento seja distribuída de forma uniforme pelo fato de não se saber o local do evento. Os círculos são distribuídos igualmente e centrados ao longo da via em todo seu comprimento. O raio pode ser considerado constante ou dependente do tipo de acidente à semelhança dos PP associados aos registros históricos. Neste trabalho, o raio foi considerado constante e r = 0,8 km (como visto anteriormente), Figura 15.

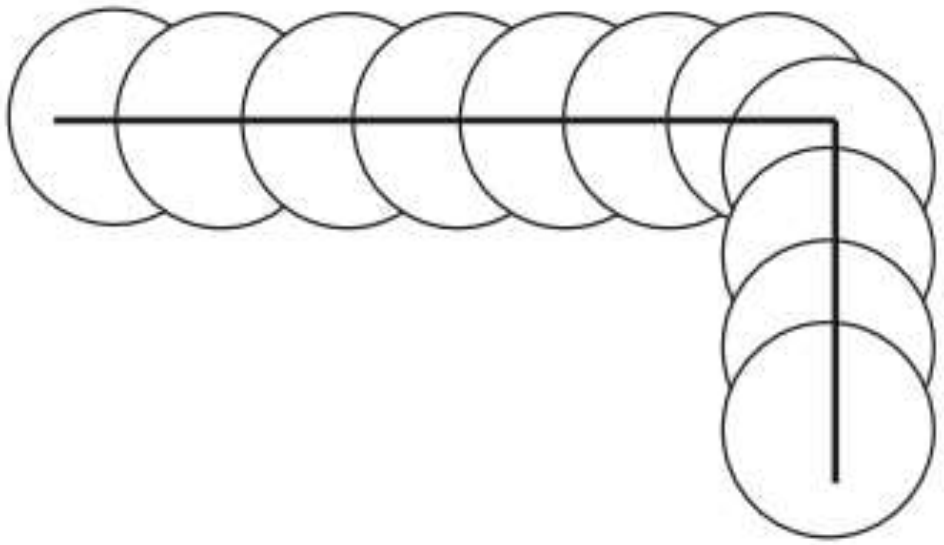


Figura 15. Média da população em risco (Traduzido pelo autor)

Fonte: Frank et al, (2000)

Após esses passos, para a pesquisa documental, realizaram-se contatos com a Associação Brasileira de Transporte e Logística de Produtos Perigosos (ABTLP), Departamento de Estradas de Rodagem (DER), Associação Brasileira de Normas Técnicas - CB 16 (ABNT - CB 16), Corpo de Bombeiros de São Paulo (CBPM - SP), Agência Reguladora de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP), Associação Brasileira de Prevenção e Controle de Emergências Ambientais (ABPCEA) e Companhia Ambiental do Estado de São

Paulo (CETESB). De todas, somente as informações da CETESB foram utilizadas, por meio de seu Cadastro de Emergências Químicas (CADEQ). A partir dos acidentes com PP ocorridos no período de 2000 a 2013.

Foram realizados contatos com todas as concessionárias de rodovias que operam no estado de São Paulo, tanto as que monitoram rodovias dentro do estado (estaduais) como as que cruzam o estado de São Paulo e prosseguem por outros estados da federação (federais). O primeiro contato foi por meio eletrônico, com o endereço obtido pela internet. Posteriormente foi feito contato telefônico. Algumas não responderam nenhuma das tentativas de contato, outras negaram informações já na primeira tentativa. Houve uma que não se dispôs a fornecer informações, alegando fazê-lo somente por meio de solicitação judicial. Três delas solicitaram que o contato fosse oficializado pela instituição de ensino a que pertence o mestrando solicitante, porém mesmo após a entrega do documento, duas não responderam. A concessionária que disponibilizou dados, os enviou incompletos e assim, não puderam ser analisados.

Duas concessionárias forneceram alguns dados que possibilitaram este estudo. A primeira delas, a Concessionária de Rodovia Auto Pista Régis Bittencourt - Arteris, que mantém, desde 2008, a concessão da Rodovia Régis Bittencourt, nome dado ao trecho de 315,02 quilômetros da rodovia dentro do estado de São Paulo, a partir da cidade de Taboão da Serra até a cidade de Curitiba, no estado do Paraná. O trecho administrado por essa concessionária passa pelas cidades de Taboão da Serra, Embu das Artes, Itapecerica da Serra, São Lourenço, Juquitiba, Miracatu, Juquiá, Registro, Pariquera-açu, Jacupiranga, Cajati e Barra do Turvo, no Estado de São Paulo; e Campina Grande do Sul, Quatro Barras, Antonina, Colombo e Curitiba, no Estado do Paraná, Figura 16, Auto Pista Régis Bittencourt (2015).

Os dados utilizados para a equação 1, relativos a Rodovia Régis Bittencourt são:

1. número anual de acidentes com caminhões no segmento de rota obtido no CADEQ/CETESB,
2. comprimento do segmento de rota fornecido pela Concessionária Auto Pista Régis Bittencourt,
3. Volume Médio Diário (VDM), ano 2013, fornecido pela concessionária.

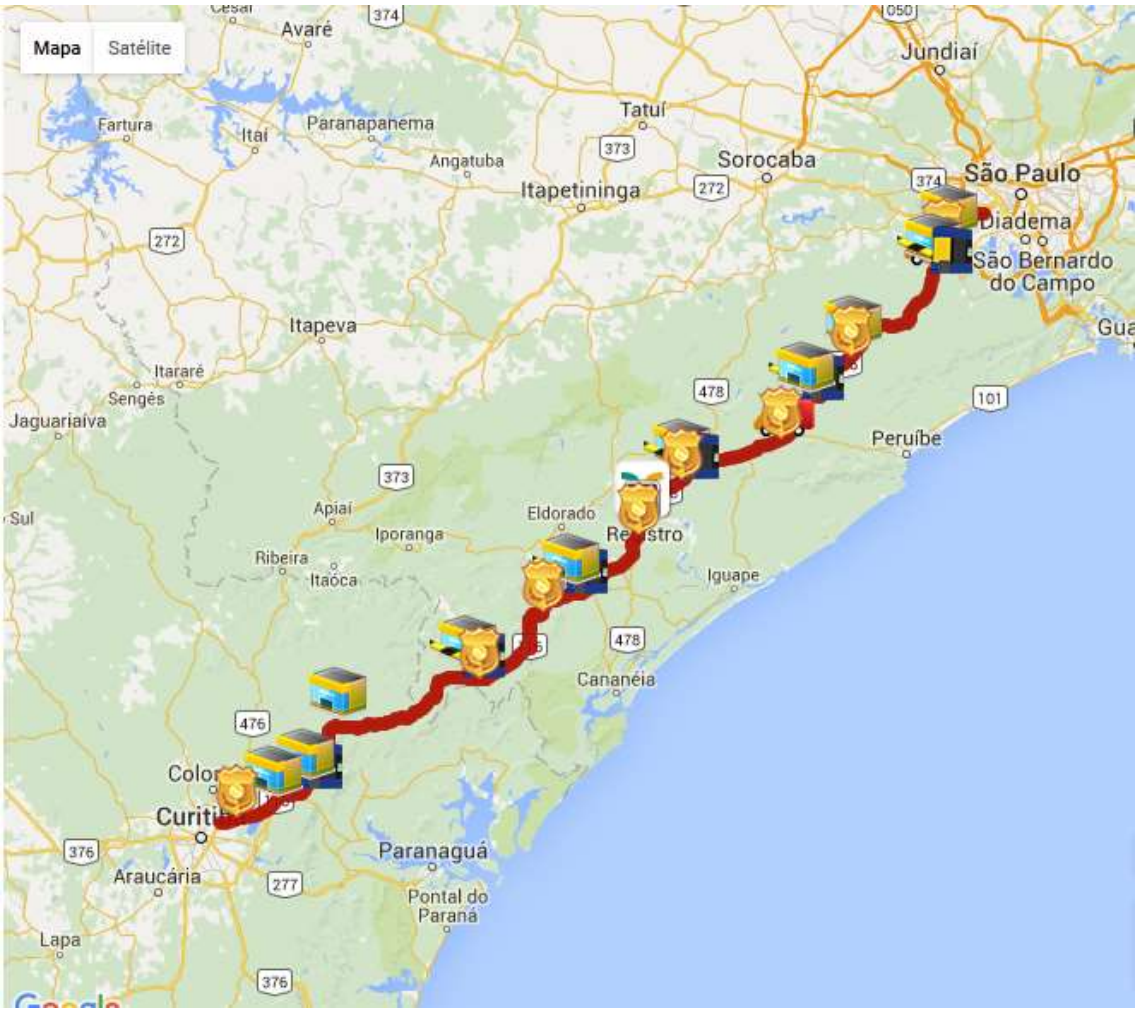


Figura 16. A Rodovia Régis Bittencourt, trecho de Taboão da Serra até Curitiba.

Fonte: Auto Pista Régis Bittencourt - Arteris (2015).

A outra, Concessionária Rota das Bandeiras, representada pelo Corredor Dom Pedro, na ligação do Vale do Paraíba com a Região Metropolitana de Campinas (RMC) e o Circuito das Frutas. Está constituída por 17 cidades, que reúnem 2,5 milhões de moradores. Os municípios que abrangem a área da Concessionária Rota das Bandeiras são: Artur Nogueira, Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Campinas, Conchal, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Igaratá, Itatiba, Jacareí, Jarinu, Jundiaí, Louveira, Mogi Guaçu, Nazaré Paulista, Paulínia e Valinhos, Figura 17, Rota das Bandeiras (2015). São elas:

- Rodovia D. Pedro I (SP-065), do km 0, conexão com a SP-070, ao km 145+500, entre Jacareí e Campinas,
- Anel Viário José Roberto Magalhães Teixeira (SP-083), do km 0 ao km 12+300, entre Campinas e Valinhos,

- Rodovia Professor Zeferino Vaz (SP-332), do km 110+280 ao km 187+310, entre Campinas e o distrito de Martinho Prado, em Mogi Guaçu
- Rodovia Engenheiro Constâncio Cintra (SP-360), do km 61+900 ao km 81+220, entre Itatiba e Jundiaí
- Rodovia Romildo Prado (SP-063), do km 0 ao km 15+700, entre Itatiba e Louveira

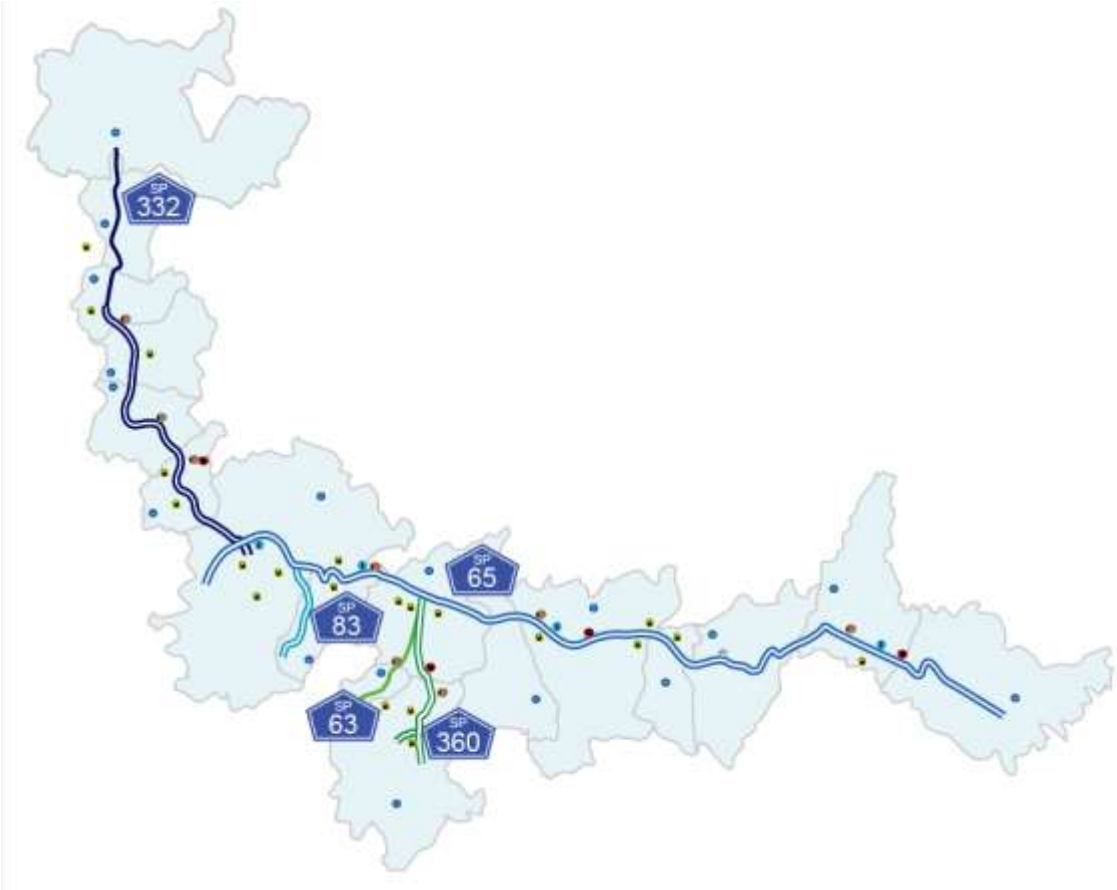


Figura 17. Rodovias do Corredor Dom Pedro e cidades adjacentes representadas pelos pontos na figura.

Fonte: Rota das Bandeiras (2015).

Os dados relativos ao Corredor Dom Pedro para a equação 1 são:

1. número anual de acidentes com caminhões no segmento de rota, fornecido pela Concessionária Rota das Bandeiras,
2. comprimento do segmento de rota, fornecido pela concessionária,
3. Volume Médio Diário (VDM), obtido no site da Secretaria Estadual de Logística e Transporte do Estado de São Paulo.

Os números que expressam a densidade populacional utilizada para o cálculo de população exposta ao risco nos segmentos foram obtidos no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), IBGE, (2010).

Com os dados fornecidos por essas duas concessionárias de rodovias, somado às informações obtidas no site do IBGE, da Prefeitura Municipal de São Paulo - Subprefeituras e no site da Secretaria Estadual de Logística e Transporte do Estado de São Paulo, tem-se:

1) Comprimento da rota, referente à extensão da rodovia dentro dos limites das cidades por onde passa ,

2) Volume Médio Diário (VDM) de veículos circulantes nos segmentos das rodovias obtidos da Concessionária Auto Pista Régis Bittencourt, somente do ano de 2013. O VDM é o número médio de veículos que circulam num segmento da estrada por um período de um dia.

3) Volume Médio Diário (VDM) de veículos circulantes nos segmentos das rodovias obtidos da Concessionária Rota das Bandeiras, obtido por meio eletrônico no site da Secretaria Estadual de Logística e Transporte do Estado de São Paulo dos anos de 2011,2012 e 2013,

4) Densidade populacional das cidades por onde passa a Rodovia Régis Bittencourt e pelas Rodovias administradas pela concessionária Rota das Bandeiras, obtido por meio eletrônico no site do IBGE,

A pesquisa bibliográfica possibilitou, também, o complemento das análises de risco, sugerindo a escolha de rotas alternativas para o mesmo trajeto origem-destino, por meio de artigos internacionais demonstrando a experiência de vários autores.

6. RESULTADOS

Para comparação com os cálculos das equações submetidas aos dados de rodovias paulistas com os resultados obtidos no trabalho de Chakrabarti & Parikh (2011b), é importante observar que ambas possuem limitações. No caso deste trabalho, o fornecimento parcial de informações por parte das concessionárias e no estudo indiano as informações fornecidas foram relativas ao ano de 2009, somente. No que se refere especificamente às rodovias Régis Bittencourt da Concessionária Auto Pista Arteris Régis Bittencourt e ao Corredor Dom Pedro da Concessionária Rota das Bandeiras, outra limitação deste trabalho diz respeito aos dados de VDM. A Concessionária Auto Pista Régis Bittencourt forneceu somente o dado referente ao ano de 2013, enquanto que a Concessionária Rota das Bandeiras não forneceu. Neste caso,

buscou-se, então, dados do VDM das rodovias paulistas no site do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. Ambos os dados são referentes às rodovias por inteiro e não representando valores por segmento. Estas são limitações que pesam sobre as análises dos dados. Isto porque, um valor de VDM mais próximo da cidade de São Paulo não corresponde ao mesmo valor em local mais distante, assim, os cálculos poderiam ser diferentes. Portanto, considerando-se a Lei dos Grandes Números, pondera-se que um só período para análise e valores de VDM não é são ideais ou adequados para conclusões confiáveis. Porém, permitem visualizar alguns resultados que podem sugerir variados riscos à rodovia e à população lindeira.

No trabalho de Chakrabarti & Parikh (2011b), as rodovias estaduais indianas, no distrito industrial de Surat, foram divididas em sete segmentos, quatro rurais e três urbanos. Dessa forma, os segmentos são apresentados para avaliação da probabilidade de acidentes, pelo tipo de via, urbano ou rural, densidade demográfica, comprimento do segmento, volume médio diário de tráfego, considerando as duas bandas da via e número de acidentes no segmento ao ano, Quadro 9. O cálculo dessa avaliação é realizado com uma análise exploratória de dados, a Probabilidade com Variáveis Aleatórias Multidimensionais, apropriada para a avaliação de informações qualitativas e/ou quantitativas, cujos valores dos segmentos não são necessariamente iguais ou uniformes. Como observado, nesse estudo, foram adotados comprimentos diferentes para os segmentos, além de trechos urbanos e rurais. Sabendo-se que a zona urbana, geralmente apresenta uma taxa de acidentes maior que a zona rural e que a ocorrência de acidentes é um fenômeno probabilístico, esse domínio da matemática foi, então, adotado para solucionar o problema do uso de comprimentos de rota não uniformes. Essa avaliação pode ser extrapolada para outras vias brasileiras, rurais ou urbanas, na possibilidade de comparação e escolha da melhor e mais segura rota para a substância transportada.

Quadro 9 - Dados dos segmentos de rota no trabalho de Chakrabarti & Parikh (2011b)

Segmento/Qualidade da Rota	Densidade Demográfica (hab./km²)	Comprimento do Segmento (km)	Volume Médio Diário (VDM) (veículos)	Número de Acidentes/2013
RS1/Urbano	653	6,57	22.092	3
RS2/Urbano	682	6,79	19.962	7
RS3/Rural	653	6,51	5.190	1
RS4/Rural	555	9,74	16.767	1
RS5/Rural	690	10,65	119.319	20
RS6/Rural	600	13,07	80.789	16
RS7/Urbano	5.500	10,01	127.140	7

Fonte: Chakrabarti & Parikh (2011). Traduzido pelo Autor.

Conforme Kaushal *et. al*. (2010), a matemática clássica tem suas limitações como a necessidade de conceituação lógica de dois valores, pois sempre se supõe haver um raciocínio matemático lógico, sólido. Porém, nem todas as afirmações são conceitos sujeitos à lógica. A realidade pode ser ausente, dúbia e indefinida. Esse conceito de dois valores pode ser uma fraqueza com essas características e por isso são mais bem apresentados com a probabilidade variável. Os sistemas de apoio à decisão (DSS) são exemplos dessa aplicação estatística. A probabilidade com variável aleatória, segundo Tasenm (2010) é caracterizada pelo uso do termo "paradoxo", em que pode apresentar o mesmo grau de interpretação como: certeza e falsidade. Paradoxal significa que uma sentença ou proposição falsa pode parecer verdadeira. Na realidade apresenta uma contradição. Essa contradição pode ser expressa como uma certeza e ser falsa, assim como uma falsidade ser certa, ou ainda números diferentes poderem expressar uma realidade.

Os dados apresentados no trabalho de Chakrabarti & Parikh (2011b) mostram que os segmentos RS5, RS6 e RS7 possuem comprimentos relativamente próximos (10,65 km, 13,07 km e 10,01 km respectivamente). Seus VDM também possuem relação próxima (119.319 veículos, 80.789 veículos e 127.140 veículos respectivamente). Contudo as densidades demográficas (RS5 = 690 hab./km², RS6 = 600 hab./km² e RS7 = 5.500 hab./km²) mostram diferenças, assim como para o número de acidentes nos segmentos para o ano de 2009 (RS5 = 20, RS6 = 16 e RS7 = 7). Esses dados comparados aos apresentados no trabalho, tais como “Percurso Anual de Veículos” (milhões de km) e “Percurso Anual de Caminhões” (milhões de km), respectivamente: 119.319/12.714 milhões de quilômetros percorridos/ano e 8.949/1.004 milhões de quilômetros percorridos/ano mostram que o tráfego de veículos é maior na via rural, assim como o tráfego de caminhões e carretas. Dessa forma, a probabilidade de acidentes, o risco total da população exposta e o risco total do segmento são maiores em RS5 e RS6 em comparação com RS7, embora RS7 tenha uma densidade populacional quase dez vezes maior. Esses números revelam que apesar de RS-7 possuir uma densidade populacional quase dez vezes maior que os outros dois segmentos, o risco da população exposta nas vias rurais é maior, ou seja, o Risco Total da População Exposta em RS5 > RS6 > RS7. As mesmas ponderações podem ser feitas para os cálculos da equação 3 e equação 4, Quadro 10.

Quadro 10 - TAR, Risco Total da População Exposta, Risco Total do Segmento da Rota e Risco Total da Rota no trabalho de Chakrabarti & Parikh (2011b)

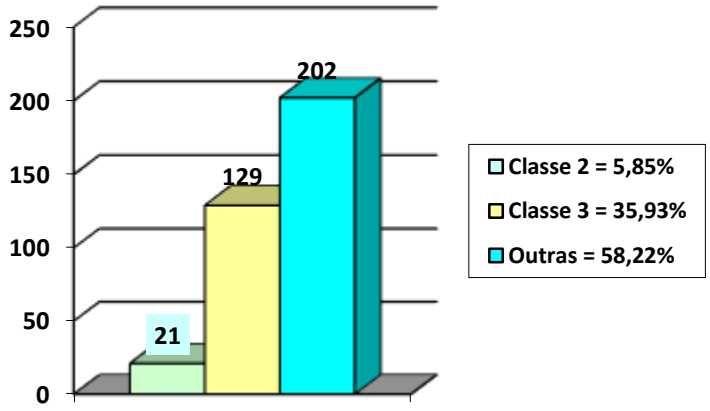
Segmento/Qualidade da Rota	Probabilidades de Acidentes no segmento TAR/2009	Risco Total das Pessoas Expostas no Segmento	Risco Total do Segmento de Rota
RS1/Urbano	5,6628 X 10^{-8}	3.697,8084 X 10^{-8}	7.434,8136 X 10^{-8}
RS2/Urbano	14,1492 X 10^{-8}	9.649,7544 X 10^{-8}	19.401,7962 X 10^{-8}
RS3/Rural	8,1088 X 10^{-8}	5.295,0464 X 10^{-8}	10.646,2203 X 10^{-8}
RS4/Rural	1,6776 X 10^{-8}	931,0680 X 10^{-8}	1.872,0053 X 10^{-8}
RS5/Rural	6.117,9734 X 10^{-8}	4.221.401,6460 X 10^{-8}	8.487.550,1494 X 10^{-8}
RS6/Rural	2.710,6978 X 10^{-8}	1.626.418,6800 X 10^{-8}	3.270.077,3980 X 10^{-8}
RS7/Urbano	5,5058 X 10^{-8}	30.281,9000 X 10^{-8}	60.884,7881 X 10^{-8}
Risco Total da Rota			11.857.867,1709 X 10^{-8}

Fonte: Fonte: Chakrabarti & Parikh (2011b). Adaptado pelo Autor

Diante desses resultados, os estudos comparativos com os informes fornecidos pelas concessionárias de rodovias Auto Pista Arteris Régis Bittencourt e Rota das Bandeiras se iniciam com as análises dos dados do (CADEQ) para o período de 2000 a 2013. Nesse período foram registrados 2.977 casos de emergências químicas ocorridas nas estradas de São Paulo, nas áreas rurais ou urbanas, em estradas federais, estaduais, municipais ou vicinais. Desses registros foram relacionados os acidentes referentes às duas concessionárias.

Para a Concessionária Auto Pista Régis Bittencourt, no período de 2000/2013, foram 352 acidentes com PP. Esses acidentes, distribuídos de acordo com os dois tipos de PP analisados neste estudo, podem ser observados de acordo com o Gráfico 1.

Gráfico 1. Número de acidentes (352) na Concessionária Auto Pista Régis Bittencourt, período de 2000/2013



Fonte: Cadastro de Emergências Químicas (CADEQ) – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (2013).

O Quadro 11 mostra as cidades lindeiras à Rodovia Régis Bittencourt, sua densidade populacional, comprimentos de rota ou seus limites entre uma e outra cidade, VDM e a distribuição dos acidentes com PP no ano de 2013. Pode-se observar que o valor do VDM é uniforme para toda extensão da rodovia, o que demonstra uma limitação na análise da mesma, mas foi a única informação concedida pela concessionária referente a esse item. **Com o cálculo da probabilidade de acidentes no segmento da rota com o uso da Equação Um** e multiplicando-se com a densidade populacional, se obtém o Risco Total da População Exposta. Posteriormente, multiplicando-se o último resultado pela área de impacto, se obtém o Risco Total do Segmento de Rota, cuja soma dos totais de todos os segmentos, resultará no Risco Total da Rota.

Quadros 11 - Dados para cálculo de probabilidades, riscos da população, risco dos segmentos da rota e risco total da rota

Cidades	Densidade Populacional (hab./km²)	Comprimento da Rota (km)	Volume Médio Diário (VDM) (veículos)	Número de Acidentes (2013)
Taboão da Serra	11.994,31	6,52	22.500	0
Embú das Artes	3.412,89	9,25	22.500	0
Itapecerica da Serra	1.011,57	13,90	22.500	2
São Lourenço da Serra	74,79	30,40	22.500	4
Juquitiba	55,03	25,85	22.500	2
Miracatu	20,56	66,70	22.500	10
Juquiá	23,68	20,66	22.500	0
Registro	75,11	30,02	22.500	4
Pariquera-Açu	51,34	8,45	22.500	1
Jacupiranga	24,44	16,24	22.500	3
Cajati	62,43	40,73	22.500	12
Barra do Turvo	7,67	46,30	22.500	12

Fonte: Concessionária Arteris Régis Bittencourt (2013). Adaptado pelo Autor.

Conforme Morettin & Bussab (2013) e Nascimento & Lima (2015), um ***fenômeno aleatório***, em probabilidade, é uma circunstância cujos prognósticos dos resultados não podem ser vistos com certeza. A cada aspecto analisado dá-se o nome de ***variável***, cujo valor de cada resultado obtido é denominado ***frequência absoluta*** ou simplesmente ***frequência***. Para comparação com outros conjuntos de dados pode-se fazer uso da ***frequência relativa***, onde, levando-se em conta a denominação de n_i *a frequência do valor* ***i*** e por ***n*** a ***frequência total***, a ***frequência relativa*** é um valor obtido pelo cálculo: $f_i = ni/n$. Ao conjunto dos resultados possíveis dos fenômenos aleatórios, dá-se o nome de ***Espaço Amostral*** representado pela letra grega Ω (ômega), cujos subconjuntos são chamados ***eventos*** e representados por letras latinas maiúsculas (A, B,...). Assim, para ser considerada uma ***probabilidade*** ou *função P(A)*, o ***fenômeno aleatório*** deve satisfazer algumas condições:

i. $0 \leq P(A) \leq 1, \forall A \subset \Omega$;
ii. $P(\Omega) = 1$;
iii. $P(\cup_{j=1}^{n} Aj) = \sum_{j=1}^{n} P(Aj)$, **com os** $A_{j(s)}$ **disjuntos, ou seja, não tenham elementos comuns ou** $A \cap B = \Theta$.

Segundo Morettin & Bussab (2011), analisando-se essas resultantes sob a perspectiva estatística, vemos que a freqüência relativa das variáveis em estudo é uma estimativa de probabilidade de ocorrência de eventos de interesse ou modelos probabilísticos. Assim, se chamarmos de A, B e C, os riscos calculados para a população exposta, o risco do segmento de rota ou o risco da rota, respectivamente. O modelo probabilístico dessas variáveis poderá ser

expresso como uma característica das probabilidades, onde temos que **a freqüência relativa para os valores de A, B e C, pode ser expressa como:**

Entre 0 e 1, ou 0 < *P*(*A*) < 1 e 0 < P (B)< 1 ou 0 < P(C) < 1 ou
0 (risco nulo, tendendo a zero) < A ou B ou C < 1 (altíssimo risco).

Diante desses dados, após o cálculo de TAR, Risco Total da População Exposta, Risco Total do Segmento da Rota e Risco Total da Rota, Quadro 12, observa-se que nas cidades de Taboão da Serra, Embu das Artes e Juquiá não houve acidentes nesses segmentos no ano de 2013, assim, para esse ano, **não houve riscos à população exposta**. Levando-se em consideração que o valor de Risco Total da Rota é de 4.987,2403 X 10^{-8}, pelo conceito da **Lei dos Grandes Números,** tem-se que: **0 < risco < 1.** Assim, a afirmação de não haver risco à população ou no segmento é falsa, pois o risco **tende** a zero ou **tende** a 1, portanto nunca será nula.

Quadro 12 - TAR, Risco Total da População Exposta, Risco Total do Segmento de Rota e Risco Total da Rota para Rodovia Régis Bittencourt, 2013.

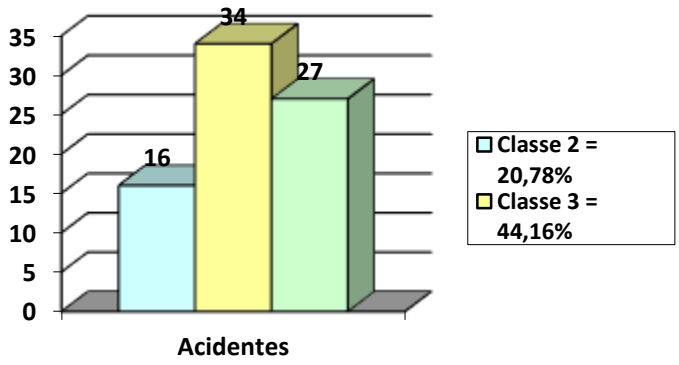
Cidades	Probabilidades de Acidentes no segmento TAR/2013	Risco Total das Pessoas Expostas no Segmento	Risco Total do Segmento de Rota
Taboão da Serra	0	0	0
Embú das Artes	0	0	0
Itapecerica da Serra	1,7520 X 10^{-8}	1.772,2706 X 10^{-8}	3.563,3273 X 10^{-8}
São Lourenço da Serra	1,6022 X 10^{-8}	119,8285 X 10^{-8}	240,9273 X 10^{-8}
Juquitiba	0,9421 X 10^{-8}	51,8438 X 10^{-8}	104,2371 X 10^{-8}
Miracatu	1,8256 X 10^{-8}	37,5343 X 10^{-8}	75,4665 X 10^{-8}
Juquiá	0	0	0
Registro	1,6225 X 10^{-8}	121,8660X 10^{-8}	245,0237 X 10^{-8}
Pariquera-Açu	1,4410 X 10^{-8}	73,9809 X 10^{-8}	148,7461 X 10^{-8}
Jacupiranga	2,2494 X 10^{-8}	54,9753 X 10^{-8}	110,5334 X 10^{-8}
Cajati	3,5875 X 10^{-8}	223,9676 X 10^{-8}	450,3093 X 10^{-8}
Barra do Turvo	3,1560 X 10^{-8}	24,2065 X 10^{-8}	48,6696 X 10^{-8}
Risco Total da Rota			4.987,2403 X 10^{-8}

Fonte: Concessionária Arteris Régis Bittencourt (2013). Adaptado pelo Autor.

Os valores calculados para a Probabilidade de Acidentes no Segmento são diretamente proporcionais ao número de acidentes, o que explica a alta probabilidade em alguns segmentos. Por outro lado o Risco Total da População Exposta está diretamente relacionado à densidade demográfica, o que justifica segmentos com probabilidades de acidentes próximas e riscos da população diferentes, ou seja, o segmento com densidade populacional maior possui risco maior, também observado ao risco do próprio segmento.

Em relação à Concessionária Rota das Bandeiras, pelo CADEQ, no período de 2000/2013 ocorreram 77 acidentes com PP nas vias do Corredor Dom Pedro, com a predominância dos PP de classe 3, seguida de PP de classe 2 nesse período, Gráfico 2.

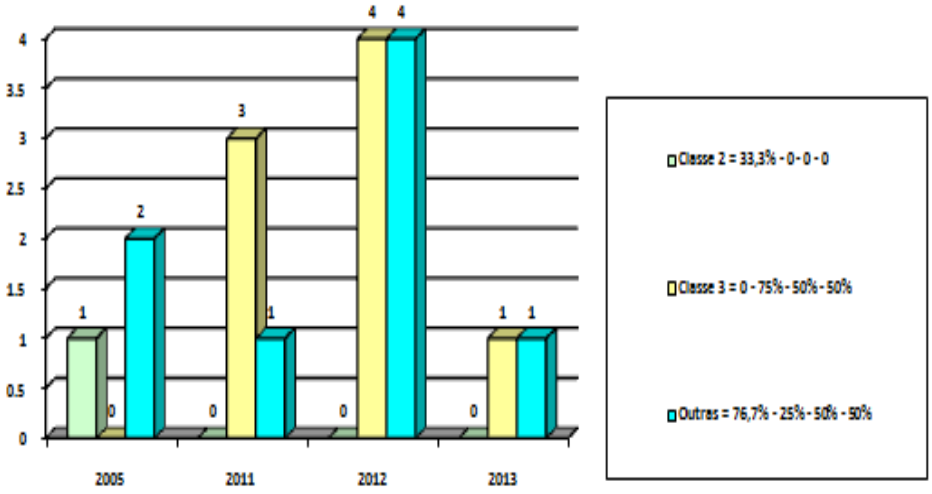
Gráfico 2. Número de acidentes (77) na Concessionária Rota das Bandeiras, no período de 2000/2013



Fonte: Cadastro de Emergências Químicas (CADEQ) – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (2013).

A importância dos acidentes com PP de classes 3, 2 e outros PP é apresentada no Gráfico 3. Observa-se que é significativo o número de ocorrências nos anos de 2005, 2011, 2012 e 2013. A escolha desses anos para estudo não foi aleatória, pois como a Concessionária Rota das Bandeiras forneceu dados para estudo referente, especificamente desses anos, levantou-se das listas do CADAC, os acidentes das rodovias administradas por essa concessionária. O ano de 2005 mostra a situação antes da privatização das rodovias do Corredor Dom Pedro, que ocorreu em 2009, assim, para os anos de 2011, 2012 e 2013 as mesmas já se apresentavam privatizadas.

Gráfico 3. Número de acidentes com PP (2, 3 e outras) na Concessionária Rota das Bandeiras, anos 2005, 2011, 2012 e 2013



Fonte: Rota das Bandeiras (2015).

O Quadro 13 mostra as cidades lindeiras às vias que compõem a Concessionária Rota das Bandeiras, a densidade demográfica, o comprimento das rotas limítrofes às cidades e seu **Volume Médio Diário (VDM)** dos anos 2005 (antes da concessão) e 2011, 2012 e 2013(pós concessão). Foram 12 acidentes nesse período, Quadro 14, dos quais, considerando-se o período pós concessão, foram oficialmente dez acidentes. O início da concessão é datado no ano de 2009. Assim, a análise realizada foi a partir do ano de 2005, antes da concessão, permitindo dizer apenas que a região de Campinas apresentou acidente com PP. O motivo suposto poderia ser pela proximidade de um pólo petroquímico, o de Paulínia. Outra suposição poderia ser o VDM relativamente baixo há dez anos, o que poderia favorecer o suposto baixo índice de acidentes com produtos perigosos. Não há dados suficientes para outros comentários ou suposições. Em relação aos anos 2011, 2012 e 2013, pós concessão. Esses dados se complementam e possibilitam os cálculos das equações um, dois, três e quatro.

Quadro 13 - Cidades adjacentes ao Corredor Dom Pedro e suas densidades demográficas, comprimento do segmento e VDM.

Cidades	Densidade demográfica (hab/km²)	Comprimento Do segmento (km)	Volume Médio Diário (VDM 2013) (veículos)	Acidentes/2013
Jacareí	454,94	12,5	33.780	0
Igaratá	30,14	26	33.780	0
Nazaré Paulista	50,31	19,5	33.780	0
Bom Jesus dos Perdões	181,87	11	33.780	0
Atibaia	264,57	12	33.780	0
Jarinu	114,85	15,5	33.780	0
Itatiba	314,90	17	33.780	0
Valinhos	718,70	15,5	33.780	0
Campinas	1.139,60	17	33.780	0
Paulínia	592,17	12	33.780	0
Cosmópolis	380,37	13,5	33.780	1
Artur Nogueira	248,15	17	33.780	0
Conchal	138,02	21	33.780	0
Mogi Guaçu	168,99	11	33.780	0
Jundiaí	858,42	9,9	33.780	0
Itatiba (2º trecho)	314,90	7,9	33.780	0
Louveira	673,37	7,9	33.780	0

Fonte: Concessionária Rota das Bandeiras (2013), IBGE (2010), DER (2014).

Quadro 14 - Concessionária Rota das Bandeiras, Número de acidentes, 2005, 2011, 2012 e 2013

Cidades	Acidentes/2005	Acidentes/2011	Acidentes/2012	Acidentes/2013
Jacareí	0	0	0	0
Igaratá	0	1	1	0
Nazaré Paulista	0	1	2	0
Bom Jesus dos Perdões	0	0	0	0
Atibaia	1	0	1	0
Jarinu	0	1	0	0
Itatiba	0	0	0	0
Valinhos	0	0	0	0
Campinas	1	0	0	0
Paulínia	0	0	2	0
Cosmópolis	0	0	0	1
Artur Nogueira	0	0	0	0
Conchal	0	0	0	0
Mogi Guaçu	0	0	0	0
Jundiaí	0	0	0	0
Itatiba (2º trecho)	0	0	0	0
Louveira	0	0	0	0

Fonte: Concessionária Rota das Bandeiras (2015). Adaptado pelo Autor.

Em relação à Taxa de Acidentes com Caminhões da Concessionária Rota das Bandeiras è interessante notar que os trechos das cidades de Igaratá, Nazaré Paulista e Atibaia mantém constantes as Taxas de Acidentes para os anos de 2011 e 2012, o que pode sugerir haver algum problema com esses segmentos. A cidade de Jarinu não apresentou mais ocorrências após 2011, sugerindo ter sido ocasional ou que alguma providência foi tomada para prevenção local. A cidade de Paulínia também mantém dados constantes, mas praticamente o dobro do valor das taxas das outras cidades. Isto pode ser devido ao fato de haver um pólo petroquímico nessa cidade, gerando um tráfego maior no transporte, principalmente de combustíveis. A cidade de Campinas pode estar nessa mesma situação, pois em 2005 apresentava taxa de acidentes significativa, que poderia ser explicada por ser importante cidade regional, próxima a cidade de Paulínia, pólo petroquímico local. A mesma situação não se repetiu nos anos 2011, 2012 e 2013, Quadros 15, 16 e 17.

Quadro 15 - TAR, Risco Total da População Exposta no Segmento, Risco Total do Segmento de Rota e Risco Total da Rota para o Corredor Dom Pedro, ano 2011.

Cidades	Probabilidades de Acidentes no segmento TAR/2011	Risco Total das Pessoas Expostas no Segmento	Risco Total do Segmento de Rota
Jacareí	0	0	0
Igaratá	0,3982 X 10^{-8}	1,2202 X 10^{-8}	2,4131 X 10^{-8}
Nazaré Paulista	0,5310 X 10^{-8}	2,6715 X 10^{-8}	5,3712 X 10^{-8}
Bom Jesus dos Perdões	0	0	0
Atibaia	0,6680 X 10^{-8}	7,6720 X 10^{-8}	15,4253 X 10^{-8}
Jarinu	0	0	0
Itatiba	0	0	0
Valinhos	0	0	0
Campinas	0	0	0
Paulínia	0	0	0
Cosmópolis	0	0	0
Artur Nogueira	0	0	0
Conchal	0	0	0
Mogi Guaçu	0	0	0
Jundiaí	0	0	0
Itatiba (2º trecho)	0	0	0
Louveira	0	0	0
Risco Total da Rota			23,2096 X 10^{-8}

Fonte: Concessionária Rota das Bandeiras (2015). Adaptado pelo Autor.

Quadro 16 - TAR, Risco Total da População Exposta no Segmento, Risco Total do Segmento de Rota e Risco Total da Rota para o Corredor Dom Pedro, ano 2012.

Cidades	Probabilidades de Acidentes no segmento TAR/2012	Risco Total das Pessoas Expostas no Segmento	Risco Total do Segmento de Rota
Jacareí	0	0	0
Igaratá	0,3220 X 10^{-8}	9,7051 X 10^{-8}	19,5130 X 10^{-8}
Nazaré Paulista	0,8706 X 10^{-8}	43,7999 X 10^{-8}	88,0641 X 10^{-8}
Bom Jesus dos Perdões	0	0	0
Atibaia	0	0	0
Jarinu	0	0	0
Itatiba	0	0	0
Valinhos	0	0	0
Campinas	0	0	0
Paulínia	1,4148 X 10^{-8}	837,8021 X 10^{-8}	1.684,4849 X 10^{-8}
Cosmópolis	0	0	0
Artur Nogueira	0	0	0
Conchal	0	0	0
Mogi Guaçu	0	0	0
Jundiaí	0	0	0
Itatiba (2º trecho)	0	0	0
Louveira	0	0	0
Risco Total da Rota			1.792,0620 X 10^{-8}

Fonte: Concessionária Rota das Bandeiras (2015). Adaptado pelo Autor.

Quadro 17 - TAR, Risco Total da População Exposta no Segmento, Risco Total do Segmento de Rota e Risco Total da Rota para o Corredor Dom Pedro, ano 2013.

Cidades	Probabilidades de Acidentes no segmento TAR/2013	Risco Total das Pessoas Expostas no Segmento	Risco Total do Segmento de Rota
Jacareí	0	0	0
Igaratá	0	0	0
Nazaré Paulista	0	0	0
Bom Jesus dos Perdões	0	0	0
Atibaia	0	0	0
Jarinu	0	0	0
Itatiba	0	0	0
Valinhos	0	0	0
Campinas	0	0	0
Paulínia	0	0	0
Cosmópolis	$0,6008 \times 10^{-8}$	$228,5263 \times 10^{-8}$	$459,4750 \times 10^{-8}$
Artur Nogueira	0	0	0
Conchal	0	0	0
Mogi Guaçu	0	0	0
Jundiaí	0	0	0
Itatiba (2º trecho)	0	0	0
Louveira	0	0	0
Risco Total da Rota			$459,4759 \times 10^{-8}$

Fonte: Concessionária Rota das Bandeiras (2015). Adaptado pelo Auto

Os cálculos de TAR, Risco Total da População Exposta, Risco Total do Segmento de Rota e Risco Total da Rota não foi calculado para o ano de 2005, por não se considerar relevante ao presente estudo, pois ainda não havia a concessão. Assim, a comparação dos resultados da aplicação das mesmas variáveis na análise entre as rodovias que compõem as concessionárias Auto Pista Régis Bittencourt, Rota das Bandeiras e as Rodovias Indianas são diferentes em relação ao risco apresentado individualmente. Isto pelas próprias características das rodovias que as compõem. A pesquisa indiana correlacionou sete segmentos pertencentes a duas rodovias em uma região industrial no distrito de Surat, na Índia, analisando vias rurais e urbanas. Essas diferenças são primordiais na possibilidade de acidentes com PP.

A Concessionária Auto Pista Régis Bittencourt, concessão federal, é composta por apenas uma rodovia que cruza o estado de São Paulo, vindo do estado do Rio de Janeiro em direção ao estado do Rio Grande do Sul. A Concessionária Rota das Bandeiras, concessão estadual, é uma rede de rodovias chamada Corredor Dom Pedro, estabelecida no interior do estado de São Paulo. A primeira tem um percurso maior dentro do estado de São Paulo, sendo considerada perigosa por inteiro. As estradas estaduais paulistas, por outro lado, são consideradas as mais seguras do país. Comparando-se a participação dos PPs nos acidentes da rodovias das duas concessionárias, pode-se perceber que a presença de PP de classe 3 e 2 nos acidentes das Rodovias Régis Bittencourt e do Corredor Dom Pedro é grande, frente aos demais PPs, como já observado nos gráficos 1, 2 e 3. Contudo, nota-se que no Corredor Dom Pedro há um aumento significativo dos PP de classe 2.

A análise do risco de uma rodovia pode ser realizada em trechos ou por inteiro (pela soma dos riscos dos segmentos ou trechos), observando-se a periculosidade de um trecho ou da via integralmente em relação aos acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos e suas consequências ao redor ou dentro da via, com a finalidade de prevenção e redução dos riscos dos acidentes. Outra possibilidade para a análise de risco é a escolha de outra trajetória para finalizar o objetivo proposto que é a origem-destino. O redirecionamento da rota ou a possibilidade de escolha de outra rota pode complementar a análise dos riscos. Para isso, é necessário o estudo de novos trajetos com dados comparativos de taxas de acidentes e análises de risco, que como foi visto nem sempre o menor trajeto é o mais seguro e/ou que possua menor custo. Os resultados obtidos na análise de risco dos segmentos das rotas sugerem a necessidade de rotas alternativas. As aplicações dos dados indianos nas equações utilizadas para análise do risco mostram não haver problemas nos resultados dos cálculos adaptados e realizados neste estudo para as rodovias pesquisadas em São Paulo.

No caso das rodovias abordadas, nota-se que as concessionárias, em geral, deverão obter mais informações com a finalidade de melhorar os bancos de dados e propiciar analises de modo mais completo. Isso possibilitaria prevenir e/ou corrigir os riscos das vias e à população lindeira decorrentes dos acidentes no transporte de PP. Não se devem desprezar as grandezas obtidas nos cálculos, por menor que seja, pois os resultados podem variar muito desde grandezas muito pequenas a outras muito grandes, como mostram os cálculos probabilísticos: $0 < P < 1$.

Neste estudo, o fator humano, as condições físicas, clínicas e mentais dos motoristas são abordados de forma muito superficial, mas não pode ser esquecida, pois pode estar agindo como um importante fator coadjuvante na gênese do acidente e do risco. A faixa etária, como os jovens e os mais velhos não foram analisados, embora os motoristas mais jovens possuam melhor força de trabalho por volta de 25/35 anos de idade, perdendo cerca de 30% desta condição por volta de 50/60 anos de idade. As diferenças em relação a gênero são equivalentes, pois as mulheres perdem a capacidade produtiva na mesma proporção com o avanço da idade, Grandjean, (1998). O motorista com maior idade ainda tem a desvantagem das doenças crônicas que começam a aparecer com a idade, tais como diabetes mellitus, hipertensão arterial, as doenças oculares, a perda de massa muscular, dentre outras diversas doenças. Estes fatores são lembrados, mas não são conjuntamente analisados.

Dos fatores humanos dos acidentes, a baixa capacitação do motorista brasileiro não pode ser esquecida, pois pode estar agindo como um importante fator coadjuvante na genese do acidente e do risco. A baixa capacitação também compreende o mau hábito alimentar. O motorista de cargas brasileiro, em sua grande maioria é obeso e tem o costume de fazer uma refeição farta em carboidratos e proteínas, ou seja, muito arroz, feijão, farofa e carne. Alimentação não balanceada e muito calórica, que o faz apresentar sonolência à tarde. Isto pode justificar muitos acidentes nesse período. A obesidade o faz perder a movimentação rápida, colaborando com os acidentes, Mazza (2010).

Do ponto de vista fisiológico, devemos considerar que o Brasil é um país de dimensões continentais. Dessa forma, um motorista que saia do sul do país em direção ao nordeste, sai de uma região com temperaturas extremamente baixas, indo para uma região quente, o que pode influenciar em seu condicionamento físico. Igualmente o veículo pode estar sendo submetido a um desgaste maior. Outras possíveis condições climáticas devem ser consideradas, além da temperatura. A umidade também pode afetar. Assim, calor, chuva, vento, poluição podem afetar no rendimento e possibilidade de provocar um evento de risco. A visão pode ser prejudicada na condição de claro e escuro, logo dirigir durante o dia pode ser mais seguro e as luzes ofuscantes

da noite podem prejudicar a segurança da direção veicular à noite. Contudo, a noite pode favorecer com menor risco sob o ponto de vista de haver menos pessoas circulando, menos veículos no trânsito, os prédios públicos e escolas estarão fechados, hospitais com menos movimento por funcionarem somente os serviços de urgência. Por outro lado, um evento negativo pode ser mais difícil sob todos os aspecto de assistência e socorro.

Não se pode esquecer que outros importantes fatores como a manutenção dos veículos, a alta idade da frota dos veículos, que são importantes fatores de falha técnica e alto custo na manutenção desses veículos. Cruvinel *et al.* (2012). Nessas condições, a segurança pode estar influenciando nos riscos quando uma via pode ser a melhor e mais curta, porém, do ponto de vista da segurança, não ser a mais adequada. Isto também no que se refere à violência, a segurança não pode ser isolada, pois muitas vezes uma rota violenta passa a ser evitada, optando-se por outra insegura em relação a outros aspectos. Outro aspecto é a possibilidade da contenção da carga não ter sido devidamente realizada, o que certamente é causa de aumento do risco a todos no trânsito. A adequação da via escolhida também segue a boa sinalização do trajeto.

Do ponto de vista administrativo, há o problema dos motoristas profissionais no transporte de produtos perigosos terem a obrigatoriedade de realizar um curso de capacitação para o transporte de PP, denominado Curso de Movimentação de Produtos Perigosos (MOPP). A entidade onde foi ministrado o curso emite um certificado ao motorista, que por sua vez apresenta este documento no ato da renovação da carteira de habilitação de motorista profissional e como capacitado ao transporte de PP, isto fica gravado em sua carteira de motorista. Muitos problemas decorrem deste fato. Hoje, no país, existem até cursos MOPP por EAD (ensino a distância), Há um comércio muito grande de venda de certificados de curso MOPP falsificados pelo país, assim, um certificado falso, presumidamente emitido num estado nordestino, pode ser apresentado num estado do sul e ser aceito como idôneo,

Grande número dos médicos de tráfego não fazem essa abordagem ao motorista profissional do transporte de PP, por desconhecerem a obrigatoriedade da renovação da carteira de habilitação e do certificado do curso MOPP. No ato da renovação da habilitação, o novo certificado deve ser apresentado, comprovando que o profissional está capacitado até a nova data de vencimento da habilitação para dirigir. A certificação será registrada na carteira de habilitação pelo DETRAN onde foi realizada a rehabilitação da carteira de motorista. A Associação Brasileira de Medicina de Tráfego (ABRAMET) também parece não ter pleno conhecimento desses trâmites burocráticos.

Este estudo, então, sugere a realização destes cálculos de risco das vias como forma de mitigação aos riscos dos acidentes rodoviários envolvendo produtos perigosos, redução de riscos à população exposta e diminuição dos danos a propriedades. Pode apontar os trechos com maior índice de periculosidade, sugerir a escolha e troca da rota e ainda a criação de protocolo de condutas com a finalidade de prevenção e redução de riscos à rodovia, à população exposta, ao ambiente e à propriedade. Os resultados obtidos mostram algumas relações importantes, tais como a densidade populacional de cada região onde ocorreram os acidentes, mas não foram considerados fatores cuja importância poderia ter alguma influência, como condições climáticas, por exemplo.

7. DISCUSSÃO

O Brasil apresenta industrialização crescente e aumento do consumo de produtos químicos resultando na multiplicação do transporte desses produtos químicos, sejam eles perigosos ou não. No caso do transporte rodoviário de PP há o agravante dos acidentes, com os riscos das rodovias, os riscos à população lindeira, ao meio ambiente e à propriedade. Diante disso, este estudo tem por finalidade ~~procurar~~ sugerir mecanismos de análise a estes riscos. A busca por essas ferramentas na literatura nacional e internacional resultou no achado de algumas equações matemáticas que podem colaborar com o propósito do trabalho. Para efeito de cálculos foram utilizados dados obtidos junto a duas concessionárias de rodovias. Os valores da densidade demográfica foram obtidos por meio eletrônico no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referente ao senso 2010, pois não há dados disponíveis, especificamente, sobre a população lindeira ou em trânsito. A concessionária Rota das Bandeiras alegou não possuir dados do VDM das rodovias que compõem o Corredor Dom Pedro, por isso, o VDM para essas rodovias foi obtido por meio eletrônico do site do Departamento de Estradas de Rodagem do estado de São Paulo (DER).

Na presente pesquisa, optou-se pelas rodovias paulistas. Para isso foram contatadas todas as concessionárias de rodovias do estado de São Paulo, porém somente duas retornaram alguns dados. As informações foram fornecidas pelas concessionárias de rodovias Auto Pista Régis Bittencourt (concessão da rodovia federal Régis Bittencourt) que administra o trecho paulista, prolongando até a cidade de Curitiba, no Paraná. A outra, a concessionária Rota das Bandeiras (concessão estadual), que administra uma rede de rodovias denominada Corredor Dom Pedro. Esses dados permitiram a realização de análises dentro das propostas deste estudo: a análise de riscos da rodovia e da população lindeira dessas rodovias que cruza o estado de São

Paulo ou que estão situadas em seu interior, mas não foram disponibilizadas todas as informações solicitadas. Os poucos dados obtidos foram aplicados nas equações um a quatro apresentadas anteriormente.

Algumas limitações restringiram as perspectivas deste estudo. Uma delas foi a dificuldade de obtenção de dados perante as concessionárias de rodovias. A maioria não disponibilizou informações ou não dispunham das informações que valorizariam as análises propostas. Este é um dos motivos da pesquisa ser realizada somente com dados de duas concessionárias de rodovias, pois essa dificuldade na obtenção de informações não possibilitou a escolha de mais opções para a pesquisa. Outra limitação da pesquisa é decorrente da falta de um protocolo único e medidas singulares, além de um banco de dados unificado a ser aplicado em todo país.

Não há, oficialmente, estudos relativos à densidade populacional das pessoas residentes próximas às rodovias, pelo menos as fontes procuradaas não retornaram quaisquer informações, daí a utilização das fontes do Censo 2010 do IBGE. O dado referente à densidade populacional do IBGE, é uma média calculada por tratamento estatístico de validação, metodologia adotada para evitar omissões ou duplicidade de dados, IBGE (2015). Outro problema é que não há dados suficientes e exatos relacionados aos segmentos de rota estudados. A literatura mostra que na Índia os bancos da dados parecem semelhantes aos norte americanos e europeus.

Em relação ao VDM da Rodovia Régis Bittencourt, a Concessionária Auto Pista Régis Bittencourt forneceu apenas os números referentes ao ano de 2013. Não fosse somente esta limitação, o VDM, como o próprio nome diz, é uma média, portanto, trata-se de uma limitante deste estudo, assim, esta informação não condiz com a realidade da rodovia em toda sua extensão, porém não impede a realização dos cálculos da pesquisa.

A mesma limitação ocorre com os números de VDM das rodovias pertencentes à Concessionária Rota das Bandeiras. Estas informações, embora solicitadas, não foram fornecidas pela concessionária, sendo obtidas no site da Secretaria Estadual de Logística e Transporte do Estado de São Paulo. Igualmente à Concessionária Auto Pista Régis Bittencourt, os dados de VDM dos anos 2005 pré concessão e 2011, 2012 e 2013 pós concessão, são médias e por isso também não podem ser consideradas como verdadeiras em toda a extensão das rodovias. Mais uma vez limitante, mas não impede a realização deste estudo. Para as duas concessionárias o VDM representa uma densidade genérica e aproximada do volume de veículos circulante nas rodovias.

A falta de dados obtidos dificultou o pleno desenvolvimento do trabalho. Os poucos dados possibilitaram a realização de parte dos cálculos. Nas concessionárias, algumas pessoas contatadas pediram prazo para um retorno das informações solicitadas, mas não retornaram conforme prometido. Outras solicitaram realizar o contato de forma oficial, de entidade (Universidade) para entidade (Concessionária), mas mesmo procedendo dessa forma não houve resposta. Houveram, ainda, aquelas que simplesmente não responderam.

Aos autores indianos Dr. Chakrabarti e Dr. Parikh foram enviados e-mails no final do ano de 2014 e em julho de 2015. A idéia era poder discutir e obter melhores informações a respeito de seus trabalhos que em grande parte integram o referencial teórico deste estudo. Infelizmente não houve resposta em nenhuma das tentativas.

8. CONCLUSÂO

A proposta deste estudo foi realizar uma pesquisa de análise de risco das rodovias e da população lindeira, em relação aos acidentes no transporte de PP, principalmente no transporte de PP das classes 2 (gases, gases inflamáveis e gases tóxicos) e 3 (líquidos inflamáveis) da classificação da ONU, mas não um processo de previsão de riscos ou consequências devido aos acidentes. Dessa forma, a intensidade da exposição aos mesmos riscos não foi procedimento utilizado. Isto porque a análise do risco aqui sugerida é para a visualização dos riscos das rodovias ou de seus trechos, além dos riscos à população lindeira, com a finalidade de alertar ou indicar maiores cuidados com as mesmas, sugerir estudos para escolha de rotas alternativas e também como sugestão aos gestores na tomada de decisões, com a finalidade principal de prevenção aos riscos e suas consequências, assim como para diminuição de custos.

Embora as análises realizadas neste trabalho visualizem dados de rodovias que cruzam o estado, portanto as áreas rurais, não há contraposições relacionadas ao uso destas ferramentas para avaliações dos riscos das vias urbanas. Contrariamente, sua aplicação nestas vias, tanto na análise dos riscos das vias, dos riscos da população adjacente e na proposta de escolha de novas rotas, pode ter resultados mais expressivos, ou seja, um profissional mais capacitado poderia superar os riscos na condução de um veículo transportando PP por novas rotas na área urbana. Por outro lado, deve-se considerar que as vias rurais nem sempre terão a possibilidade de opção por novas rotas, como a Rodovia Régis Bittencourt que, em determinados trechos não possui possibilidade de desvios como novas opções ao trajeto da rodovia.

9. RECOMENDAÇÕES

Conforme a literatura internacional, a preocupação com os acidentes e suas consequências no transporte de produtos perigosos é realidade desde meados do século passado. Há estudos referentes a várias formas de analises de risco desses acidentes nos países desenvolvidos. Aqui no Brasil, como em outros países considerados em desenvolvimento, essa preocupação surgiu juntamente com o avanço industrial e tecnológico, mas as análises dos riscos são esporádicas.

A Índia, país em desenvolvimento como o Brasil, parece estar mais organizado nesse sentido. Seus pesquisadores estão mais estruturados nos estudos relacionados aos acidentes no transporte de produtos perigosos. É possível perceber sua organização pela aparente facilidade de obtenção de informações em seus bancos de dados na literatura. Os bancos de dados brasileiros tem por característica a descrição dos acidentes de forma desordenada e não unificada, o que dificulta a produção científica nos estudos destes eventos.

Assim, este estudo também é uma sugestão para a unificação de protocolos que possam ser aplicados igualmente por todo o país de modo a possibilitar a obtenção de dados de acidentes que venham a acontecer em todo território nacional. Isso permitiria a realização de estudos mais confiáveis relacionados ao tema proposto, a análise dos riscos das rodovias e da população lindeira devido aos acidentes no transporte de PP, principalmente os produtos perigosos de classe 2 e 3 pela classificação da ONU. O primeiro passo para isso é recorrer à literatura internacional, no caso o exemplo da literatura indiana, país em desenvolvimento analogamente ao Brasil para a unificação e realização de trabalhos que venham a estimular outros que tenham por objetivo a prevenção e mitigação dos acidentes com PP.

Tal iniciativa pode ser realizada por meio de cálculos que possibilitem analisar as rotas mais comuns no transporte desses produtos. Esses cálculos permitiriam visualizar o risco das rotas por inteiro, segmentos da rota ou rotas alternativas, referenciando o risco das vias e/ou de sua população lindeira. Essa análise pode apontar a periculosidade de um trecho, da via por inteiro ou de vias alternativas relacionada aos acidentes no transporte rodoviário de PP, seus riscos e consequências ao redor. Esses dados são importantes na tomada de decisões para a prevenção e redução dos riscos mediante os acidentes.

As análises iniciais para mensurações do risco à população lindeira ou à rodovia, diante da possibilidade de uso das equações sugeridas na literatura internacional, permitirão prevenir e/ou mitigar as consequências dos acidentes à população lindeira e usuária das rodovias. Dessa

forma é possível utilizar as equações como ferramenta de gestão e incrementar as ações preventivas nos locais de maior risco.

Aplicar esta análise para outras rotas utilizadas no transporte de cargas e de PP pode ampliar o potencial de prevenção e remediação. O estudo das rotas alternativas toma importância neste contexto, daí o total conhecimento de outras opções de trajeto se torna imprescindível na escolha e planejamento de um novo caminho, tal como observar a presença de escolas, hospitais, shoppings e outros centros de maior movimentação de pessoas. Dessa forma observar se há maior ou menor risco à população. Isso poderá servir como base para um plano de prevenção e ação nos acidentes rodoviários com PP;

O uso dessas ferramentas poderá estimular e mostrar que a capacitação de pessoas ou grupos para a condução dos caminhões com carregamento de PP é necessária. A capacitação com desenvolvimento e atualização no manejo, transporte e combate aos acidentes envolvendo PP também deve ser constante; Este estudo pode estimular, ainda, o surgimento de novas pesquisas e/ou novas propostas de regulamentação relacionadas ao transporte rodoviário de PP, seus acidentes e outras classes de PP.

10. CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA

As análises realizadas com o uso das equações sugeridas refletem a possibilidade de seu uso para as finalidades propostas, uma ferramenta usada na regulamentação, prevenção, mitigação e melhora do custo-benefício na escolha de novas rotas para a possibilidade de acidentes com PP e suas consequências. Novos estudos científicos também estariam presentes nestas finalidades.

Este trabalho fornece elementos para que as empresas possam ter conhecimento dos trechos mais perigosos dos segmentos e passem a considerar a possibilidade de escolha de outros para substituí-los, melhorando o desempenho dos motoristas nessas áreas e reduzindo seu envolvimento em acidentes. Isso irá resultar em melhorias na imagem da empresa, além de reduzir despesas com a mitigação de danos materiais, ambientais, sociais e humanos. O poder público também poderá obter maiores esclarecimentos quanto às áreas que necessitam de sua intervenção e diminuir gastos com atendimento a potenciais vítimas.

10.1 Contribuições deste trabalho para a prática empresarial

Os acidentes de trânsito possuem como importante causa o fator humano na maioria dos casos, Santos (2006), Teixeira (2010). Isto posto, os motoristas de caminhão passam a fazer parte da cadeia de profissionais envolvidos no programa de melhoria na prevenção de acidentes. Assim, é desejável a capacitação e treinamento dos motoristas com a finalidade de maior prudência relacionada aos acidentes e diminuição dos custos no transporte de cargas e PP. A utilização dos veículos de transporte por profissionais capacitados, em rotas melhores, com menos riscos de acidentes e custos menores de seguro, poderão ter seus fretes, teoricamente melhorados. Os primeiros resultados decorrentes dessa postura diante dos motoristas contratados, cooperados ou autônomos poderá ser o menor envolvimento em eventos negativos. Isto pode significar melhoria na imagem da empresa. Os empresários do setor de transportes terão seus bens mais cuidados, dentre outros melhoramentos.

Dentro desse processo, a obtenção de informações junto aos profissionais do trânsito e das prefeituras locais, com a finalidade de ajudar na escolha da melhor rota é muito importante. Ainda, do ponto de vista público, com a diminuição dos acidentes, os hospitais teriam menor índice de assistência a vítimas de acidentes no transporte de PP, de intoxicação por PP ou ainda pelo menor número de vitimados. Dessa forma haverá menos custos ao Estado pela diminuição e prevenção de acidentes. Diminuição de vítimas e consequente diminuição de custos com a Previdência e seguro obrigatório (IPVA). A participação das empresas de seguros, diante da possibilidade de diminuição dos custos relacionados à rota e comportamento dos motoristas, é de recalcular os valores da indenização em caso de sinistro, minimizando o valor do seguro.

11. SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS.

Algumas limitações à realização deste estudo restringiram a escolha das rodovias para apenas duas concessionárias de rodovias, a Concessionária Auto Piasta Régis Bittencourt que administra a concessão da rodovia federal Rodovia Régis Bittencourt, que cruza o estado de São Paulo, proveniente do estado do Rio de Janeiro em direção ao estado do Rio Grande do Sul. A outra concessionária é a Concessionária Rota das Bandeiras que administra a concessão das rodovias estaduais no interior do estado de São Paulo, pertencentes a uma rede de rodovias

denominadas Corredor Dom Pedro. Como já vimos, essas limitações decorrentes do fornecimento ou não de informações pelas concessionárias.

Diante disso, uma sugestão seria a realização de outras análises de risco de acidentes com PP e também seus riscos à população lindeira, com as rodovias não abrangidas neste estudo. Os PP envolvidos nesses acidentes podem ser das mesmas classes ou relacionados a outros tipos de PP. Este estudo pode ser uma forma de estímulo para o surgimento de novas pesquisas na área e comparação destes resultados com outros estudos similares

Outra sugestão seria a análise de outras rodovias com o propósito de se iniciar o uso de um novo conceito no transporte rodoviário de cargas, mais especificamente o transporte rodoviário de cargas com PP. Isto porque, apesar de bastante utilizado no exterior, conforme a literatura internacional, ainda não é uma prática corriqueira no Brasil a escolha de novas alternativas de trajeto para o roteiro da origem - destino de um determinado carregamento. Essa sugestão de escolha se baseia no fato de que nem sempre o trajeto mais curto é o melhor, mais seguro, de menor tempo ou de menor custo.

12 REFERÊNCIAS

Abdolhamidzadeh, B., Abbasi, T., Rashtchian, D., Abbasi, S. A. (2011). **Domino effect in process-industry accidents – An inventory of past events and identification of some patterns.** *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, *24*(5), 575–593. http://doi.org/10.1016/j.jlp.2010.06.013

Abiquim (2011). **Manual para atendimento a emergências com produtos perigosos.** Abiquim, 6ª ed.

ABNT (2005). **Norma Brasileira: ABNT NBR ISO 14001**. *Sistemas de Gestão Ambiental - Requisitos Com Orientações Para Uso*.

Albert Rayed, C. (2013). **Using GIS for Modeling a Spatial DSS for Industrial Pollution in Egypt.** *American Journal of Geographic Information System*, *1*(4), 100–104. http://doi.org/10.5923/j.ajgis.20120104.01

Acselrad, H. (2006). **Vulnerabilidade ambiental, processos e relações**, 2–4.

Aparecida, A. & Arruda, H. (n.d.). **Segregação Urbana, Riscos Ambientais e Equipamentos Sócio- Técnicos.**

Aven, T. (2009). **Perspectives on risk in a decision-making context – Review and discussion.** Safety Science, 47(6), 798–806. http://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.10.008

Aven, T. (2012). **The risk concept—historical and recent development trends**. *Reliability Engineering & System Safety*, *99*, 33–44. http://doi.org/10.1016/j.ress.2011.11.006

Balliana Jr, G. (2010). **Gestão Ambiental em Empresas de Transporte Rodoviário der Cargas na Grande Curitiba**. *Mestrado Profissional Em Gestão Ambiental, Universidade Positivo (UP)*. Retrieved from http://tecmanutencaoindustrial.up.com.br/painelgpa/uploads/imagens/files/Disserta%C3%A7oes/Dissertacao_Gildo_Balliana.pdf

Barrett, C., Bisset, K., Holzer, M. & Konjevod, G. (2006). **Implementations of routing algorithms for transportation networks.**

Barros, E. A. R., Pamboukian, S. V. D. & Zamboni, L. C. (2007). **Algoritmo de Dijkastra: apoio didático e multidisciplinar na implementação, simulação e utilização computacional**. *International Conference on Engineering and Computer Education*, 960–963.

Baybutt, P. (2014). **Numerical risk tolerance criteria in the United States: A critique of the risk criterion used for the New Jersey Toxic Catastrophe Prevention Act.** *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, *32*, 428–435. http://doi.org/10.1016/j.jlp.2014.10.015

Bazelon, D. (1979). **Risk and responsibility**. *Science*, *205*(4403), 277–280. http://doi.org/10.1126/science.451598

Beck, U. (2006). **Living in the world risk society**. Economy and Society, 35(3), 329–345. http://doi.org/10.1080/03085140600844902

Bier, V., (2001). **On the state of the art: risk communication to the public**. *Reliability Engineering & System Safety*, *71*(2), 139–150. http://doi.org/10.1016/S0951-8320(00)00090-9

Bottelberghs, P. H. (2000). **Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands**. *Journal of Hazardous Materials*, *71*(1-3), 59–84. http://doi.org/10.1016/S0304-3894(99)00072-2

Bris, R., Medonos, S., Wilkins, C., & Zdráhala, A. (2014). **Time-dependent risk modeling of accidental events and responses in process industries.** *Reliability Engineering & System Percepção do risco*

Bubbico, Roberto, Di Cave, Sergio, Mazzarotta, B. (2004). **Risk analysis for road and rail transport of hazardous materials: a simplified approach**. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, *17*(6), 477–482. http://doi.org/10.1016/j.jlp.2004.08.010

Cadastro de Emergências Químicas (CADEQ) – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (2013). **Histórico de acidentes químicos ocorridos nas estradas do estado de São Paulo no período compreendido entre os anos de 2000 a 2013, fornecidos por e-mail ao autor.** (Relatórios podem ser obtidos individualmente no site da CETESB - http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php).

Cappanera, P., Nonato, M. (2014). **The Gateway Location Problem: A Cost Oriented Analysis of a New Risk Mitigation Strategy in Hazmat Transportation**. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *111*, 918–926. http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.126

Castro, N. (2003). **Formação de preços no transporte de carga**. *Pesquisa E Planejamento Econômico*, *33*(1).

CETESB. (2011). **O Transporte Terrestre de Produtos Perigosos no MERCOSUL**.

Chakrabarti, U. K., Parikh, J. (2009). **Capacity Building for Hazmat Transport Emergency Preparedness : " Hotspot Impact Zone " Mapping from Flammable and Toxic Releases.** *World Academy of Science, Engineering and Technology*, *3*(6), 639–647.

Chakrabarti, U. K., & Parikh, J. K. (2011 a). **Route evaluation for hazmat transportation based on total risk – A case of Indian State Highways.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 24(5), 524–530. doi:10.1016/j.jlp.2011.03.002

Chakrabarti, U. K. & Parikh, J. K., (2011b). **Route risk evaluation on class-2 hazmat transportation.** Process Safety and Environmental Protection., v. 89, n. 4, 248-260.

Chakrabarti, U. K., & Parikh, J. K. (2012). **Applying HAZAN methodology to hazmat transportation risk assessment**. *Process Safety and Environmental Protection*, *90*(5), 368–375. http://doi.org/10.1016/j.psep.2012.05.011

Chakrabarti, U. K. & Parikh, J. K., (2013 a). **A societal risk study for transportation of class-3 hazmats – A case of Indian state highways.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries, v. 91, n. 4, 275-284.

Chakrabarti, U. K. & Parikh, J. K., (2013 b). **Risk-based route evaluation against country-specific criteria of risk tolerability for hazmat transportation through Indian State Highways.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries, v. 26, n. 4, 723-736.

Chin, H.-C., & Quek, S.-T. (1997). **Measurement of traffic conflicts.** ***Safety Science***, *26*(3), 169–185. http://doi.org/10.1016/S0925-7535(97)00041-6

Clini, F., Darbra, R. M., & Casal, J. (1996**). Historical Analysis Of Accidents Involving Domino Effect.**

Concessionária Auto Pista Régis Bittencourt - Arteris (2015). **Institucional - Auto Pista Régis Bittencourt.** Disponível em: http://www.autopistaregis.com.br/?link=institucional Acesso em 15/10/2015

Concessionária Rota das Bandeiras (2015). **Rota das Bandeiras - Sobre a Empresa - Mapas.** Disponível em: http://www.rotadasbandeiras.com.br/mapa.aspx?IdCanal=3BwZBOXZlklErKk5RFtLVg== Acesso em 15/10/2015.

Confederação Nacional de Municípios (2009). **Mapeamento das mortes por acidentes de trânsito no Brasil.** *Estudos Técnicos*.

Costa, E. E. S. & Ribeiro, P. C. M. (2011). **Análise da legislação sobre o transporte de produtos perigosos.** *Journal of Transport Literature*, *5*(4), 260–270.

Cunha, W. & Castro, C. (2009). **Análise do Transporte de Produtos Perigosos no Brasil.** *Programa de Pós-Graduação Em Eng. de Transportes, COPPE - UFRJ*.

Cunha, J. M. P., Jakob, A. A. E., Hogan, D. J & Carmo, R. L. (2006). **A vulnerabilidade social no contexto metropolitano : o caso de Campinas.**

Damodaran, M., Daniel, J. D. & Luke, A. C. (2003). **Probability of a hazardous material truck accident in New Jersey.** TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM.

David, R. D. (2007). **Regulamentação do transporte terrestre de produtos perigosos**. *ANTT*.

Departamento de Estradas de Rodagem (2014). **Volume Médio Diário das Estradas (VDM).** Disponível em: http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Index.aspx Acesso em 15/05/15.

DNER. (1997). **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Rio de Janeiro, IPR.

DNIT. (2005). **Manual para implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos**.

Eissa, A. (2013). Spatial **Decision Support System for Infrastructure Resource allocation**. *Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation of the University of Twente*.

Erkut, E. & Glickman, T. (2001). **Minimax Population Exposure in Routing Highway Shipments of hazardous materials.** *Transportation Research Record*, (970877), 93–100.

Erkut, E., Tjandra, S. A., Verter, V. (2007). ***Hazardous Materials Transportation*.** *Handbooks in Operations Research and Management Science* (Vol. 14, pp. 539–621). Elsevier. http://doi.org/10.1016/S0927-0507(06)14009-8

Fabiano, B., Currò, F., Palazzi, E., Pastorino, R. (2002). **A framework for risk assessment and decision-making strategies in dangerous good transportation.** *Journal of Hazardous Materials*, *93*(1), 1–15. http://doi.org/10. 1016/S0304-3894(02)00034-1

Frank, W. C., Thill, J. C., Batta, R. (2000). **Spatial decision support system for hazardous material truck routing.** *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *8*(1-6), 337–359. http://doi.org/10.1016/S0968-090X(00)00007-3

Freitas, C. M. & Amorim, A. E. (2001). **Vigilância ambiental em saúde de acidentes químicos ampliados no transporte rodoviário de cargas perigosas**. *Inf. Epidemiol. Sus*, *10*(1), 31–42. Retrieved from http://ead.santamonicaescola.com.br/file.php/1/Biblioteca_Virtual/Tecnico_em_Seguranca_do_Trabalho/Transporte_Produtos_Perigosos.pdf

Fishefl, A., & Challenges, R. C. (1991). **Risk Communication Challenges** *, *11*(2).

Fischhoff, B., Bostrom, A., Quadrel, M. J. (1993). **Risk Perception and Communication.** *Annual Reviews of Public Health*, *14*, 183–203.

Galembeck, F., César, Á., Schumacher, H. C.Maria, M. (2007). **Industria química: evolução recente, problemas e oportunidades**, *30*(6), 1413–1419.

Galve, J. P., Gutiérrez, F., Guerrero, J., Alonso, J., & Diego, I. (2012). **Application of risk, cost–benefit and acceptability analyses to identify the most appropriate geosynthetic solution to mitigate sinkhole damage on roads**. *Engineering Geology*, *145-146*, 65–77. http://doi.org/10.1016/j.enggeo.2012.07.002

Gheorghe, A. V., Birchmeier, J., Vamanu, D., Papazoglou, I. & Kröger, W. (2005). **Comprehensive risk assessment for railtransportation of dangerous goods: A validated platform for decision support**. *Fuel and Energy Abstracts*, *46*(4), 265. http://doi.org/10.1016/S0140-6701(05)81818-1

Glickmanl, T. S., & Sontag, M. A. (1995). **The Tradeoffs Associated with Rerouting Highway Shipments of Hazardous Materials to Minimize Risk**, *15*(I), 61–67.

Grandjean, E (1998). **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**; trad. João Pedro Stein. - Porto Alegre: Artes Médicas.

Greenberg, M. R., & Schneider, D. F. (1995). **Gender Differences in Risk Perception: Effects Differ in Stressed vs. Non-Stressed Environments.** *Risk Analysis*, *15*(4), 503–511. http://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1995.tb00343.x

Guerra, S. (2011). **Competência Ambiental à luz da Lei 140/2011**. *Revista Do Programa de Pós-Graduação Em Direito Da UFC*, 125–140.

Guivant, J. S. (2001). **A teoria da sociedade de risco de Ulrich Beck : entre o diagnóstico e a profecia ***. Estudos Sociedade E Agricultura, 95–112.

Harding, A. B. (1986). **MHIDAS: the first ten years**, (141).

Harwood, D.W., Viner, J.G. & Russell, E.R., 1993. **Procedure for developing truck accident and release rates for hazmat routing.** Journal of Transportation Engineering, 119 (2), 189-199.

Høj, N. P., Kröger, W. (2002). **Risk analyses of transportation on road and railway from a European Perspective**. *Safety Science*, *40*(1-4), 337–357. http://doi.org/10.1016/S0925-7535(01)00053-4

Hubert, P., & Pages, P. (1989). **Risk Management for Hazardous Materials Transportation: A Local Study in Lyons**. *Risk Analysis*, *9*(4), 445–451. http://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1989.tb01255.x

IBGE. (2010). **Cidades - Censo 2010.** Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/ Acesso em 19/02/2015.

IBGE (2015). **Primeiros resultados definitivos do Censo 2010: população do Brasil é de 190.755.799 pessoas.** Disponível em: http://censo2010.ibge.gov.br/pt/noticias-censo?view=noticia&id=3&idnoticia=1866&busca=1&t=primeiros-resultados-definitivos-censo-2010-populacao-brasil-190-755-799-pessoas Acesso em 19/02/2015.

IPEA/DENATRAN. (2006). **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras.**

IPCS (2004) **IPCS risk assessment terminology. Part 1: IPCS/OECD key generic terms used in chemical hazard/risk assessment. Part 2: IPCS glossary of key exposure assessment terminology**. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Harmonization Project Document No. 1; http://www.who.int/ipcs/methods/harmonization/areas/ipcsterminologyparts1and2.pdf, accessed 23 August 2010).

Jankowski, P., Robischon, S., Tuthill, D., Nyerges, T. & Ramsey, K. (2006). **Design Considerations and Evaluation of a Collaborative, Spatio-Temporal Decision Support System**. *Transactions in GIS*, *10*(3), 335–354. http://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2006.01001.x

Jiang, M. W., Ying, M. (2014). **Study on Route Selection for Hazardous Chemicals Transportation.** *Procedia Engineering*, *71*, 130–138. http://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.04.019

Jones-Lee, M., & Aven, T. (2011). **ALARP—What does it really mean?** *Reliability Engineering & System Safety*, *96*(8), 877–882. http://doi.org/10.1016/j.ress.2011.02.006

Jonkman, S. N., van Gelder, P. H. A. J. M., Vrijling, J. K. (2003). **An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage**. *Journal of Hazardous Materials*, *99*(1), 1–30. http://doi.org/10.1016/S0304-3894(02)00283-2

Johnson, E. J. & Tversky, A. (1983). **Representation of perception of risk**. *Journal of Experimental Psychology*.

Kasperson, R. E., Renn, O., Slovic, P., Brown, H. S., Emel, J., Goble, R., Kasperson, J. X., Ratick, S. (1988). **The Social Amplification of Risk: A Conceptual Framework**. *Risk Analysis*, *8*(2), 177–187. http://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1988.tb01168.x

Kaushal, P., Mohan, N., & Sandhu, P. S. (2010). **Relevancy of Fuzzy Concept in Mathematics**. *International Journal of Innovation*, *1*(3), 1–4.

Kessler, D., 1986. **Establishing Hazardous Materials Truck Routes for Shipments Through the Dallas-Fort Worth Area**, in Transportation Research Board, Recent Advances in Hazardous Materials Transportation Research, State of the Art Report 3.

Kletz, T. A. (1999). **The Origins and History of Loss Prevention**. Process Safety and Environmental Protection, 77(3), 109–116.

Kletz, T. A. (2005). **Looking Beyond ALARP.** Process Safety and Environmental Protection, 83(2), 81–84.

Kuhnen, A. (2009). **Meio Ambiente e vulnerabilidade - a percepção ambiental de risco e o comportamento humano.** *Geografia (Londrina)*, *18*(2), 37–52.

La Blache, P. V. (2006). **Estradas e caminhos da antiga França**. *GEOgrafia*, *8*(16).

Laheij, G.M.H., Post, J.G. & Ale, B. J. M. (2000). **Standard methods for land-use planning to determine the effects on societal risk.** Journal of Hazardous Materials, 71(1-3), 269–282.

Leiss, W. (1995). **"Down and Dirty:" The Use and Abuse of Public Trust in Risk Communication.** *Risk Analysis*, *15*(6), 685–692. http://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1995.tb01340.x

Leiss, W. (2015). **Three Phases in the Evolution of Risk Communication Practice**. *The Annals of the American Academy*, *545*, 85–94.

Lennquist, S. (2003). **Protocol for Reports from Major Accidents and Disasters in the International Journal of Disaster Medicine**. International Journal of Disaster Medicine, 1(1), 79–86.

Leonelli, P., Bonvicini, S. & Spadoni, G. (1999). **New detailed numerical procedures for calculating risk measures in hazardous materials transportation.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 12(6), 507–515.

Lewicki, R. J., McAllister, D. J., & Bies, R. J. (1998). **Trust and Distrust: New Relationships and Realities**. *The Academy of Management Review*, *23*(3), 438. http://doi.org/10.2307/259288

Lieggio Júnior, M., Granemann, S. R. & Souza, O. A. (2011). **Proposta metodológica para escolha de transportadoras rodoviárias de produtos perigosos com enfoque em gerenciamento de riscos.** Journal of Transport Literature, 5(2), 22–43.

Luhmann, N. (2000). **Familiarity, confidence, trust: problems and alternatives.** *Trust: Making and Breaking Cooperative Relations*, (6), 94 – 107.

Macgill, S. M.Siu, Y. L. (2005). **A new paradigm for risk analysis.** ***Futures***, *37*(10), 1105–1131. http://doi.org/10.1016/j.futures.2005.02.008

Magalhães, N., Andrade, R., & Russo, R. (2009). **Transporte de cargas perigosas na malha rodoviária da região metrolitana de Campinas.** *Anais Do XIV Encontro de Iniciação Científica Da PUC-Campinas*.

Makowski, B. G., Ballardin, L. (2003). **Análise do cronotipo dos motoristas e alocação de turnos em uma transportadora de produtos perigosos**. *Programa de Pós-Graduação Em Engenharia de Produção*.

Marandola Jr, E. & Hogan, D. J. (2005). **Vulnerabilidades e riscos : entre geografia e demografia.** *Rev. Bras. Est. Pop.*, *22*(1), 29–53.

Marandola Junior, E. & Hogan, D. J. (2006). **As dimensões da Vulnerabilidade**. *São Paulo Em Perspectiva*, *20*(1), 33–43.

Marcotte, P., Mercier, A., Savard, G. & Verter, V. (2009). **Toll Policies for Mitigating Hazardous Materials Transport Risk.** Transportation Science, 43(2), 228–243.

Mc Comas, K. a. (2006). **Defining moments in risk communication research: 1996-2005**. *Journal of Health Communication*, *11*(1), 75–91. http://doi.org/10.1080/10810730500461091

Mazza, F. C. (2010). **Obesidade e transtornos alimentares.** Medicina do Trasnsporte. – 1ª ed. Rio de Janeiro: Arquimedes Edições.

Mello Jorge, M. H. P. (2013). **Acidentes de trânsito no Brasil: um atlas de sua distribuição. –** 2ª. ed. - São Paulo: ABRAMET

Mohaymany, A. S. & Khodadadiyan, M. (2008). **A routing methodology for hazardous materials transportation to reduce the risk of road network**. *International Journal of Engineering Science*, *19*(3), 57–65.

Morettin, P. A. & Bussab, W. O. (2011). **Estatísica Básica**. 7. ed. – São Paulo: Saraiva.

Morettin, P. A. & Bussab, W. O. (2013). **Estatísica Básica**. 8. ed. – São Paulo: Saraiva.

Mullai, A., Larsson, E. (2006). **Hazardous Material Incidents – Some Key Results of a Risk Analysis**, 1–18.

Nardocci, A. & Leal, O. L., 2006. **Informações sobre Acidentes com Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos no Estado de São Paulo: os desafios para a Vigilância em Saúde Ambiental.** Saúde e Sociedade, v.15, n.2, 113-121.

Magalhães, M. N. & Lima, A. (2015). **Noções de Probabilidade e Estatística**. 7 ed., 3. Reimpr. rev. – São Paulo: Editora Universidade de São Paulo.

Nogueira, D. P. (1984). **O problema das emergências causadas por produtos químicos e a saúde da comunidade.** pdf.

OIT (2002). **Convenção de nº 174 e Recomendação de nº 181 sobre a Prevenção de Acidentes Industriais Maiores.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4085.htm Acesso em 20/12/2015.

ONU. (2011). ***Orange Book - Transport of Hazardous Materials*** (Vol. I).

Pasquali, L. (1997). **A Curva Normal.**

Pedro, F. G. (2006). **Acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos: análise e aplicação de modelo conceitual georreferenciado para avaliação de risco ambiental no município de Campinas-SP.** *Comissão de Pós-Graduação Da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura E Urbanismo Da Universidade Estadual de Campinas*.

Pesatori, A. C., Consonni, D., Rubagotti, M., Grillo, P., Bertazzi, P. A. (2009). **Cancer incidence in the population exposed to dioxin after the "Seveso accident": twenty years of follow-up.** *Environmental Health : A Global Access Science Source*, *8*, 39. http://doi.org/10.1186/1476-069X-8-39

Philipson, L. L. & Napadensky, H. S. (1982). **The methodologies of hazardous materials transportation risk assessment.** Journal of Hazardous Materials, 6(4), 361–382.

Plough, A., & Krimsky, S. (2014). **The Emergence of Risk Communication Studies :** Social and Political Context, *12*(3), 4–10.

Prefeitura de São Paulo - Coordenação de Subprefeituras, 2010. **Dados Demográficos dos Distritos pertencentes as Subprefeituras - Distrito Campo Limpo.** Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/subprefeituras/dados_demograficos/ Acesso em 10/10/2014

Purdy, G. (1993). **Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail.** Journal of Hazardous Materials, 33(2), 229–259.

Qiao, Y., Keren, N. & Mannan, M. S. (2009). **Utilization of accident databases and fuzzy sets to estimate frequency of HazMat transport accidents.** Journal of Hazardous Materials, 167(1-3), 374–82.

Qiu, S., Sacile, R., Sallak, M. & Schön, W. (2015). **On the application of Valuation-Based Systems in the assessment of the probability bounds of Hazardous Material transportation accidents occurrence.** Safety Science, 72, 83–96.

Reilly, A., Nozick, L., Xu, N., & Jones, D. (2012). **Game theory-based identification of facility use restrictions for the movement of hazardous materials under terrorist threat.** *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *48*(1), 115–131. http://doi.org/10.1016/j.tre.2011.06.002

Ren, C., Yuan, X., Wang, J., Zhang, X., Li, J. (2012). **Study on Emergency Response Rank Mode of Flammable and Explosive Hazardous Materials Road Transportation.** *Procedia Engineering*, *45*, 830–835. http://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.246

Renjith, V. R., Madhu, G. (2010). **Individual and societal risk analysis and mapping of human vulnerability to chemical accidents in the vicinity of an industrial area.** *InternationalN Journal of Applied Engineering Research*, *1*, 135–148.

Rezende, F. P. (2012). **Contribuição ao estudo para implantação de centro de reciclagem de veículos pesados (caminhões).** *Fac. de Tecnologia - Depto de Engenharia Civil E Ambiental - UNB.*

Rigas, F. & Sklavounos, S. (2004). **Major Hazards Analysis for Populations Adjacent to Chemical Storage Facilities.** Process Safety and Environmental Protection, 82(5), 341–351.

SSI-UFPE. (2009). **Análise de riscos**. Disponível em: *https://www.ufpe.br/ssi/index.php?view=article&id=324%3Aar&format=pdf&option=com_content&Itemid=264*, 1–2. Acesso em 15/11/2014.

Samuel, C., Keren, N., Shelley, M.C. & Freeman, S. A. (2009). **Frequency analysis of hazardous material transportation incidents as a function of distance from origin to incident location.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22(6), 783–790.

Sanchez, A. I. M. & Bertolozzi, M. R. (2007). **Pode o conceito de vulnerabilidade apoiar a construção do conhecimento em Saúde Coletiva ?** *Ciência & Saúde Coletiva*, *12*(2), 319–324.

Santos, D. R. (2006). **O perfil do transporte rodoviário de produtos perigosos no Distrito Federal - uma proposta metodológica**. *Centro de Desenvolvimento Sustentável Da Universidade de Brasília*.

Santos, J. L. G., Vieira, M., Assuiti, F. L. C., Gomes, D., Meirelles, B. H. S. & Santos, S. M. A. (2012). **Risco e vulnerabilidade nas práticas dos profissionais de saúde**. *Rev. Gaúcha de Enfermagem*, *33*(2), 205–212.

Santos, R. (2006). **Acidentes com produtos químicos perigosos no transporte rodoviário : diretrizes básicas para atuação da vigilância em saúde no Estado de São Paulo.** *Curso de Pós-Graduação Da Faculdade de Ciências Médicas Da Santa Casa de São Paulo*.

Satterfield, T., Mertz, C. K., & Slovic, P. (2004). **Discrimination, vulnerability, and justice in the face of risk.** *Risk Analysis*, *24*(1), 115–29. http://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00416.x

Secretaria de Estado dos Transportes -Governo do Estado de São Paulo (2008). **Balanço Anual - 2008.**

Shaw, G. M., Windham, G. C., Leonard, A. & Neutra, R. R. (1986). **Characteristics of Hazardous Material Spills from Reporting Systems in California.** American Journal of Public Health, 76(5), 540–543.

Sherali, H. D., Brizendine, L. D. & Glickman, T. S., Subramanian, S. (1997). **Low probability-high consequence considerations in routing hazardous materials shipments.**

Siegrist, M. (2000). **The Influence of Trust and Perceptions of Risks and Benefits on the Acceptance of Gene Technology**. *Risk Analysis*, *20*(2), 195–204. http://doi.org/10.1111/0272-4332.202020

Siegrist, M., Gutscher, H., & Earle, T. (2005). **Perception of risk: the influence of general trust, and general confidence.** *Journal of Risk Research*, *8*(2), 145–156. http://doi.org/10.1080/1366987032000105315

Sjoberg, L. (1999). **Perceived competence and motivation in industry and government as factors in risk perception**.

Slovic, P. (1987). **Perception of Risk**. *Science*, 236, 280-285.

Slovic, P. (1999). **Trust, Emotion, Sex, Politics, and Science: Surveying the Risk-Assessment Battlefield**. *Risk Analysis*, *19*(4), 689–701. http://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1999.tb00439.x

Strauch, C. E. (2004)**. Acidentes com produtos perigosos no transporte rodoviário no estado do Rio de Janeiro: propostas de melhoria nas ações que visam a respostas emergenciais.**

Tasenm, J. S. (2010). **Computation and Mathematics Paradoxes - Computación y Paradojas Matemáticas.** *RevistaDigital*, (3), 9–15.

Teixeira Junior, A. A. (1998). **Avaliação do risco potencial de danos a saude publica devido a acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos no Estado de Sao Paulo, atraves do emprego da Arvore de Falhas**. Aloisio. *Engenharia Civil, Area de Concentraviio Saneamento E Ambiente*.

Teixeira, M. S. (2010). **Análise e prognóstico dos acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos no município de São Paulo (1989 a 2008) – Situação e cenários de risco.** *Instituto de Pesquisas Tecnológicas Do Estado de São Paulo*.

Torretta, V., Raboni, M., Copelli, S., Urbini, G. (2013). **Application of a Decision Support System to the Transport of Hazardous Materials.** *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, *12*(10), 2031–2039. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=93477012&lang=pt-br&site=ehost-live

Van Raemdonck, K., Macharis, C. & Mairesse, O. (2013). **Risk analysis system for the transport of hazardous materials.** Journal of Safety Research, 45, 55–63.

Verginassi, A., Dores, E. F. G. C., Weber, O. L. S., Lambert, J. A. (2007). **Acidentes ambientais no transporte rodoviário de cargas perigosas no estado de Mato Grosso**. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo Do Pinhal*, *4*(1), 103–119.

Vílchez, J. A., Sevilla, S., Montiel, H., Casal, J. (1995). **Historical analysis of accidents in chemical plants and in the transportation of hazardous materials.** *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, *8*(2), 87–96. http://doi.org/10.1016/0950-4230(95)00006-M

Vinnem, J. E. (2010). **Risk analysis and risk acceptance criteria in the planning processes of hazardous facilities—A case of an LNG plant in an urban area.** *Reliability Engineering & System Safety*, *95*(6), 662–670. http://doi.org/10.1016/j.ress.2010.02.005

Vrijling, J. (1995). **A framework for risk evaluation.** Journal of Hazardous Materials, 43(3), 245–261.

WHO. (2010). **Risk Assessment: chemical hazards.** International Programme on Chemical Safety.

Wikipédia (2008). **Levanta Choulan** Disponível em: https://fr.wikipedia.org/wiki/Montée_de_Choulans Acesso em 29/01/2016.

Wildavsky, A., & Dake, K. (2013). **Theories of Risk Perception : Who Fears What and Why ?**, *119*(4), 41–60.

Zhang, J., Hodgson, J., Erkut, E. (2000). **Using GIS to assess the risks of hazardous materials transport in networks**. *European Journal of Operational Research*, *121*(2), 316–329. http://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00220-9

13. ANEXOS

Anexo A: Instituições e respectivas regulamentações ligadas aos produtos perigosos

Entidades	**Regulamentação Prod. Perigosos**	**Dispositivos Legais sobre:**
Presidênia da República		
	Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	Política Nacional de Meio Ambiente e o Princípio do Poluidor-Pagador.
	Decreto Lei nº 2.063, de 6 de outubro de 1983	Multas a serem aplicadas por infrações à regulamentação para a execução do serviço do transporte rodoviário de cargas ou produtos perigosos.
	Decreto Nº 88.821, de 6 de outubro de 1983.	Aprova o Regulamento para a execução do serviço de transporte rodoviário de cargas ou produtos perigosos
	Decreto Federal nº 96.044, de 18 de maio de 1988	Regulamentar a normatização específica (Regulamento de Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos - RTTP).

	Constituição Federal de 1988, artigo 225	Assegura aos brasileiros o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.
	Decreto Federal nº 1.797, de 25 de janeiro de 1996	O transporte de produtos perigosos no Mercosul.
	Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998	Crimes Ambientais
	Lei nº 10.233, art. 22, inciso VII e art. 24, inciso XIV, de 5 de junho de 2001	Fiscalização de transporte de produtos perigosos,
MMA/IBAMA Meio Ambiente?Resíduo Perigoso		
	Resolução CONAMA nº 237 de 19 de dezembro de 1997	Exigência de licenciamento ambiental para o transporte de produtos perigosos.
Min. Saúde Prod. Tóxicos e Infecciosos		
	Portaria Nº 1.339, de novembro de 1999	Delega ao Sistema Único de Saúde (SUS), a revisão periódica da listagem oficial de doenças originadas no processo de trabalho; a importância da definição do perfil nosológico da população

		trabalhadora para o estabelecimento de políticas públicas no campo da saúde do trabalhador.
	Protocolos de Biossegurança	
Min. Agricultura Agrotóxicos		
	Lei Nº 7.802, de 11 de julho de 1989	Pesquisa, experimentação, produção, embalagem e rotulagem, transporte, armazenamento, comercialização, propaganda comercial, utilização, importação, exportação, destino final dos resíduos e embalagens, registro, classificação, controle, inspeção e fiscalização de agrotóxicos, componentes e afins
	Decreto Nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002	Regulamentação da Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, experimentação, produção, embalagem e rotulagem, transporte, armazenamento, comercialização, propaganda comercial, utilização, importação,

		exportação, destino final dos resíduos e embalagens, registro, classificação, controle, inspeção e fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins.
Min. Justiça/Dep. Pol. Rod. Federal Fiscalização		
		Fiscalização do transporte de produtos perigosos.
Min. Justiça/Dep. Pol. Federal Prod. Controlados e Prec. de Drogas		
		Fiscalização da cadeia produtiva de produtos perigosos.
Min. da Defesa Explosivos/Prod. Controlados		
		Controle exclusivo de material explosivo.
Com. Nac. Energia Nuclear (CNEN) Prod. Radioativos		
	Resolução nº 13 de 19 de julho de 1988	Relacionado ao transporte de material radioativo.

	Resolução Nº 06, de 21 de dezembro de 1988	Suplementando a Resolução nº 13 de 19 de julho de 1988.
Min. Trabalho e Emprego Hig. e Segurança do Trabalho		
		Patologias relacionadas ao trabalho em ambientes contaminados e/ou com produtos perigosos.
Min. Integração Nacional Defesa Civil/Emergências		
		Acidentes e desastres químicos.
Min. Des. Ind. e Comércio/INMETRO Embalagens/Acondicionamento Veículo/Equipamento		
		Ambientes contaminados e/ou com produtos perigosos.
Min. das Cidades Sistema Nac. de Trânsito		
		Relacionado ao transporte de material químico e ou perigoso.
Min. dos Transportes		

Transporte de Produtos Perigosos		
	Portaria nº 204 de 26 de maio de 1997 do Ministério dos Transportes	Instruções complementares ao RTTP
	Alterada pela Resolução nº 420 de fevereiro de 2004	
Modalidade de Transporte Terrestre/**ANTT**		
	Parecer ANTT/FAB?nº 151-4.13 de 2003, sobre fiscalização de transporte de produtos perigosos.	Fiscalização de transporte de produtos perigosos.
	Resolução nº 420 de fevereiro de 2004	Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.
Modalidade de Transporte Aéreo/**ANAC**		
		Relacionado ao transporte aéreo de material químico e/ou químico perigoso.
Modalidade de Transporte		

Hidrovia-Porto/**ANTAQ**		
		Relacionado ao transporte fluvial de material químico e/ou químico perigoso.
Modalidade de Transporte Marítimo/**DPC**		
		Relacionado ao transporte marítimo de material químico e/ou químico perigoso.
Distrito Federal		
	Decreto Distrital nº 21.930, de 31 de janeiro de 2001	Instituindo o Programa de Controle da Movimentação de Produtos Perigosos no Distrito Federal, sobre a fiscalização da movimentação de produtos perigosos.
Estados		
	Decreto - lei n° 172, de 28 de dezembro de 1969	Reformulação do Fundo Estadual de Saneamento Básico (FESB), com objetivo de controlar a poluição dos recursos hídricos do Estado.
Municípios		

	Lei Nº 11.368, de 17 de maio de 1993	Transporte de produtos perigosos de qualquer natureza por veículos de carga no Município de São Paulo.
	Decreto Nº 50.446, de 20 de fevereiro de 2009	Regulamenta o transporte de produtos perigosos por veículos de carga nas vias públicas do Município de São Paulo, nos termos da legislação específica.
	Portaria n° 054 / SVMA / 2009, de 26 de março de 2009	Plano de Atendimento a Emergências no transporte de produtos perigosos por veículo de carga nas vias públicas do Município de São Paulo.

Fonte: Adaptado pelo autor, a partir de ANTT/David (2007)

Anexo B: Principais Normas Brasileiras (NBR - ABNT- CB 16) relacionadas ao Transporte Rodoviário de PPs.

NBR	Conteúdo
7500	Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais. Estabelece os símbolos convencionais e seu dimensionamento, para serem aplicados nas unidades de transporte assim como nas embalagens para indicação dos

	riscos, bem como os cuidados que devem ser tomados durante o seu manuseio, transporte e armazenamento
7501	Terminologia. Define os termos empregados no transporte de PPs.
7503	Ficha de emergência para o transporte de PPs. Estabelece características e dimensões.
7504	Envelope para transporte de PPs, características e dimensões. Este envelope deve acompanhar o transporte de PPs, devendo ser impresso com as instruções e recomendações em caso de acidentes.
8285	Preenchimento da ficha de emergência para o transporte de PPs. Estabelece um sistema para o correto preenchimento da ficha de emergência para o transporte de PPs.
8286	Emprego de sinalização nas unidades de transporte e de rótulos nas embalagens de PPs. Especifica as condições necessárias para o emprego de sinalização nas unidades de transporte e de rótulos nas embalagens de PPs.
9734	Conjunto de equipamentos de proteção individual para avaliação de emergência e fuga no transporte rodoviário de PPs. Especifica a composição do conjunto de equipamento de proteção individual (EPI)

	a ser utilizado no transporte rodoviário de PPs.
9735	Conjunto de equipamentos para emergências no transporte rodoviário de PPs. Estabelece o conjunto mínimo de equipamentos que devem acompanhar o transporte rodoviário de PPs.
10 271	Conjunto de equipamentos para emergências no transporte rodoviário de ácido fluorídrico – procedimento. Fixa o conjunto mínimo de equipamentos que devem acompanhar o transporte rodoviário de ácido fluorídrico, para atender a situações de emergência.
12 710	Proteção contra incêndio por extintores, no transporte rodoviário de PPs. Especifica as características exigíveis para proteção contra princípios de incêndios por extintores portáteis, no transporte rodoviário de PPs.
12 982	Desgaseificação de tanque rodoviário para transporte de PP – classe de risco 3 – líquidos inflamáveis – procedimento. Fixa as condições mínimas exigíveis para a desgaseificação de tanque rodoviário para transporte de PP.

13 095	Instalação e fixação de extintores de incêndio para carga no transporte rodoviário de PPs. Especifica as características exigíveis para instalação e fixação de extintores de incêndio para carga, no transporte de rodoviário de PP.
14 064 (Atualização 2015)	Atendimento a emergência no transporte rodoviário de PPs. Estabelece as condições mínimas para orientar as ações básicas a serem adotadas por entidades ou pessoas envolvidas direta ou indiretamente em situações de emergência, no transporte rodoviário de PPs.
14 095	Área de estacionamento para veículos rodoviários de transporte de PPs. Fixa as condições de segurança mínimas exigíveis para as áreas de estacionamento para veículos rodoviários de transporte de PPs, carregados ou não descontaminados.
14 619	Transporte de PPs – incompatibilidade química. Estabelece critérios de incompatibilidade química a serem considerados no transporte terrestre de PPs.

Fonte: ABNT, 2000). A partir de Strauch, (2004). Adaptado pelo Autor.

14. APÊNDICES:

Apêndice A. Informações solicitadas às concessionárias

1. Qual o número de caminhões (caminhões + carretas) de transporte que circulam anualmente na rodovia?
2. Há dados quanto a número de carretas e caminhões circulando diariamente nas estradas da concessionária? Os dados (se existirem), podem ser disponibilizados por estrada individualmente?
3. Destes, qual o número (carretas e caminhões separadamente) transportando cargas perigosas (produtos perigosos, diariamente)?
4. Há dados quanto aos produtos mais transportados de acordo com as classes de risco ONU (diariamente)?
5. Qual a extensão das estradas e as cidades pelas quais passam?
6. Qual o número de acidentes que nelas ocorrem durante o ano e a classe do produto envolvido?
7. Qual o número de fatalidades e feridos decorrentes destes acidentes?
8. Houve necessidade de evacuação das proximidades do acidente? Se houve, qual a distancia adotada?
9. Quais são os trechos com maior índice de acidentes?
10. Há estudos com frequência de acidentes? Se houver, há índices de frequência?
11. Há dados quanto à densidade populacional nos arredores das estradas? Ou ainda nos arredores dos locais dos acidentes?
12. Há projetos ou planos de assistência aos acidentes? Se sim, há preparo para condução de evacuação do local e arredores?
13. Há projetos ou planos de mitigação à degradação ambiental?
14. Há capacitação dos profissionais envolvidos na assistência aos possíveis casos de incêndio e/ou explosões, dependendo do produto perigoso em questão?

Fonte: Autor.