

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

HELBERT BARBOSA TELES

**O USO DE REDES BAYESIANAS PARA MODELAGEM E SIMULAÇÃO DOS
FATORES DE RISCO NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS**

**São Paulo
2020**

HELBERT BARBOSA TELES

**O USO DE REDES BAYESIANAS PARA MODELAGEM E SIMULAÇÃO DOS
FATORES DE RISCO NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho - UNINOVE, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. André F. H. Librantz
Co-Orientador: Prof. Dr. Geraldo Cardoso
de Oliveira Neto

**São Paulo
2020**

Teles, Helbert Barbosa.

O uso de redes bayesianas para modelagem e simulação dos fatores de risco no transporte rodoviário de cargas. / Helbert Barbosa Teles. 2020.

131 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2020.

Orientador (a): Prof. Dr. André Felipe Henrique Librantz.

Redes Bayesianas. 2. Fatores de Risco. 3. Transporte Rodoviário de Carga.

Librantz, André Felipe Henrique.II. Título.

CDU 658.5

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

DE

Helbert Barbosa Teles

Título da Dissertação: O Uso de Redes Bayesianas para Modelagem e Simulação dos Fatores de Risco no Transporte Rodoviário de Cargas.

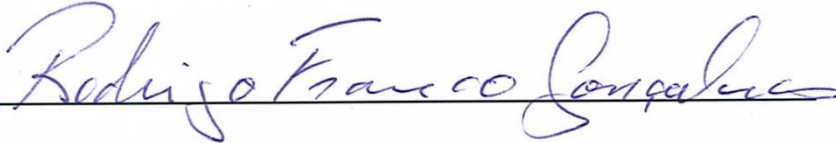
A Comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, considera o(a) candidato(a) Helbert Barbosa Teles APROVADO.

São Paulo, 04 de março de 2020.

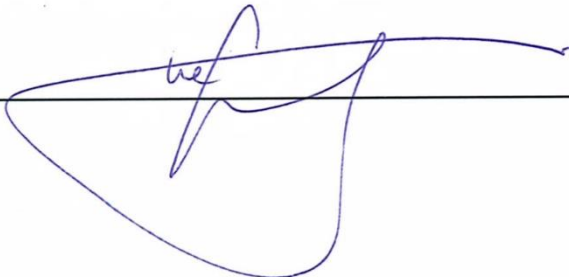
Prof(a). Dr(a). André Felipe Henriques Librantz (UNINOVE / PPGEP) - Orientador



Prof(a). Dr(a). Rodrigo Franco Gonçalves (UNIP / PPGEP) - Membro Externo- Membro Externo



Prof(a). Dr(a). Wagner Cezar Lucato (UNINOVE / PPGEP) - Membro Interno



Dedico este trabalho primeiramente, a Deus — o Senhor dos Exércitos — o qual permitiu que eu vencesse mais esta etapa tão importante em minha vida. Certamente, sem Ele, eu não conseguiria. A Deus seja toda honra, toda glória e todo o louvor.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos ao meu Orientador, Professor e Doutor André Felipe Henriques Librantz, pela atenção, cuidado e altíssimo profissionalismo que foram dispensados a mim durante todos os momentos da minha orientação, pela excelente pessoa, bem como, pela sua brilhante e notável inteligência. Ao Co-Orientador, Professor e Doutor Geraldo Cardoso de Oliveira Neto, por ter acreditado em mim desde o começo e por me encorajar a seguir em frente, certamente, suas cobranças e ensinamentos foram essenciais para o meu crescimento neste mestrado. Ao Professor e Doutor Wagner Cesar Lucato, pelas ótimas aulas de metodologia de pesquisa que foram muito importantes para o desenvolvimento desta dissertação, bem como, a excelente condução dos alunos durante as aulas do módulo internacional que ocorreram na Universidade Politécnica de Bari, Itália. Ao Professor e Doutor Fábio Cosme Rodrigues dos Santos, pelas observações e dicas super pontuais que, com certeza, fizeram a diferença. Aos amigos Adriano Yonamine e Vanderson Santos Gomes – meus chefes – por me apoiarem quando decidi passar por esta jornada acadêmica, muito obrigado por todo apoio e compreensão de vocês. Aos meus pais Ana Maria Teles e Samuel Teles, pelo contínuo apoio em toda minha trajetória profissional e acadêmica na qual faço um destaque especial à minha mãe, que sempre intercedeu a Deus pela minha vida. À minha linda e querida esposa Daniele Teles e meus queridos filhos Kevin e Taylor, vocês são o motivo pelo qual sempre procuro me dedicar para me tornar uma pessoa melhor a cada dia. Dani sem dúvida alguma, você é uma das peças fundamentais para o meu sucesso. Te amo querida e muito obrigado por sempre estar ao meu lado!

Agradeço à Universidade Nove de Julho pela oportunidade recebida e, assim, alcançar e concluir mais uma etapa em minha vida acadêmica.

E, por último, mas, não menos importante do que todos até aqui citados, meus eternos agradecimentos a Deus, o Senhor dos Exércitos, aquele que por Sua infinita misericórdia, sempre me capacitou e me abençoou durante minha caminhada nesta terra. A Deus seja toda a glória!

Bem-aventurado o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento.

(Provérbios, capítulo 3, versículo:13)

RESUMO

Nos últimos anos, a análise quantitativa de riscos no Transporte Rodoviário de Cargas (TRC), tem sido aplicada com sucesso em estudos para avaliar os riscos aos quais as indústrias químicas e outros segmentos dão origem. Recentemente, estudos relevantes mostraram que o transporte em diferentes modais (nas estradas, trilhos, oleodutos e vias navegáveis interiores) de materiais perigosos desempenha um papel importante na determinação do risco. Em especial, no que concerne ao transporte rodoviário realizado por caminhões, por ser um modal importante para o desenvolvimento econômico e muito comum para a movimentação de vários tipos de carga, para avaliar o nível de risco de uma determinada atividade é necessário determinar a gravidade do índice desse risco para cada situação que possa ocorrer durante o TRC. Neste contexto, o propósito desta pesquisa é investigar e calcular os riscos relacionados à atividade do transporte rodoviário de cargas por meio de Redes Bayesianas. Estes modelos podem estimar diferentes cenários de risco na atividade do TRC, com vistas a permitir maior assertividade na aferição do nível de risco. Os modelos computacionais foram implementados em softwares de Redes Bayesianas e a entrada de dados foi realizada em planilhas Excel[®] estabelecendo uma interface de uso simplificado. A metodologia adotada para este estudo é a pesquisa de campo fundamentada por meio da participação de especialistas e fontes acadêmicas, bem como, a utilização de uma revisão sistemática da literatura, a aplicação da técnica Delphi e, por último, uma Survey. Os resultados apontaram que por meio da utilização do modelo proposto, foi possível ter maior assertividade na escolha do melhor cenário para a realização da atividade do TRC, uma vez que é possível também, identificar se um determinado cenário pode ser classificado com baixo, médio ou alto grau de risco. Assim, o método de predição de risco para o TRC possibilita avaliar a probabilidade de ocorrência de um ou mais fatores de risco durante a sua atividade. Ao final, a abordagem proposta contribui para uma melhor compreensão a respeito da probabilidade dos fatores de risco mais recorrentes no TRC.

Palavras-Chaves: Redes Bayesianas, Fatores de Risco, Transporte Rodoviário de Carga.

ABSTRACT

In recent years, quantitative risk analysis in Road Freight Transport (TFR) has been successfully applied in studies to assess the risks to which the chemical industries and other segments give rise. Recently, relevant studies have shown that transporting different modes (on roads, tracks, pipelines and inland waterways) of hazardous materials plays an important role in determining risk. In particular, with regard to road transport carried out by trucks, as it is an important modality for economic development and very common for the handling of various types of cargo, to assess the level of risk of a given activity, it is necessary to determine the severity of index of that risk for each situation that may occur during TFR. In this context, the purpose of this research is to investigate and calculate the risks related to the activity of road freight transport through Bayesian Networks. These models can estimate different risk scenarios in the TFR activity, with a view to allowing greater assertiveness in measuring the level of risk. The computational models were implemented in software from Bayesian Networks and data entry was performed in Excel® spreadsheets establishing a simplified use interface. The methodology adopted for this study is field research based on the participation of specialists and academic sources, as well as the use of a systematic literature review, the application of the Delphi technique and, finally, a Survey. The results showed that through the use of the proposed model, it was possible to have greater assertiveness in choosing the best scenario for carrying out the TFR activity, since it is also possible to identify whether a given scenario can be classified as low, medium or high degree of risk. Thus, the risk prediction method for CRT makes it possible to assess the probability of the occurrence of one or more risk factors during its activity. In the end, the proposed approach contributes to a better understanding of the probability of the most recurrent risk factors in TFR.

Keywords: Modeling and Simulation, Bayesian Networks, Risk Management, Risk Factors and Road Freight Transport.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo de Rede Bayesiana	25
Figura 2 - Metodologia de simulação	29
Figura 3 – Conjunto de Palavras-Chaves.....	42
Figura 4 - Bases de Pesquisa	43
Figura 5 - Quantidade de Publicações por Ano.....	44
Figura 6 - Quantidade de publicações por periódicos	44
Figura 7 - Quantidade de utilizações de metodologias.....	45
Figura 8 - Quantidade de fatores de risco por primeiro autor de cada artigo	46
Figura 9 - Quantidade de fatores de risco mais citados	47
Figura 10 - Estrutura metodológica das fases de pesquisa.....	57
Figura 11 - Formulário para atribuição do grau de importância.....	59
Figura 12 - Tabela de Probabilidade Condicional (TPC)	63
Figura 13 - Formulário de aplicação de pesos percentuais ao fator de risco Roubo .	64
Figura 14 - Questionário sobre os cenários de risco	67
Figura 15 - Gráfico dos fatores de risco com o peso final do grau de importância....	72
Figura 16 - Modelo da relação de interdependência dos 9 fatores de risco	74
Figura 17 - Grafo da Rede Bayesiana gerado através do software MSBNx	75
Figura 18 - TPC do fator de risco Roubo preenchida	79
Figura 19 - Grafo da Rede Bayesiana com os 9 fatores de risco	80
Figura 20 - Planilha com a transcrição da simulação dos cenários de risco	81
Figura 21 - Resultados da <i>survey</i> por cenário de risco (parte 1).....	83
Figura 22 - Resultados da <i>survey</i> por cenário de risco (parte 2).....	84
Figura 23 - Resultados da <i>survey</i> por cenário de risco (parte 3).....	85
Figura 24 – Gráfico com consolidação das respostas dos cenários simulados.....	86
Figura 25 - Grafo da Rede Bayesiana gerado pelo software NETICA®	87
Figura 26 - Análise de sensibilidade do fator de risco Roubo - Baixo Valor	88
Figura 27 - Análise de sensibilidade do fator de risco Roubo - Médio Valor	89
Figura 28 - Análise de sensibilidade do fator de risco Roubo - Alto Valor	90
Figura 29 - Análise de sensibilidade do fator de risco Roubo - Produtos Perigosos .	91
Figura 30 - Análise de sensibilidade do fator de risco Acidentes - Motorista Qualificado	91
Figura 31 - Análise de sensibilidade do fator de risco Acidentes - Motorista Não-	

Qualificado	92
-------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Incidentes com emergências.....	40
Tabela 2 - Modais de transporte com uso de Redes Bayesianas	41
Tabela 3 - Técnicas utilizadas para o Cálculo do Risco (parte 1).....	49
Tabela 4 - Técnicas utilizadas para o Cálculo do Risco (parte 2).....	50
Tabela 5 - Tabela com técnica Delphi	71
Tabela 6 - Agrupamento dos fatores de risco.....	73
Tabela 7 - Resultado da média geométrica para o fator de risco Roubo	78
Tabela 8 - Parâmetro de sensibilidade para os fatores de risco Acidente e Roubo ..	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Frequência dos Fatores de Risco citados nos artigos	31
Quadro 2 - Fatores de Risco (parte 1)	34
Quadro 3 - Fatores de Risco (parte 2)	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres
- BBN – Rede de Crenças Bayesiana (*Bayesian Belief Network*)
- CIA – Conceção, Implementação e Análise
- NB – Binomial Negativo (*Negative Binomial*)
- CIA – Conceção Implementação e Análise
- CNT – Confederação Nacional do Transporte
- DAG – Gráfico Acíclico Direto (*Direct Acyclic Graph*)
- DSS – Sistema de Apoio à Decisão
- GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
- GR – Gerenciamento de Risco
- HFACS – Sistema de Classificação e Análises de Fatores Humanos (*Human Factor Analysis and Classification System*)
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- MNL – Logit Multinomial (*Multinomial Logit*)
- MVM – Método de Variação Máxima
- NB – Binomial Negativo (*Negative Binomial*)
- NTC – Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística
- QFD – Desdobramentos das Funções de Qualidade
- QRA – Avaliação Quantitativa de Risco
- STRC – Sistema de Transporte Rodoviário de Cargas
- TAPA – Associação de Proteção de Ativos de Transporte (*Transport Asset Protection Association*)
- TCESP – Empresa de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
- TPC – Tabela de Probabilidade Condicional (*Conditional Probability Table*)
- TRC – Transporte Rodoviário de Cargas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. PROBLEMA E PERGUNTA DE PESQUISA	18
1.2. OBJETIVOS	19
1.2.1. Objetivo Geral	19
1.2.2. Objetivos Específicos	20
1.3. JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES	20
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	22
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1. RISCOS	23
2.2. REDES BAYESIANAS	23
2.2.1. Uso de Redes Bayesianas em diferentes Modais de Transportes ..	26
2.3. SIMULAÇÃO	28
2.3.1. Identificação dos Fatores de Risco no TRC	30
3. REVISÃO DA LITERATURA	37
3.1. SISTEMA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS	37
3.1.1. Avaliação dos Riscos no Transporte Rodoviário de Carga	37
3.1.2. Fatores de Risco no Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos .	38
3.1.3. Características das Redes Bayesianas	40
3.2. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	42
3.2.1. Cálculo do Risco no Transporte Rodoviário	48
3.2.2. Redes Bayesianas no Transporte Rodoviário de Carga	55
4. METODOLOGIA DE PESQUISA	57
4.1. MÉTODO DE PESQUISA	57
4.2. FASE ESTRUTURAL I	58
4.2.1. Identificação dos Fatores de Risco	58
4.2.2. Atribuição do Grau de Importância aos Fatores de Risco	58
4.2.3. Aplicação da Técnica Delphi	60
4.2.4. Agrupamento e Validação dos Fatores de Risco	60
4.3. FASE ESTRUTURAL II	61

4.3.1. Estabelecimento da Relação de Interdependência dos Fatores de Risco	61
4.3.2. Validação da Relação de Interdependência dos Fatores de Risco	61
4.3.3. Elaboração do Grafo da Rede Bayesiana com os Fatores de Risco ..	61
4.3.4. Atribuição do Peso Percentual aos Fatores de Risco	61
4.4. FASE ESTRUTURAL III	64
4.4.1. Aplicação da Média Geométrica	64
4.4.2. Simulação de 20 Cenários de Risco.....	65
4.5. FASE ESTRUTURAL IV.....	65
4.5.1. Realização da Survey	65
4.5.2. Análise de Sensibilidade	68
5 RESULTADOS.....	70
5.1 RESULTADO DA APLICAÇÃO DA TÉCNICA DELPHI.....	70
5.2 AGRUPAMENTO DOS FATORES DE RISCO.....	72
5.3 ATRIBUIÇÃO DE PESOS PERCENTUAIS AOS FATORES DE RISCO	76
5.4 RESULTADOS DA MÉDIA GEOMÉTRICA.....	76
5.5 SIMULAÇÃO DE 20 CENÁRIOS.....	80
5.6 APLICAÇÃO DA SURVEY	82
5.7 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	86
6 CONCLUSÃO	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
APÊNDICE A – Dados da Pesquisa Bibliográfica	107
APÊNDICE B - Formulários.....	109
APÊNDICE D - Tabela Delphi	123
APÊNDICE E – Resultado das Médias Geométricas por Fator de Risco	126

1. INTRODUÇÃO

Considerado como o principal modal de transporte, o transporte rodoviário no Brasil é o principal sistema logístico do país e, atualmente, com uma rede de estradas e rodovias que perfazem 1.720.700 quilômetros, sendo esta, considerada a quarta maior do mundo. Nestas rodovias trafegam cerca de 61,1% de todas as cargas movimentadas no território nacional. O sistema de rodovias é o principal meio de transporte de cargas e passageiros em todo o país (CNT, 2018).

Contudo, independentemente do tipo de mercadoria transportada, no Brasil o órgão regulador para o transporte terrestre, a ANTT (Agência Nacional de Regulação de Transportes Terrestres), se baseia em uma estrutura para regular o transporte de diferentes tipos de mercadorias e, também, o transporte de mercadorias perigosas, seguindo os preceitos da legislação ambiental vigente e que estabelece as obrigações e sanções por infrações, sejam elas cometidas por embarcadores ou transportadores (ANTT, 2018).

Não obstante, ainda nos últimos anos, no Transporte Rodoviário de Cargas (TRC) e, principalmente, com relação ao transporte de produtos perigosos, por se tratar de uma atividade composta por muitos riscos, uma análise quantitativa tem sido aplicada com sucesso em estudos para avaliar os riscos aos quais as indústrias químicas e outros segmentos dão origem. Há tempos, estudos relevantes já mostravam que o transporte em diferentes modais (nas estradas, trilhos, oleodutos e vias navegáveis interiores) de materiais perigosos desempenha um papel importante na determinação do risco geral de uma área (SPADONNI *et al.*, 1995).

Logo, para avaliar o nível de risco de uma determinada atividade é necessário determinar a gravidade do índice de risco para cada fenômeno perigoso (PLANAS *et al.*, 2006).

Ao mesmo tempo, em que o transporte rodoviário de cargas desempenha um papel importante para a atividade econômica no mundo, também deve-se ressaltar o impacto que este modal pode causar quando ocorrem situações como acidente, roubo ou até mesmo ambos em decorrência da probabilidade de uma combinação de diversos fatores de risco. Os acidentes com caminhões não apenas interrompem o fluxo de tráfego, mas, certamente, causam perdas econômicas e, além disso, as colisões com caminhões contribuem para um grande número de lesões e mortes

devido a riscos adicionais, como o tamanho maior do veículo, maior peso e, em caso de transporte de produtos perigosos, a possível liberação de material perigoso.

Uma outra situação que muito preocupa a atividade do transporte rodoviário de cargas é o roubo que, muitas vezes é motivado por situações que a própria atividade oferece, como o tipo de mercadoria transportada e o comportamento do motorista. Na atividade do transporte de cargas, principalmente no modal rodoviário, existem os chamados “*hot products*” que, na verdade, são produtos com maior atratividade e que são caracterizados por serem ocultáveis, removíveis, disponíveis, valiosos, agradáveis e descartáveis. Isto faz que a probabilidade desses produtos serem roubados seja maior e, portanto, necessitem de maior atenção durante o transporte (BECK; CHAPMAN; PEACOCK, 2003; SHERMAN *et al.*, 1989).

Desta maneira, ao considerar os fatores de risco mais recorrentes na atividade do transporte rodoviário de cargas, o acidente e o roubo podem ser entendidos como resultados de uma combinação desses diferentes fatores.

Todavia, há um bom tempo, a baixa preocupação com fatores de risco do tipo: condições das estradas, limites de velocidades e comportamento do motorista, resultam em uma avaliação de risco pouco precisa e, assim, superestimando o nível geral de risco (DAVIES, 1999).

O foco de muitos gestores com relação à avaliação de riscos relacionados ao transporte rodoviário de cargas ainda é voltado em atender apenas requisitos como: entrega pontual, condições de transporte, velocidade média na estrada, tempo de condução e qualidade do serviço (RAMIREZ-FLÓREZ *et al.*, 2017).

Portanto, uma vez que inúmeros fatores de risco são identificados na atividade do transporte rodoviário de cargas, estes fatores são vistos por meio de situações muitas vezes recorrentes e, por estarem intrinsecamente ligados a esta atividade, é relevante que a modelagem e simulação destes fatores de risco seja feita com o propósito de entender melhor, a inferência de cada um na atividade de transporte e, assim, poder mitigar ao máximo a probabilidade de suas ocorrências. Porém, a literatura por meio dos autores pesquisados, mostra que estes fatores de risco são tratados de certa forma, de maneira isolada e com métodos distintos, como se observou nos 30 artigos que foram estudados.

PEI *et al.* (2011) apresentaram um estudo de modelagem e simulação por meio

de Redes Bayesianas com o intuito de entender de forma mais ampla, os fatores de risco que mais contribuíam para a ocorrência de acidentes com caminhões.

Nesta dissertação, outro ponto ligado ao transporte rodoviário, foi a identificação de que três fatores de risco: idade do motorista, limite de velocidade e tipo de rodovia, têm efeitos diretos na frequência e ocorrência de acidentes com caminhões grandes. (RIFAAT; CHIN, 2007; KOCKLELMAN; KWEON, 2002; YANNIS *et al.*, 2010).

É neste contexto que este trabalho procurou analisar, dentro de um conjunto de variáveis e diferentes cenários característicos do transporte rodoviário independentemente do tipo de carga, as condições e a relação de interdependência dos fatores de risco comuns a esta atividade e, assim, apresentar um modelo através do uso de Redes Bayesianas para mitigar a probabilidade de ocorrência desses fatores.

1.1. PROBLEMA E PERGUNTA DE PESQUISA

Há muitos anos, o estudo e a avaliação dos fatores de risco inerentes ao transporte rodoviário de cargas tem sido objeto de inúmeras pesquisas e publicações científicas em todo o mundo, como será comentado adiante.

Na Polônia, entre os anos de 2007 e 2010, os riscos no transporte de cargas foi uma das áreas de pesquisa muito estudada e com grande relevância (KRYSTEK *et al.*, 2016).

Este cenário do transporte rodoviário de cargas conhecido por muitos que atuam neste seguimento, vem demonstrando constantes evoluções tecnológicas no que se refere à segurança.

No entanto, muitos estudos voltados ao transporte rodoviário de cargas têm sido realizados principalmente no que diz respeito aos acidentes, sendo em sua maioria, concentrados no transporte rodoviário de cargas de produtos perigosos (WANG *et al.*, 2005; OGGERO *et al.*, 2006; SAMUEL *et al.*, 2009; TRÉPANIER *et al.*, 2009; ZHAO *et al.*, 2009; YANG *et al.*, 2010).

Diante dos estudos apresentados, bem como a ausência de trabalhos que tratem e avaliem de maneira mais ampla e conjunta, os fatores de risco recorrentes

na atividade do transporte rodoviário de cargas, pode-se então, verificar essa lacuna de pesquisa a ser explorada.

Os artigos selecionados para compor a revisão bibliométrica, mostraram que os fatores de risco no transporte rodoviário de cargas citados na literatura, são tratados e calculados por meio de diferentes técnicas como alguns a seguir: Spadoni *et al.* (1995) que utilizaram a técnica de metodologia de remontagem para tratar dos tipos de mercadorias perigosas transportadas, Yang *et al.* (2018) utilizaram a técnica QFD (*Quality Function Deployment*) para tratar dos fatores de risco relacionados às condições de tráfego e de tempo, Friswell e Williamsom (2008) ao estudarem os fatores de risco relacionados à fadiga humana, utilizaram a técnica de regressão logística binária multivariada, dentre outros.

Desta forma, identificou-se que não foram encontrados estudos voltados a uma análise conjunta, integrada e, mais abrangente dos principais fatores de risco, inerentes ao transporte rodoviário de cargas.

Assim, este trabalho propõe apresentar uma alternativa que visa analisar e calcular a probabilidade dos principais fatores de risco ligados ao transporte rodoviário de cargas, utilizando-se da modelagem e simulação desses fatores, como ponto central do seu desenvolvimento.

Logo, a pergunta desta pesquisa é, como calcular a probabilidade da ocorrência dos fatores de risco de forma integrada em diversos cenários relacionados à atividade do transporte rodoviário de cargas?

1.2. OBJETIVOS

A seguir, são declarados objetivo geral e objetivos específicos.

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é modelar e calcular a probabilidade da ocorrência dos fatores de risco recorrentes no transporte rodoviário de cargas, por meio da utilização de Redes Bayesianas.

1.2.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, procura-se explorar:

- I. Identificar na literatura, os principais fatores de risco mais recorrentes no transporte rodoviário de cargas;
- II. Estabelecer a relação de interdependência dos fatores de risco;
- III. Validar a relação dos fatores de risco com os especialistas;
- IV. Realizar a modelagem da relação de interdependência dos fatores de riscos em softwares específicos;
- V. Simular e validar a probabilidade de ocorrência dos fatores de risco;
- VI. Coletar através de uma *survey*, a percepção de especialistas sobre a probabilidade da ocorrência dos fatores de risco no transporte rodoviário de carga;
- VII. Realizar uma análise de sensibilidade entre os fatores de risco do modelo.

1.3. JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES

Nos últimos 10 anos, a análise de artigos que apareceram em várias revistas acadêmicas corrobora a confirmação de que os fatores de risco no transporte rodoviário de cargas são determinantes quanto ao nível de segurança nesta atividade. De acordo com Ekwall e Lantz (2013), o roubo de carga na atividade do transporte rodoviário é um crime geralmente caracterizado por efeitos sazonais e, esses efeitos podem estar relacionados a elementos como: época do ano, época da semana e até mesmo hora do dia. Tais efeitos implicam um perigo constante de roubo ao longo do ano, mês ou dia.

Riccardi *et al.* (2014) apresentaram um estudo que mostra a preocupação com o aumento significativo das ações de roubo no transporte rodoviário de produtos farmacêuticos. Ainda, Ekwall e Lantz, (2015) afirmam que o *Modus Operandi* mais comum na grande maioria dos roubos de carga, é a invasão de meliantes que adentram em lugares para obter acesso a mercadorias.

Jamroz (2010) constatou e provou este ponto relacionado à segurança no transporte rodoviário de cargas, ao avaliar 9 grupos de fatores de risco destacados como: acidente de trânsito, ataque terrorista, infraestrutura das estradas, ameaça à saúde humana, riscos ambientais, comportamento incorreto do motorista, custos da operação, condições do tempo e, outros.

Isso faz com que o risco no transporte rodoviário seja o resultado de uma combinação da probabilidade de ocorrência de um evento de perigo causado em conexão com outros (KRYSTEK, 2016).

Todos estes fatores de risco ligados à atividade do transporte rodoviário, fazem com que parte das empresas do setor de transporte rodoviário estejam interessadas e preocupadas principalmente, com os fatores de riscos que possam afetar o transporte da carga do ponto A para o ponto B, uma vez que essas interrupções no transporte que ocorrem entre o fornecedor e o distribuidor também afetam a eficiência da cadeia de suprimentos (WILSON, 2007).

Diante disso, implementar uma ferramenta que servirá de apoio à tomada de decisão e, que certamente, poderá contribuir de maneira eficaz para a mitigação dos fatores de riscos que permeiam a atividade do transporte rodoviário de cargas, faz com que a utilização de Redes Bayesianas seja uma alternativa adequada para modelar e simular a probabilidade da ocorrência destes fatores, uma vez que esta técnica permite uma análise sistêmica que pode atuar em situações de incerteza e, que é capaz de atribuir níveis de confiabilidade para cada um dos fatores de risco recorrentes nesta atividade, bem como, estabelecer uma relação entre estes fatores.

Em complemento, utilizar a técnica de Redes Bayesianas como uma ferramenta que pode oferecer uma análise sistêmica de um conjunto de variáveis relacionadas à atividade do TRC, uma vez que, nos estudos analisados os fatores de risco foram tratados — em geral — como variáveis independente, pois, mesmo se não houver dados suficientes para garantir que determinado fator de risco venha ocorrer, ainda assim é possível tomar decisões a partir do que se observa por meio do raciocínio probabilístico.

Esta abordagem representa uma boa estratégia para lidar com problemas que tratam incertezas e, assim, as conclusões não são construídas apenas a partir do conhecimento prévio a respeito do problema, de maneira que os resultados

demonstrem ser os mais próximos da realidade possível.

Ao considerar que poucos autores trataram os fatores de risco no transporte rodoviário de cargas como uma condição de constante perigo nesse modal de transportes, é importante ressaltar que este trabalho traz benefícios para o segmento de transporte rodoviário do país, uma vez que foi possível, simular diferentes cenários para a operação de transporte levando-se em consideração as mais diferentes variáveis que compõe esta atividade, o que pode levar a mitigação do risco.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação foi estruturada em 6 (seis) capítulos distintos sendo estes apresentados da seguinte maneira:

- Capítulo 1: Apresentam-se a introdução, problema e pergunta de pesquisa, objetivos, justificativas e contribuições e estrutura do trabalho;
- Capítulo 2: Fundamentação teórica, apresentando temas base para o desenvolvimento deste estudo.
- Capítulo 3: Revisão da literatura, na qual é realizada uma revisão bibliográfica sobre o transporte rodoviário de cargas e seus fatores de risco, bem como, o uso de Redes Bayesianas na análise de transportes;
- Capítulo 4: Metodologia de pesquisa, que utilizou os recursos necessários para a realização desta pesquisa.
- Capítulo 5: Resultados do modelo desenvolvido, onde são descritos os valores finais e como foram alcançados.
- Capítulo 6: Conclusão, que consiste nos resultados qualitativos obtidos com o desenvolvimento do estudo e as sugestões de estudos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentadas as fundamentações teóricas dos temas utilizados nesta pesquisa.

2.1. RISCOS

O estudo científico do termo risco começou no século XVII e está associado à teoria da probabilidade e ao jogo (FROSDICK, 1997).

A avaliação de riscos no transporte rodoviário de cargas é objeto de inúmeras pesquisas e publicações científicas em todo o mundo há muitos anos. No entanto, Semin *et al.* (2016) afirmam que o risco a longo prazo também é objeto de análise para empresas de transporte. Nesse caso, o escopo da análise diz respeito a aspectos estratégicos, tecnológicos, sociais, legais e ambientais.

Pode se dizer também, que o risco é uma propriedade intrínseca a qualquer decisão, bem como, é medido por uma conjunção de vários fatores (gravidade, ocorrência, exposição, oportunidades de prevenção, etc.), embora geralmente seja limitado a dois fatores: gravidade e ocorrência de um acidente potencialmente prejudicial, incluindo em alguns casos o fator de exposição (MAZOUNI, 2008).

A identificação do fator de risco é a etapa fundamental e uma das principais áreas no campo do controle dos riscos no processo de transporte rodoviário para produtos perigosos (KAZANTZI, KAZANTZIS e GEROGIANNIS, 2011).

De acordo com Hartman (2003), as metodologias geralmente utilizadas para analisar os riscos associados ao transporte rodoviário e, em específico, mercadorias perigosas são baseadas na interação entre a probabilidade de acidentes e as consequências dos próprios acidentes.

2.2. REDES BAYESIANAS

Caraterizada como um diagrama de influência, as Redes Bayesianas são modelos gráficos probabilísticos chamados como redes de crenças ou redes causais. Inicialmente utilizada na área médica e, posteriormente na indústria, as Redes Bayesianas forneceram resultados motivadores especialmente no que se refere ao

diagnóstico, classificação, previsão de falhas e análise de risco (QUIGLEY *et al.*, 2009; Bedford, 2001).

De acordo com Nielsen e Jensen (2009), pode-se afirmar que Redes Bayesianas é um sistema capaz de atuar em situações de incerteza e com condições de atribuir níveis de confiabilidade para a ocorrência de determinados fatores, e com isso, estabelecer relações entre estes fatores. Isso faz com as Redes Bayesianas ofereçam uma abordagem para o raciocínio probabilístico por meio da teoria de grafos que consegue estabelecer as relações entre cada um dos fatores.

Russel e Norvig (2016) já afirmavam que matematicamente, uma Rede Bayesiana é a transcrição compacta de uma tabela de conjunção de probabilidades do universo do problema. Porém, ao considerar o ponto de vista de um especialista, Redes Bayesianas são representadas por meio de um modelo gráfico que mostra de forma simples, as relações de causalidade de fatores ou variáveis de um sistema.

Esses modelos possuem a capacidade de processar informações incertas, bem como, representar a relação de interdependência entre diferentes variáveis de um determinado problema ou situação. Sua principal vantagem está na representação gráfica e ao mesmo tempo, simples e compreensível mesmo que a pessoa não seja um especialista (DAMIEN, 2015).

Trucco *et al.* (2008) afirmam que Redes Bayesianas é uma estrutura para raciocinar sob incerteza, e é amplamente utilizado para representar conhecimento incerto.

Uma Rede Bayesiana consiste dos seguintes itens:

- ✓ Um conjunto de variáveis e um conjunto de arcos ligando as variáveis;
- ✓ Cada variável possui um conjunto limitado de estados mutuamente exclusivos;
- ✓ As variáveis e arcos formam um grafo dirigido sem ciclos (DAG - *Direct Acyclic Graph*).

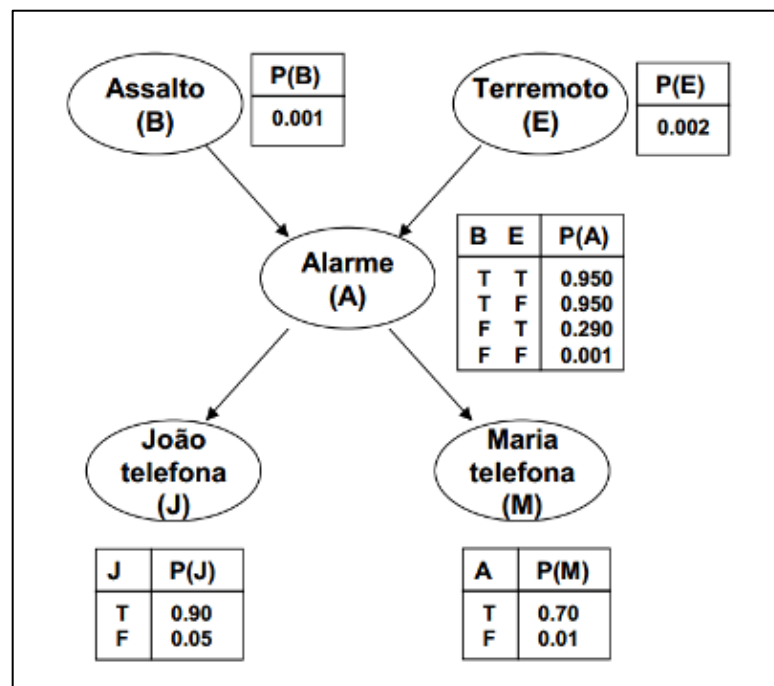
Através do Teorema de Bayes para propagar informações entre os nós, Redes Bayesianas podem ser formuladas de acordo com a Equação 1:

$$P(A | B) = \frac{P(B | A)P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

Onde, $P(A|B)$ é a probabilidade do evento A, dado que o evento B ocorreu, $P(B|A)$ é a probabilidade do evento B, dado que o evento A ocorreu, $P(A)$ é a probabilidade do evento A e, $P(B)$ é a probabilidade do evento B. O teorema de Bayes usa um conhecimento probabilístico de uma hipótese antes de qualquer observação e, em seguida, apresenta um número estimado para a hipótese após as observações.

A Figura 1 apresenta um modelo muito utilizado para ilustrar Redes Bayesianas.

Figura 1 – Modelo de Rede Bayesiana



Fonte – Marques e Dutra, 2002

Conforme ilustrado na Figura 8 acima, considere que uma casa que possua um sistema de alarme instalado, o qual é acionado se houver a detecção de ladrões e, também poderá ser acionado caso haja a ocorrência de terremoto, todavia, esta casa é ladeada por 2 vizinhos (João e Maria) os quais se comprometem a telefonar para avisar ao dono desta casa, se o alarme disparar. Neste exemplo, João não hesita em

ligar quando ouve o alarme, porém, algumas vezes acabam confundindo o alarme quando o telefone toca e liga nessas situações. Já, Maria, tem o hábito de ouvir música em alto volume e as vezes não conseguem escutar o alarme.

Assim, se deseja calcular a probabilidade de o alarme ter tocado, mas, sem que houvesse a invasão de um ladrão, ou mesmo a ocorrência de um terremoto e, ambos, João e Maria ligaram para avisar.

Note que nesta Figura 1, o modelo de Rede Bayesiana não possui NÓS (fatores) que indicam se Maria está ouvindo música ou que o telefone está tocando para atrapalhar João. Estas condições estão implícitas de modo a estarem associadas a uma incerteza relacionada por arcos.

Neste exemplo de uma Rede Bayesiana, cada um dos fatores ilustrados (Assalto, Terremoto, João e Maria) é representado por um Nó, de maneira que entre estes nós, há uma relação de dependência.

Uma vez definida esta topologia, também se faz necessário definir uma Tabela de Probabilidade Condicional (TPC) para cada um desses nós ou fatores que servirá para classificar os parâmetros que irão definir a probabilidade da ocorrência deste fator, podendo ser: verdadeiro ou falso, sim ou não, alto, médio ou baixo, etc.

2.2.1. Uso de Redes Bayesianas em diferentes Modais de Transportes

O segmento de transporte se dá por diversos modais e, naturalmente, o transporte em si, é uma atividade que engloba muitos fatores de risco, sendo assim, foi possível constatar o uso de Redes Bayesianas para modelar e simular algum dos riscos mais recorrentes nos diferentes modais de transporte.

No transporte marítimo, embora os navios atualmente construídos possam dispor de excelentes equipamentos e alta tecnologia, este modal de transporte também possui histórico de acidentes. De acordo com as informações da União Internacional de Seguros Marítimos, o número de acidentes tem aumentado em razão das falhas dos humanos a bordo das embarcações (NILSSON *et al.*, 2009).

Muitas e diferentes organizações marítimas investigam acidentes e registram suas descobertas em suas bases de dados. Contudo, não existe um processo para uma simples classificação desses acidentes. Também existe a falta de foco nos

fatores humanos (KRISTIANSEN, 2001).

O uso de Redes Bayesianas na atividade do transporte marítimo, identifica e analisa a fadiga humana como um fator de risco com maior relevância para o acontecimento de acidentes (GARCÍA-HERRERO *et al.*, 2012).

Greenberg (2007) afirma que o maior desafio ainda está em modelar o desempenho humano como parte de um sistema, pois isso ainda é algo que não está resolvido.

Martins e Maturana (2013) mencionam que estudos realizados por meio do uso de Redes Bayesianas para identificação e controle dos riscos no transporte aeronáutico enfatizam uma abordagem probabilística que analisa fatores humanos, fatores organizacionais e outros fatores associados ao ambiente e as habilidades do piloto na atividade neste modal.

Com relação ao transporte hidroviário ou por via marítima, este é um modal muito importante para sustentar o desenvolvimento econômico de um país, graças a sua capacidade de fornecer soluções mais baratas e ecológicas em comparação com outros modais de transporte.

Redes Bayesianas têm sido utilizadas na pesquisa de acidentes de transporte por vias navegáveis devido a suas vantagens em realizar diagnósticos de riscos anteriores e previsões de riscos futuros (YANG *et al.*, 2013).

Estudos mostram que os acidentes que ocorrem no transporte hidroviário resultam em baixas, perdas econômicas, degradação e congestionamento das vias navegáveis (ZHANG *et al.*, 2013).

No transporte rodoviário de cargas, os estudos de Lakehal e Tachi (2018) apontaram que, o uso de Redes Bayesianas, resulta-se na redução da probabilidade de afetar a variável de entrega de mercadorias em conformidade e com relação ao prazo.

Zhao, Wu, e Xu, (2009) afirmam que estudos com a utilização de Redes Bayesianas priorizaram os fatores de risco que influenciam os acidentes no transporte rodoviário de materiais perigosos.

No entanto, nenhum dos estudos e artigos pesquisados apresentaram uma abordagem dos fatores de risco relacionados à atividade TRC, de forma sistêmica

envolvendo as diversas causas para o não cumprimento dela.

2.3. SIMULAÇÃO

De acordo com a definição apresentada por Harrel, Ghosh e Bowden (2000), a simulação computacional é a representação virtual de um sistema que ocorre em um ambiente real através de um modelo, tornando possível o estudo do sistema sem que seja necessário construí-lo na realidade e sem que haja necessidade de alterá-lo previamente.

A simulação computacional é dividida em três etapas importantes e, são elas: Concepção, Implementação e Análise (CIA). De acordo com Wang e Brooks (2007) de todas as atividades inerentes a um projeto de simulação, a modelagem conceitual, presente na etapa que consiste na concepção, provavelmente é que pode receber menos atenção e, conseqüentemente, a menos compreendida.

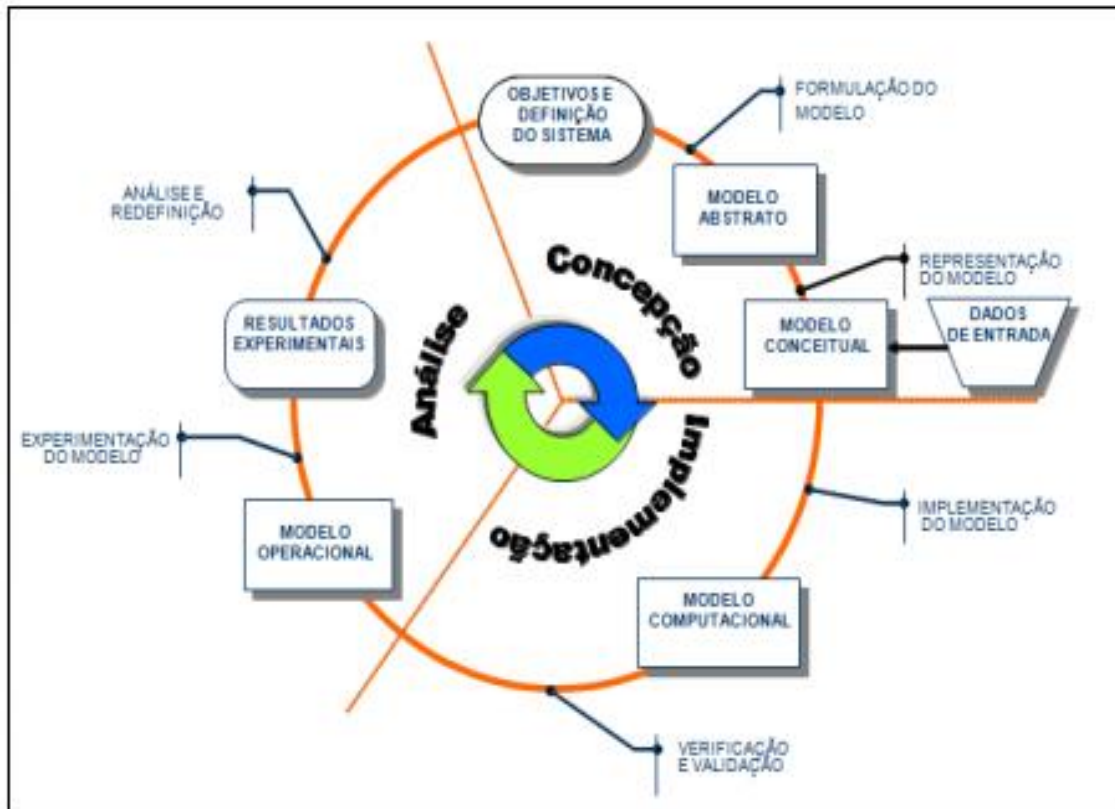
Robinson (2006) afirma que a construção de um modelo conceitual influencia em todos os aspectos de um estudo de simulação, principalmente no que tange a, coleta de dados, velocidade com que o modelo será desenvolvido, validação do modelo, velocidade da experimentação e, por fim, a confiança nos resultados. Desta forma, é importante escolher uma técnica de modelagem conceitual que venha prover o suporte necessário a um projeto de simulação.

Habchi e Berchet (2003) citam algumas vantagens da simulação:

- Criação de modelos realísticos e, ainda, permitir a incorporação de quaisquer interações complexas existentes entre diferentes variáveis;
- Diferentes opções podem ser consideradas sem experimentações diretas no sistema e projetos alternativos podem ser facilmente avaliados;
- Modelos de simulação têm a habilidade de abordar diretamente medidas de desempenho normalmente usadas em sistema real;
- Modelar sistemas não existentes;
- Não se exige uma matemática avançada;

Como fora dito, a simulação está dividida em três etapas importantes, sendo elas: Concepção, Implementação e Análise, conforme ilustradas na Figura 2.

Figura 2 - Metodologia de simulação



Fonte: Chwif (1999)

A primeira etapa que consiste na concepção, a simulação deve entender de maneira clara, o sistema a ser simulado e, assim, decidir qual a abrangência do modelo e o nível de detalhe, para enfim transformar o modelo que será proposto.

Na concepção, o principal resultado é o modelo conceitual validado, que juntamente com dados de entrada modelados, irá possibilitar a construção do modelo computacional em um sistema (CHWIF, 1999).

Na etapa de implementação, durante a pesquisa é apresentada a ação planejada. Esta ação corresponde ao que precisa ser feito ou transformado para obter a solução de um determinado problema (THIOLLENT, 2005).

Na etapa de avaliação, as ações estratégicas que foram elaboradas durante a o planejamento da ação, são avaliadas de maneira a auxiliar, identificar e resolver os problemas (CHUNG-LEE e WEI, 2008).

2.3.1. Identificação dos Fatores de Risco no TRC

Com a revisão sistemática dos artigos selecionados na literatura, foi possível identificar e destacar, 16 fatores de risco mais recorrentes e citados pelos autores possibilitando uma visão macro a respeito da importância que é dada para cada um desses fatores no segmento do transporte rodoviário de cargas, pois, a participação de vários autores neste tema de estudo, corrobora para este entendimento.

No Quadro 1 apresenta-se a frequência com que cada fator de risco foi citado na sua descrição original. O trabalho feito com estes dados foi de normalizar a descrição e significado destes fatores de risco para visualizar a natureza distinta dos fatores de risco normalizados, resultando nos 16 fatores de risco que foram trabalhados.

Quadro 1 - Frequência dos Fatores de Risco citados nos artigos

FATORES DE RISCO	CITAÇÕES	FATORES DE RISCO	CITAÇÕES	FATORES DE RISCO	CITAÇÕES	FATORES DE RISCO	CITAÇÕES
Acidente	7	Derramamento	4	Furto	4	Roubo de caminhão	2
Acidente com o caminhão	4	Descanso noturno insuficiente	2	Homicídios	2	Roubo de containers	1
Acidente na pista	2	Descarregamento demorado	2	Horas de sono inadequadas antes do tra	2	Roubo de paletes	1
Acidentes na estrada	6	Descida íngreme	3	Idade do Motorista	12	Roubo de veículo	1
Agressão	2	Desempenho de transporte inesperado	2	Imprudência	3	Saída da estrada	3
Alimentação ruim	4	Desempenho inadequado do processo de trans	2	Infraestrutura ruim da estrada	6	Sequestro	2
Alimentícios	3	Desengate da Carreta	9	Invasão	2	Sequestro de veículos	1
Alta velocidade	12	Desvio da carga	6	Localização ruim	2	Serviço de emergência inapropriado	6
Ameaças terroristas	2	Dirigir a noite	2	Longas horas de condução	2	Substâncias Perigosas	4
Animal na pista	3	Dirigir à noite	2	Mal tempo	6	Tamanho do veículo	5
Ano de Fabricação	2	Dirigir ao anoitecer	2	Manifestação	3	Tecnologias	2
Auto Peças	2	Dirigir ao final da tarde	2	Manutenção da pista	4	Tipo de armazenagem	4
Avarias	2	Dirigir na madrugada	4	Manutenção dos equipamentos	3	Tipo de Carga	2
Avarias no tanque	3	Dirigir no início da tarde	4	Mau súbito	3	Tipo de estrada	7
Bebidas	2	Eletrônicos	5	Metais	3	Tipo de Habilitação	3
Bloqueio na estrada	3	Empresas de logística clandestinas	2	Minério	2	Tipo de Mercadoria	16
Cabinas mal projetadas	2	Equipamentos para Prevenção de Emergência	3	Motorista com problemas de saúde	6	Tipo de Produto Transportado	3
Cabinas ruins	2	Erro do motorista	4	Motoristas	2	Tipo de rodovia	6
Calçados	3	Estouro de pneus	6	Não cumprimento das regras de trânsito	3	Tipo de Rota	5
Cansaço	3	Estrada com curvas acentuadas	4	Nível de Toxicidade	3	Tipo de terreno	3
Capacidade Emocional	3	Estrada com inclinação	4	Objeto fixo na pista	3	Tipo de transporte	4
Capacidade Psicológica	3	Estrada com tráfego pesado	2	Objeto inesperado na pista	4	Tipo de Veículo	9
Capotamento	3	Estrada Desconhecida	3	Objeto móvel na pista	3	Trafegar em locais proibidos	6
Características do Transportes	2	Estrada monótona	8	Objetos na rodovia	3	Tráfego pesado em cidades	4
Características da Embalagem	2	Estradas ruins	8	Pânico	4	Tráfego rodoviário intenso	2
Características do Produto	2	Estupro	2	Parada forçada	2	Transbordo da carga	3
Carga acima do nível permitido	3	Excesso de carga	6	Peças Automotivas	3	Transporte clandestino	2
Carregamento demorado	2	Excesso de horas ao volante	5	Pedestres	3	Transporte ilegal	6
Carregamento inapropriado	3	Excesso de Km percorridos por ano	3	Perda da carga	3	Transporte irregular	6
Ciclistas	3	Excesso de trabalho além da condução	2	Perda de controle da direção	3	Ultrapassagem irregular	3
Cigarros	3	Excesso de Velocidade	17	Pneus gastos	3	Ultrapassagem proibida	3
Colisão	4	Experiência profissional do condutor	3	Pontos de Apoio (pontos de parada)	2	Urbanização descontrolada	4
Comportamento desrespeitoso de terceiros na estrada	4	Explosão	7	Pouca visibilidade	3	Uso de álcool	5
Condição do veículo	3	Facilidade do modal de transporte	2	Pouco tempo para descanso	2	Uso de drogas	3
Condições Climáticas	19	Fadiga	15	Pressão pneumática insuficiente	3	Uso de estimulantes	2
Condições da Estrada	3	Falha ao verificar o espelho retrovisor	3	Problemas com freios	6	Uso de Telefone	2
Condições de Luminosidade	3	Falha de Equipamento	3	Problemas familiares	4	Utensílios Domésticos	3
Condições de Tráfego	13	Falsa comunicação de parada	2	Problemas mecânicos nas rodas	6	Válvulas do tanque com defeito	6
Condições de Transporte	4	Falta de atenção	3	Produtos perigosos	2	Vazamento	4
Condições do Tempo	3	Falta de distância de segurança	4	Recipiente danificado	8	Vazamento de Informações	2
Condições dos Motoristas	4	Falta de manutenção	3	Rede Viária	2	Veículo pesado	3
Condições Sociais	3	Falta de manutenção do veículo	4	Risco ao meio ambiente	6	Veículo sem ventilação ou refrigeração	2
Condução inadequada	4	Falta de motoristas qualificados	2	Rodas em más condições	3	Veículos	2
Consumo de Álcool	4	Falta de Segurança	2	Rodovia com pedágio	5	Vestuário	5
Contaminação da Pista	4	Falta de segurança no armazém	2	Rodovia livre	5	Via de mão dupla	3
Contêiner danificado	4	Falta de treinamento aos motoristas	4	Rodovias ruins	2	Via de mão única	3
Crepúsculo	3	Farmacêutico	5	Rota não definida antecipadamente	3	Vibração do veículo	2
Curto espaço entre o veículo à frente	3	Fator humano	5	Rotas	2	Total Geral	743
Danos à infraestrutura	2	Ficar acordado depois de efeitos de droga	2	Roubo	4		
Demora no processo Carga/ Descarga	2	Fraude	2	Roubo da carga	2		

Fonte: o Autor

Por exemplo, o fator de risco Perfil do Motorista engloba as descrições originais dos fatores de risco descritos pelos autores como:

Condução inadequada, consumo de álcool, descanso noturno insuficiente, desvio da carga, experiência profissional do condutor, excesso de horas ao volante, fadiga, falta de atenção, imprudência, idade do motorista, motorista com problemas de saúde, uso de álcool, uso de drogas, uso de estimulantes e uso de telefone ao dirigir.

Após a normalização de todos os fatores de risco, surge a descrição dos fatores de risco de maior criticidade para a atividade do transporte rodoviário de cargas são:

- Características inapropriadas para o transporte;
- Condições das rodovias;
- Comportamento do motorista;
- Condições de luminosidade;
- Condições do tempo;
- Condições de tráfego;
- Condições do veículo;
- Desempenho de transporte inesperado;
- Falta de segurança;
- Furto;
- Manutenção preventiva dos equipamentos;
- Acidente;
- Tipos de Mercadorias;
- Perfil do Motorista;
- Produtos perigosos;
- Roubo;

Os Quadros 2 e 3 apresentam os 16 fatores de risco mais citados e com maior destaque na literatura, onde são citados os conceitos, exemplos, bem como a relação dos autores que apresentaram estudos para este tema.

Ambas as tabelas também corroboram para o fato de que estes 16 fatores de risco mais citados por diversos autores na literatura são inerentes à atividade do transporte rodoviário de cargas e, a incidência de um ou mais fatores de risco durante a atividade do transporte, irá alterar a probabilidade de ocorrências.

Quadro 2 - Fatores de Risco (parte 1)

FATORES DE RISCO	CONCEITOS	EXEMPLOS	AUTORES	
1	Características Inapropriadas para o Transportes	Entre todos os modais de transporte, o rodoviário, seja o mais adequado para o transporte de mercadorias, quer seja internacionalmente na exportação ou na importação, quer seja no transporte nacional, bem como, nos deslocamentos de curtas e médias distâncias. O transporte rodoviário é bastante recomendado para o transporte de mercadorias de alto valor agregado ou perecível.	Carregamento e Descarregamento demorados, Características da embalagem, Carregamento inapropriado, Container danificado, Excesso de carga, Carga acima do nível permitido.	Villela, T.M.A. 2011 - Tedesco, G.M.I 2011- Ammar, M.H. 2014 - Benaissa, M. 2014 - Chabchoub, H. 2014 - Friswell, R. 2013 - Williamson, R. 2013;
2	Condição das Rodovias	Estradas inseguras, altamente congestionadas e, em diversas partes, deterioradas. Essa realidade das rodovias brasileiras atrapalha o fluxo de transporte de distribuição e ocasiona problemas com atrasos. Contudo, contratempos nas estradas resultam no descumprimento do prazo de entrega, mais um dos fatores que, junto com as avarias, são fontes de transtornos e reclamações por parte dos clientes.	Com buracos, com forte inclinação, com curvas acentuadas, com falta de estrutura, monótonas, com tráfego pesado, desconhecidas, com pedágios, manifestação, em manutenção, com bloqueio, Via de Mão Dupla, Via de Mão Única, Serviço de emergência inapropriado, Objeto fixo na pista, Objeto inesperado na pista, Animal na Pista, Pedestre	Yang, J. 2010 - Li, F. 2010 - Zhou, J. 2010 - Zhang, L. 2010 - Huang, L. 2010 - Bi, J. 2010 - Qiang, Y. 2018 - Chin, K-S. 2018 - Li, Y-L. 2018 - Zheng, Z. 2018 - Lu, P. 2018 - Lantz, B. 2018 - Vilella, T.M.A. 2011 - Tedesco, G.M.I 2011 - Fabiano, B. 2005 - Curro, F. 2005 - Rverber, A.P. 2005 - Pastorino, R. 2005 - Bouamrane, K. 2012 - Hamdadou, D. 2012 - Yachba, Kh. 2012 - Tubis, A. 2018 - Dong, C. 2017 - Huang, B. 2017 - ASCE, M. 2017 - Hu, W. 2017 - Nambisan, S.S. 2017 - Friswell, R. 2007 - Williamson, A. 2007 - Junior, M.L. 2012 - Granemann, S.R. 2012 - De Souza, O.A. 2012 - Rocha, C.H. 2012 - Friswell, R. 2013 - Williamson, R. 2013 - Lakehal, A. 2018 - Tachi, F. 2018.
3	Comportamento do Motorista	O comportamento é definido como o conjunto de reações de um sistema dinâmico face às interações e renovação propiciadas pelo meio onde está envolvido. Exemplos de comportamentos são: comportamento social, comportamento humano, comportamento informacional (o que o indivíduo faz com relação à informação), etc.	Consumo de alcool, Consumo de drogas, Dirigir após o efeito de estimulantes, Fadiga, Cansaço, Stress, Pânico, Imprudência, Erro, Excesso de horas ao volante, Excesso de Km percorridos durante o ano, Excesso de trabalho após o carregamento, Falta de atenção, Poucas horas de sono, Não cumprir as regras de trânsito, Uso de aparelho celular, Ultrapassagem perigosa, Ultrapassagem irregular, Falta da distância de segurança entre veículos, Perda do controle da direção, Curto espaço do veículo à frente, Falha ao verificar o espelho retrovisor	Yang, J. 2010 - Li, F. 2010 - Zhou, J. 2010 - Zhang, L. 2010 - Huang, L. 2010 - Bi, J. 2010 - Zheng, Z. 2018 - Lu, P. 2018 - Lantz, B. 2018 - Made, D. 2018 - Wedagama, P. 2018 - Wishart, D. 2018 - Navestade, T-O. 2017 - Phillips, R.O. 2017 - Levlin, M. G. 2017 - Hovi, B. I. 2017 - Lisa, B. 2009 - Lyndal, B. 2009 - Elias, I.J. 2009 - Fabiano, B. 2005 - Curro, F. 2005 - Rverber, A.P. 2005 - Pastorino, R. 2005 - Bouamrane, K. 2012 - Hamdadou, D. 2012 - Yachba, Kh. 2012 - Tubis, A. 2018 - Dong, C. 2017 - Huang, B. 2017 - ASCE, M. 2017 - Hu, W. 2017 - Nambisan, S.S. 2017 - De La Torre, E. 2013 - Martner, C. 2013 - Martínez, J. 2013 - Olivares, E. 2013 - Moreno, E. 2013 - Ammar, M.H. 2014 - Benaissa, M. 2014 - Chabchoub, H. 2014 - Friswell, R. 2013 - Williamson, R. 2013 - Lakehal, A. 2018 - Tachi, F. 2018.
4	Condições de Luminosidade	Implica na condição de visualização durante a viagem, bem como, pode interferir em questões relacionadas ao sono e/ou cansaço, bem como, no grau de visibilidade de um objeto e/ou ambiente.	Dirigir a noite, dirigir ao anoitecer, dirigir no início da tarde, dirigir no fim da tarde, dirigir de madrugada.	Lantz, B. 2018 - Fabiano, B. 2005 - Curro, F. 2005 - Rverber, A.P. 2005 - Pastorino, R. 2005 - Bouamrane, K. 2012 - Hamdadou, D. 2012 - Yachba, Kh. 2012 - Tubis, A. 2018 - Friswell, R. 2007 - Williamson, A. 2007 - Ammar, M.H. 2014 - Benaissa, M. 2014 - Chabchoub, H. 2014 - Friswell, R. 2013 - Williamson, R. 2013.
5	Condições do Tempo	É baseado em dados de diferentes áreas, como a visualização do céu e análise da formação de nuvens, a temperatura observada, a pressão atmosférica	Chuva, Neblina, Temporal.	Yang, J. 2010 - Li, F. 2010 - Zhou, J. 2010 - Zhang, L. 2010 - Huang, L. 2010 - Bi, J. 2010 - Qiang, Y. 2018 - Chin, K-S. 2018 - Li, Y-L. 2018 - Zheng, Z. 2018 - Lu, P. 2018
6	Condições de Tráfego	Consiste na utilização das vias por veículos motorizados, veículos não motorizados, pedestres e animais de tração, para fins de circulação, parada passageira ou estacionamento.	Intenso, Lento.	Qiang, Y. 2018 - Chin, K-S. 2018 - Li, Y-L. 2018 - Dong, C. 2017 - Dong, Q. 2017 - Huang, B. 2017 - ASCE, M. 2017 - Hu, W. 2017 - Nambisan, S.S. 2017 - Junior, M.L. 2012 - Granemann, S.R. 2012 - De Souza, O.A. 2012 - Rocha, C.H. 2012 - Friswell, R. 2013 - Williamson, R. 2013.
7	Condições do Veículo	É um fator muito importante a ser considerado na ocorrência de acidentes, sendo as condições do veículo responsáveis por um número enorme dos acidentes ocorridos em trânsito, normalmente envolvendo outros veículos, pedestres, animais e o patrimônio público.	Cabines mal projetadas, Cabines ruins, Condições ruins de conservação, Muito tempo de fabricação (modelos velhos), Falta de manutenção, Falhas do equipamento, Estouro de pneus, Problemas nas rodas, Tamanho do veículo, Tipo do veículo, Veículo pesado, Sem ventilação ou refrigeração, Válvulas do tanque com defeito, Tanques danificados, Tecnologia.	Yang, J. 2010 - Li, F. 2010 - Zhou, J. 2010 - Zhang, L. 2010 - Huang, L. 2010 - Bi, J. 2010 - Qiang, Y. 2018 - Chin, K-S. 2018 - Li, Y-L. 2018 - Villela, T.M.A. 2011 - Tedesco, G.M.I 2011 - Navestade, T-O. 2017 - Phillips, R.O. 2017 - Levlin, M. G. 2017 - Hovi, B. I. 2017 - Lisa, B. 2009 - Lyndal, B. 2009 - Elias, I.J. 2009 - Bouamrane, K. 2012 - Hamdadou, D. 2012 - Yachba, Kh. 2012 - Dong, C. 2017 - Huang, B. 2017 - ASCE, M. 2017 - Hu, W. 2017 - Nambisan, S.S. 2017 - De La Torre, E. 2013 - Martner, C. 2013 - Martínez, J. 2013 - Olivares, E. 2013 - Moreno, E. 2013 - Friswell, R. 2007 - Williamson, A. 2007 - Friswell, R. 2013 - Williamson, R. 2013 - Cordeiro, F. G. 2014 - Bezerra, B. S. 2014 - Peixoto, A.S.P. 2014 - Kaiser, I.M. 2014.
8	Desempenho de Transporte Inesperado	Situações que podem que podem ocorrer antes, durante ou depois no carregamento e transporte, independentemente do tipo de modal, além de comprometer toda a estratégia de logística, podem acarretar sérios problemas judiciais. Esta situação pode ocorrer pela negligência, imperícia da transportadora, entre outros imprevistos.	Parada forçada, Falsa comunicação de parada, Comportamento desrespeitoso nas estradas, Empresas clandestinas de logística, Rota não definida antecipadamente, Tipo de rota, Ameaça terrorista, Rede viária, Saída da Estrada, Transporte irregular, Ilegal, Clandestino.	Yang, J. 2010 - Li, F. 2010 - Zhou, J. 2010 - Zhang, L. 2010 - Huang, L. 2010 - Bi, J. 2010 - Ekwall, D. 2014 - Lantz, B. 2014 - Tubis, A. 2017 - Wojciechowska, S.W. 2017 - Ekwall, D. 2018 - Lantz, B. 2018 - Bouamrane, K. 2012 - Hamdadou, D. 2012 - Yachba, Kh. 2012.
9	Falta de Segurança	Entre todas as suas etapas, a segurança no transporte é um aspecto desafiador. Como a atividade de movimentação de carga pressupõe a coordenação de operações internas e externas, o controle deve ser preciso e rigoroso para que tudo corra bem.	Armazém, Invasão, Fraude, Bloqueio na estrada, Localização Ruim, Vazamento de informações, Serviço de emergência inapropriado.	Ekwall, D. 2014 - Lantz, B. 2014 - Ekwall, D. 2018 - Lantz, B. 2018 - Ekwall, D. 2015 - Lantz, B. 2015 - Ammar, M.H. 2014 - Benaissa, M. 2014 - Chabchoub, H. 2014.

Fonte - Autor

Quadro 3 - Fatores de Risco (parte 2)

FATORES DE RISCO	CONCEITOS	EXEMPLOS	AUTORES	
10	Furto	O furto é quando a vítima não está presente e seu bem é tomado sem seu conhecimento. Por exemplo, quando você faz uma parada e, enquanto você está longe, o caminhão é aberto e a carga é levada sem que ninguém note. Também há o chamado "furto qualificado", que ocorre quando o criminoso danifica a propriedade durante a ação, como quebrar uma trava ou uma janela. O prejuízo é o mesmo, mas a diferença é o nível de violência na ação.	Parcial, Total, Desvio da Carga, Apropriação Indébita, Perda da Carga.	Zheng, Z. 2018 - Lu, P. 2018 - Lantz, B. 2018 - Ekwall, D. 2014 - Lantz, B. 2014 - Ekwall, D. 2015 - Lantz, B. 2015.
11	Manutenção Preventiva dos Equipamentos (nos veículos)	Presença de veículos de transporte antigos e em péssimas condições de conservação. A consequência para isso é grave: falta de segurança nas estradas, atrasos constantes na entrega das mercadorias e alto custo com manutenção da frota.	Pneus, Freios, Lanternas, Tecnologia.	Yang, J. 2010 - Li, F. 2010 - Zhou, J. 2010 - Zhang, L. 2010 - Huang, L. 2010 - Bi, J. 2010.
12	Acidente	Evento inesperado e indesejável que causa danos pessoais, materiais (danos ao patrimônio), danos financeiros e que ocorre de modo não intencional.	Capotamento, Deslizamento, Avaria, Colisão, Tombamento, Derramamento, Vazamento, Contaminação, Explosão, Incêndio.	Yang, J. 2010 - Li, F. 2010 - Zhou, J. 2010 - Zhang, L. 2010 - Huang, L. 2010 - Bi, J. 2010 - Zheng, Z. 2018 - Lu, P. 2018 - Lantz, B. 2018 - Tubis, A. 2017 - Wojciechowska, S.W. 2017 - Lisa, B. 2009 - Lyndal, B. 2009 - Elias, I.J. 2009 - Fabiano, B. 2005 - Curro, F. 2005 - Rverberí, A.P. 2005 - Pastorino, R. 2005 - Bouamrane, K. 2012 - Hamdadou, D. 2012 - Yachba, Kh. 2012 - Tubis, A. 2018 - Dong, C. 2017 - Dong, Q. 2017 - Huang, B. 2017 - ASCE, M. 2017 - Hu, W. 2017 - Nambisan, S.S. 2017 - Junior, M.L. 2012 - Granemann, S.R. 2012 - De Souza, O.A. 2012 - Rocha, C.H. 2012 - Cordeiro, F. G. 2014 - Bezerra, B. S. 2014 - Peixoto, A.S.P. 2014 - Kaiser, I.M. 2014 - Lakehal, A. 2018 - Tachi, F. 2018;
13	Tipo de Mercadorias	Se os produtos transportados precisam de atenção especial (como perecíveis, valiosos e visados), requerendo uma tratativa diferenciada por parte da transportadora, o valor cobrado sobe. Isso é necessário para cobrir os custos com embalagens reforçadas, veículos especiais, investimentos em contratação de seguros extras, entre outros.	Alimentícios, Cigarros, Metais, Eletrônicos, Farmacêuticos, Bebidas, Calçados, Minério, Utensílios domésticos, Vestuário.	Qiang, Y. 2018 - Chin, K-S. 2018 - Li, Y-L. 2018 - Villela, T.M.A. 2011 - Tedesco, G.M.I. 2011 - Ekwall, D. 2014 - Lantz, B. 2014 - Ekwall, D. 2015 - Bruls, H. 2015 - Wyer, D. 2015 - Lorenc, A. 2018 - Kuznar, M. 2018 - Bouamrane, K. 2012 - Hamdadou, D. 2012 - Yachba, Kh. 2012 - De La Torre, E. 2013 - Martner, C. 2013 - Martínez, J. 2013 - Olivares, E. 2013 - Moreno, E. 2013.
14	Perfil do Motorista	É sabido que um dos maiores desafios da logística como um todo é a dificuldade de encontrar profissionais capacitados e experientes. O transporte é uma atividade delicada e de alta responsabilidade. Além disso, esses colaboradores precisam lidar com níveis intensos de estresse durante sua atividade. Contar com motoristas qualificados é imprescindível. Para isso, empresas precisam oferecer treinamentos, boas condições de trabalho e salário compatível com o mercado.	Idade, Problemas familiares, Problema emocional, Problemas psicológico, Problema de saúde, Condição social, Nível de treinamento, Tipo de habilitação, Nível de capacitação, Alimentação Ruim.	Yang, J. 2010 - Li, F. 2010 - Zhou, J. 2010 - Zhang, L. 2010 - Huang, L. 2010 - Bi, J. 2010 - Qiang, Y. 2018 - Chin, K-S. 2018 - Li, Y-L. 2018 - Made, D. 2018 - Wedagama, P. 2018 - Wishart, D. 2018 - Villela, T.M.A. 2011 - Tedesco, G.M.I. 2011 - Tubis, A. 2017 - Wojciechowska, S.W. 2017 - Bouamrane, K. 2012 - Hamdadou, D. 2012 - Yachba, Kh. 2012 - Dong, C. 2017 - Dong, Q. 2017 - Huang, B. 2017 - ASCE, M. 2017 - Hu, W. 2017 - Nambisan, S.S. 2017 - De La Torre, E. 2013 - Martner, C. 2013 - Martínez, J. 2013 - Olivares, E. 2013 - Moreno, E. 2013 - Friswell, R. 2007 - Williamson, A. 2007 - Junior, M.L. 2012 - Granemann, S.R. 2012 - De Souza, O.A. 2012 - Rocha, C.H. 2012.
15	Produtos Perigosos	Os produtos químicos, dependendo das suas características, podem servir para limpar, desinfetar, eliminar pragas ou levar a cabo diversos processos industriais. São usados, por conseguinte, nas fábricas, nas casas particulares e os campos destinados à agricultura, entre muitos outros espaços. Os cuidados necessários envolvem tanto a manutenção adequada da frota quanto o treinamento e capacitação dos motoristas e demais colaboradores responsáveis pelos processos, de modo a evitar acidentes que possam causar prejuízos à propriedade ou à vida.	Combustíveis, Tintas, Solventes, Vernizes, Amônia, LPG, Cloro, Defensivos agrícolas, Nível de Toxicidade da Carga, Risco ao meio ambiente.	Spadoni, G. 1995 - Leonelli, P. 1995 - Verlicchi, P. 1995 - Fiore, R. 1995 - Qiang, Y. 2018 - Chin, K-S. 2018 - Li, Y-L. 2018 - Tubis, A. 2017 - Wojciechowska, S.W. 2017.
16	Roubo	O primeiro problema apresentado tem relação com a segurança de caminhões, cargas e caminhoneiros na estrada. Trata-se de um dos maiores desafios a se enfrentar no país - o Roubo - e que, só no ano de 2016, provocou um prejuízo de R\$ 1,4 bilhão ao setor. Atualmente, existem inúmeras quadrilhas especializadas no roubo de cargas, com aparelhamento e técnicas cada vez mais evoluídas, o que salienta ainda mais a necessidade de encarar o problema com seriedade e estratégia.	Carga, Caminhão, Containers, Paletes, Sequestro, Desengate da carreta, Transbordo da carga, Homicídio, Estupro, Agressão.	Yang, J. 2010 - Li, F. 2010 - Zhou, J. 2010 - Zhang, L. 2010 - Huang, L. 2010 - Bi, J. 2010 - Zheng, Z. 2018 - Lu, P. 2018 - Lantz, B. 2018 - Ekwall, D. 2014 - Lantz, B. 2014 - Ekwall, D. 2018 - Lantz, B. 2018 - Ekwall, D. 2015 - Lantz, B. 2015 - Urciuoli, L. 2011.

Fonte – Autor

Embora estes fatores de risco sejam existentes e recorrentes no transporte rodoviário de cargas, a análise e cálculo desses fatores tem ocorrido por meio de diferentes técnicas e, muitas vezes, visando uma análise isolada destes fatores.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre os fatores de risco no transporte rodoviário de cargas, as metodologias empregadas, o uso de Redes Bayesianas e, tem como objetivo, prover elementos teóricos para a identificação do estado da arte, bem como, colaborar para a identificação das lacunas de pesquisa.

3.1. SISTEMA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS

O transporte é uma das atividades que requer um sistema de informação e, quanto mais moderno, melhor. Esta atividade quando ocorre no transporte terrestre podem se destacar as rodovias e trilhos; já no transporte hidroviário, destacam-se o marítimo e o fluvial e, além disso, há o transporte aéreo.

O transporte rodoviário é o modal de transporte de maior predominância com aproximadamente 80% de participação no mercado mundial (TOUBOL, 2007).

Com uma diversificada rede de sistemas de transporte (modais de transporte aéreo, aquaviário, ferroviário e rodoviário) que muito contribui para o desenvolvimento econômico do Brasil, o modal de transporte rodoviário é apontado como um dos principais fatores de produção na economia, tem grande destaque na matriz de transporte nacional com importante contribuição para o crescimento e desenvolvimento do país. Contudo, este modal possui diversos problemas que prejudicam este desenvolvimento, sendo necessários investimentos estratégicos para melhorar a condição das rodovias e reduzir os acidentes e roubos de cargas (ROCHA, 2015).

Pesquisas identificaram que vários e importantes fatores de risco estão associados a ocorrência de graves acidentes rodoviários que envolvem caminhões e, dentre estes fatores de riscos, destaque-se o comportamento do motorista que exerce sua atividade — muitas vezes — em alta velocidade, alcoolizado, distraído e fatigado (HANOWSKI *et al.* 2003; ASSUM e SØRENSEN, 2012).

3.1.1. Avaliação dos Riscos no Transporte Rodoviário de Carga

A avaliação dos riscos ligados ao transporte rodoviário se concentra em sua

maior parte na avaliação estratégica dos riscos. O risco está relacionado às decisões de longo prazo que são tomadas pelas instituições que controlam a segurança rodoviária em cada área analisada. O objetivo estratégico é proteger a vida e a saúde de todos os envolvidos (JAMROZ, 2010), assim, o risco é descrito como algo que, caso ocorra, certamente afetará os objetivos estabelecidos por uma organização (WIETESKA, 2011).

3.1.2. Fatores de Risco no Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos

Notou-se que alguns estudos se tornaram mais recorrentes com relação à importância dos fatores de risco inerentes à atividade do transporte rodoviário, buscando expor a relação entre fatores de risco e as diferentes atividades do TRC, com o objetivo de compreender o nível de influência desses fatores que muitas vezes podem resultar em um acidente, roubo ou ambos.

Assim, Spadoni *et al.* (1995) identificaram que ao descrever uma fonte de risco pontual como o tipo de veículo a ser utilizado, casos comuns de acidente no transporte rodoviário de substâncias inflamáveis e tóxicas como: amônia, cloro, gasolina e GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) foram levados em consideração, sendo que esses tipos de produtos perigosos têm o potencial de causar muitas mortes e danos catastróficos.

Quando ocorre um acidente no transporte de materiais perigosos em uma determinada área, é importante que um plano de emergência para o local deva ser aplicado com a máxima urgência, dentro de um período de tempo, em consideração da natureza e da extensão dos materiais transportados e, focar no gerenciamento dessas emergências com os recursos e condições de logística adequadas (KOWALSKI, 1995).

Entre os anos de 2000 e 2008 na China, estudos apresentaram um registro com 322 acidentes ocorridos com o transporte rodoviário de materiais perigosos e, dentre eles, os tipos de acidentes mais frequentes foram os vazamentos com 84,5%, seguidos por nuvens de gás com 13,0%, incêndios com 10,2%, e explosões com 5,9% (CLASSIFICATION AND CODE OF DANGEROUS GOODS, 2005).

Oggero *et al.* (2006) informam que há mais de 20 anos o transporte rodoviário de materiais perigosos tem sido um assunto muito pesquisado e, com isso, existem três áreas de pesquisa relacionadas às características da atividade onde foram

realizados levantamentos de fatores como: distribuição, origem, consequências, severidade e frequência.

Kim *et al.* (2011) informam que além do risco para o motorista de caminhão e motoristas de outros veículos, um incidente que envolve a liberação de uma substância perigosa pode ter impactos social e ambiental catastróficos e, que exige uma resposta de pessoas especialmente treinadas e equipadas e, em algumas situações, evacuação de comunidades próximas.

Os artigos selecionados para a revisão bibliométrica, mostraram a importância, bem como, as dificuldades para analisar os riscos envolvidos no transporte de materiais perigosos e de outros produtos transportados.

Gheorghe *et al.* (2005) efetuaram um estudo mais abrangente dos riscos que envolvem o transporte de materiais perigosos onde utilizaram dados da infraestrutura e o ambiente do local para calcular o risco.

O transporte de produtos perigosos por meio do modal rodoviário é uma atividade de constante perigo e, com altos índices de acidentes que, em muitas vezes podem causar a morte ou dano por lesões e, até mesmo, prejuízos à saúde, ao meio ambiente ou ambos (OHSAS, 2007).

De acordo com Lieggio Júnior (2008), um estudo realizado entre os anos de 1978 e 2007 no estado de São Paulo, corrobora de maneira clara os números de incidentes de emergências ocorridos em diferentes atividades relacionadas ao transporte. Contudo, cabe destacar que as ocorrências relacionadas ao TRC foram responsáveis por 51,7% de todos os eventos de serviços de emergência registrados no Estado de São Paulo no ano de 2006.

A Tabela 1 lista os números citados sobre os incidentes com emergências em diferentes atividades relacionadas ao transporte, mas com um destaque especial ao transporte rodoviário de cargas.

Tabela 1 - Incidentes com emergências

Atividades	Período dos Incidentes		Período dos Incidentes		Período dos Incidentes	
	(Qtde)		(Qtde)		(Qtde)	
	1978 - 2007	1978 - 2005 (%)	2007	2007 (%)	2008	2008 (%)
Armazenamento	184	2,6	9	2	7	1,6
Descarte Produtos Químicos	363	5,1	25	5,5	36	8
Industria	517	7,2	26	5,7	25	5,5
Derramamentos	119	1,7	6	1,3	5	1,1
Nada Encontrado	674	9,4	21	4,6	26	5,8
Não Identificado	354	4,9	25	5,5	31	6,9
Outros	844	11,8	32	7	27	6
Ponto de Vendas de Combustível	646	9	38	8,4	32	7,1
Transporte Ferroviário	76	1,1	8	1,8	7	1,6
Transporte Marítimo	351	4,9	13	2,9	9	2,9
Transporte por Gasoduto	185	2,6	7	1,5	13	2,9
Transporte Rodoviário	2.841	39,7	244	53,7	233	51,7
Total	7154	100	454	100	451	100

Fonte - Adaptado de Lieggio Júnior, 2008

Pode-se observar que o transporte rodoviário de cargas é o modal com maior número de acidentes, onde no período entre 1978 e 2007, chegaram a ser registrados 2.841 eventos.

3.1.3. Características das Redes Bayesianas

No que tange a técnica escolhida, as Redes Bayesianas são modelos gráficos (acíclicos) para decisões baseadas no conhecimento incerto e incompleto por meio do teorema de Bayes.

Redes Bayesianas de Crenças (BBN — *Bayesian Belief Networks*) é uma técnica quantitativa usada para descrever uma relação de causa-efeito e, tem sido aplicada em muitas áreas, possibilitando um diagnóstico de falhas (JONES *et al.*, 2010).

Diferentes estudos utilizaram Redes Bayesianas para diferentes finalidades, como a avaliação da qualidade do serviço (DING *et al.*, 2018) e, por se tratar de uma técnica voltada a predição de riscos futuros, devido às suas principais características, as Redes Bayesianas também foram aplicadas para analisar os riscos da cadeia de suprimentos, onde foi possível modelar e analisar quantitativamente, os riscos, levando em consideração sua interdependência (BADURDEEN *et al.*, 2014;

LOCKAMY, 2011).

Durante a revisão da literatura observou-se que existem muitos estudos voltados ao transporte rodoviário de cargas, bem como, muitos autores utilizaram diferentes metodologias para identificar e calcular os riscos que permeiam este modal. Contudo, também foi possível observar que ainda existem poucos artigos voltados ao uso de Redes Bayesianas para análise e cálculo dos riscos na atividade do transporte rodoviário de cargas.

Apesar de a técnica de Redes Bayesianas ser muito utilizada em diferentes áreas e seguimentos, dos 30 artigos selecionados para compor a revisão sistemática, 5 utilizam Redes Bayesianas para calcular os riscos nas atividades de transporte em diferentes modais, porém, somente 2 artigos citam o uso de Redes Bayesianas para o cálculo dos riscos no transporte rodoviário de cargas. A Tabela 2 lista os artigos com diferentes modais que fizeram o uso desta técnica.

Tabela 2 - Modais de transporte com uso de Redes Bayesianas

Artigo	Modal	Técnica de Cálculo
Human fatigue's effect on the risk of maritime groundings – A Bayesian Network modeling approach	Transporte Marítimo	Redes Bayesianas
General model analysis of aeronautical accidents involving human and organizational factors	Transporte Aeronáutico	Redes Bayesianas
Bayesian network modelling and analysis of accident severity in waterborne transportation: a case study in China	Transporte Hidroviário	Redes Bayesianas
Analysis of factors that influence hazardous material transportation accidents based on Bayesian networks: A case study in China	Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos	Redes Bayesianas
Probabilistic Assessment of Road Risks for Improving Logistics Processes	Transporte Rodoviário de Carga	Redes Bayesianas

Fonte - Autor

3.2. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A revisão sistemática da literatura contribuiu para a identificação, quantificação e análise de tendências do tema estudado, bem como, oferece embasamento para definir o direcionamento desta pesquisa.

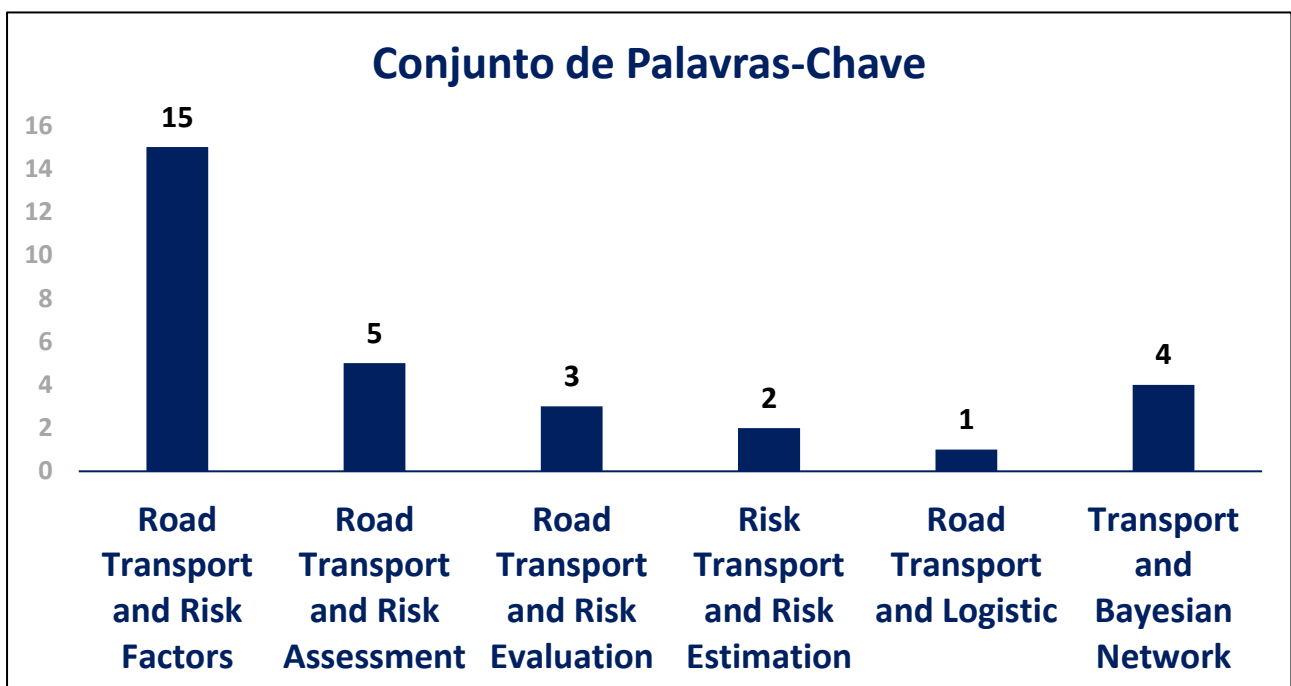
Inicialmente, para que seja possível realizar a revisão sistemática, é primordial que sejam definidos os conjuntos de palavras-chaves relacionados ao tema de pesquisa.

Os 5 conjuntos de palavras-chave utilizados nas bases pesquisa, foram:

- i. *"Road Transport" and "Risk Factors"*
- ii. *"Road Transport" and " Risk Assessment"*
- iii. *"Road Transport" and "Risk Evaluation"*
- iv. *"Road Transport" and "Risk Estimation"*
- v. *"Transport" and "Bayesian Network"*

A Figura 3 apresenta a quantidade de artigos selecionados de acordo com cada conjunto de palavras-chave.

Figura 3 – Conjunto de Palavras-Chaves

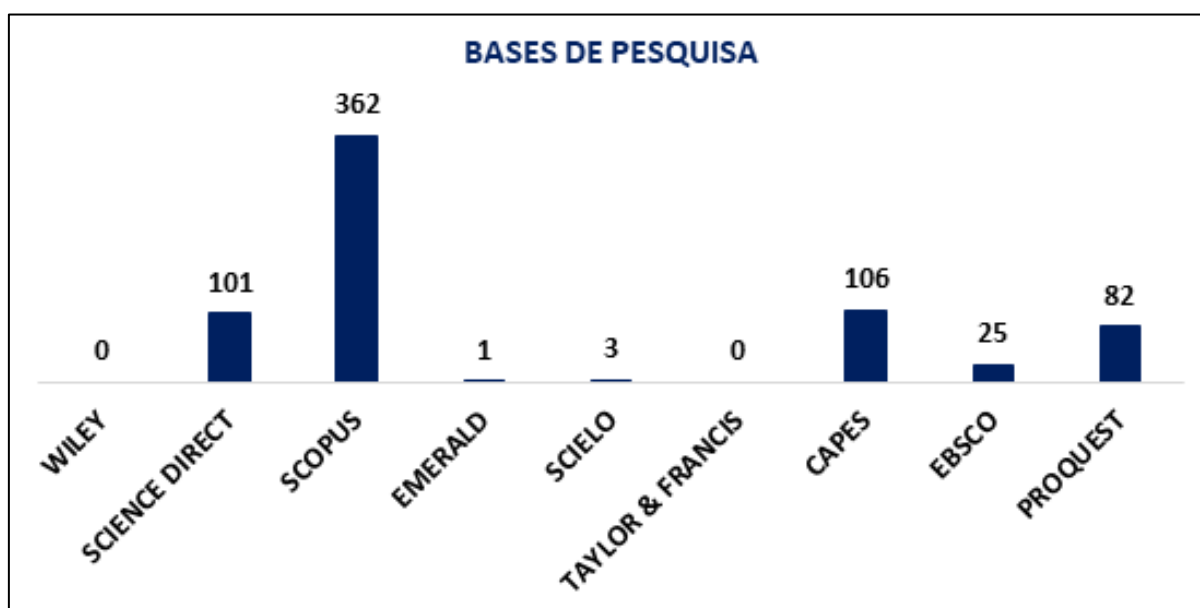


Ao verificar a combinação do conjunto de palavras-chave utilizada para o tema de pesquisa proposto, nota-se que muitos estudos voltados à análise de fatores de risco no transporte rodoviário de cargas foram produzidos.

A realização da revisão sistemática da literatura feita com o uso dos 5 conjuntos de palavras-chave, resultou na identificação de 680 artigos, onde deste total, 279 eram repetidos e 371 foram excluídos por estarem fora do escopo de pesquisa. Desta forma, 30 artigos foram selecionados para compor a revisão sistemática sobre o tema de estudo.

Na Figura 4 observam-se as bases de pesquisa utilizadas para as consultas e seleção dos artigos.

Figura 4 - Bases de Pesquisa



Fonte - Autor

Ao considerar os 6 conjuntos de palavras-chave, as bases de pesquisa *Scopus*, *Capes* e *Science Direct*, inicialmente, apresentaram juntas, um total de 569 artigos voltados ao tema de estudo.

Dentre as bases pesquisadas, foram encontrados vários periódicos que apresentaram estudos voltados ao TRC. A Figura 5 ilustra os 30 estudos que foram selecionados com o tema referente à pesquisa.

Figura 5 - Quantidade de Publicações por Ano



Fonte – Autor

É importante ressaltar, que a partir do ano de 2011, mais estudos sobre tema foram publicados, mas no ano de 2018 que se pode notar um crescimento significativo de publicação. A Figura 6 ilustra os periódicos relacionados ao tema de estudo, com a quantidade de artigos publicados na área.

Figura 6 - Quantidade de publicações por periódicos

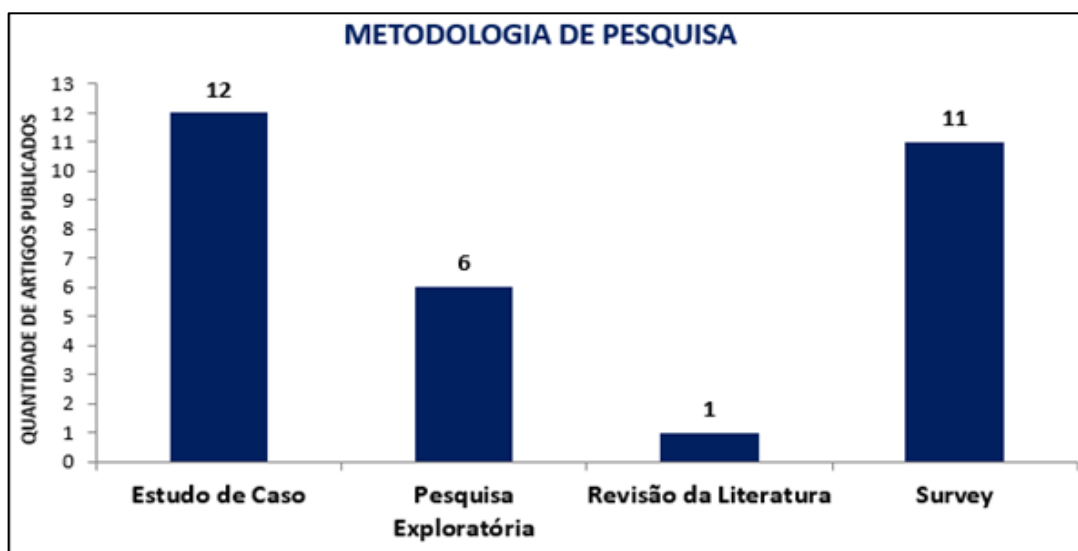


Fonte - Autor.

É possível observar que os periódicos com a maior quantidade de publicações estão são: *Journal Transport Security* e *Safety Science*, ambos com 3 publicações.

Na Figura 7 são apresentadas as metodologias de pesquisa mais utilizadas nos artigos selecionados que foram selecionados para a revisão bibliométrica.

Figura 7 - Quantidade de utilizações de metodologias

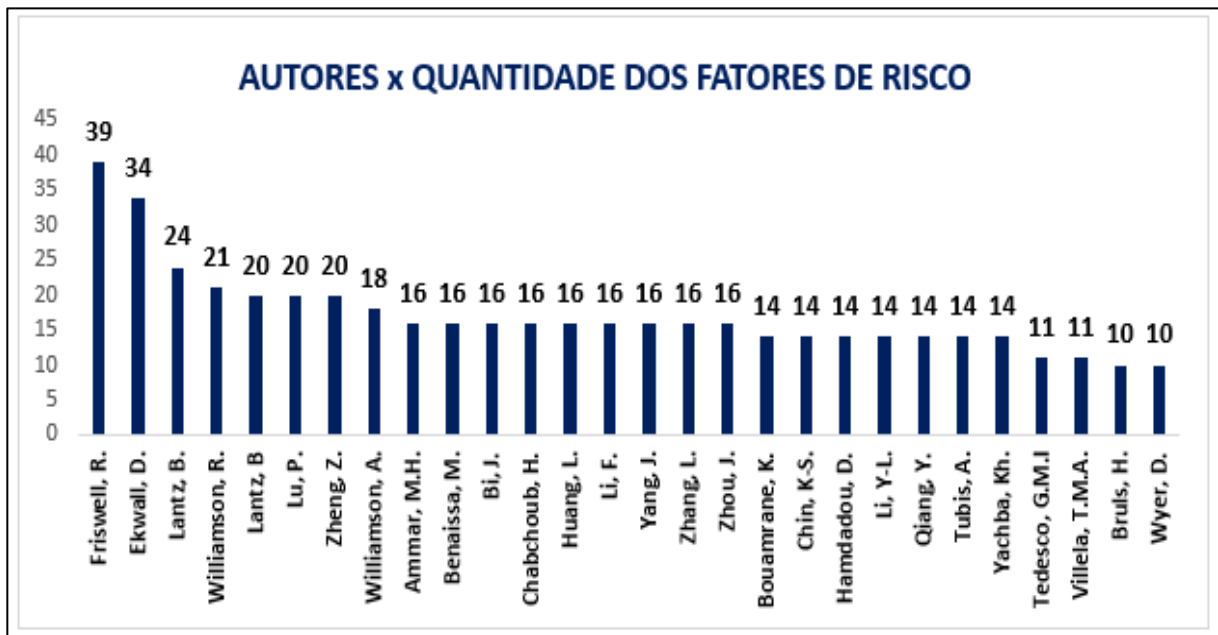


Fonte - Autor.

As metodologias Estudo de Caso e *Survey*, foram utilizadas de maneira significativa em relação às outras metodologias empregadas. Todos os artigos pesquisados apresentam diversos fatores de risco que se mostram incomuns à natureza do transporte rodoviário de cargas. Naturalmente, muitos fatores se repetem através da citação de diferentes autores e, isso faz também, que muitos autores acabem citando um ou mais fatores de risco já mencionados por outro autor.

Assim, nos 30 artigos examinados foram citados por todos os autores, um total de 743 fatores de risco. Observa-se na Figura 8, os 28 primeiros autores de cada artigo com a maior quantidade de fatores de risco utilizado. A lista completa de autores pode ser visualizada na Tabela A-1 do Apêndice A.

Figura 8 - Quantidade de fatores de risco por primeiro autor de cada artigo

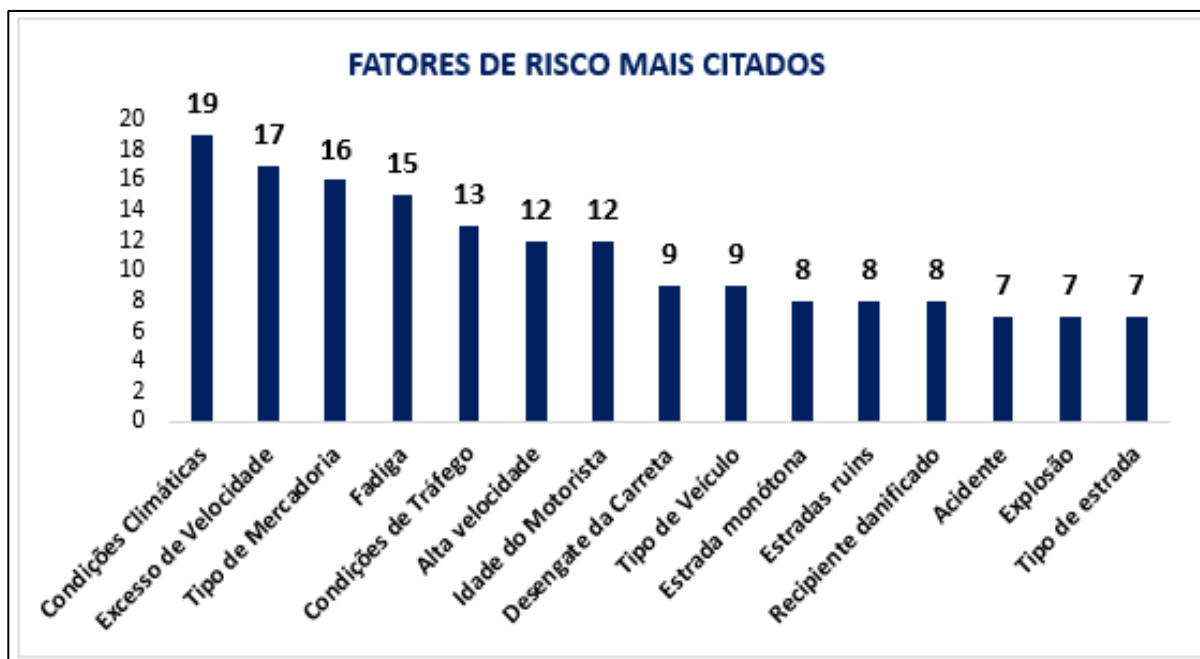


Fonte - Autor.

Na Figura 8 acima, dentre os 39 fatores de risco citados por Friswell, R., este autor se refere a alguns fatores relacionados com as condições climáticas, mas, principalmente, ao perfil e comportamento do motorista. Já Ekwall, D., ao mencionar 34 fatores de risco, o destaque é dado ao roubo e furto por meio de invasão, desvio de carga, falta de segurança, tipo de mercadoria e homicídio.

Na Figura 9 se apresentam os fatores de risco mais citados nos 30 artigos selecionados. A lista completa com todos os fatores de risco pode ser visualizada na Tabela A-2 do Apêndice A.

Figura 9 - Quantidade de fatores de risco mais citados



Fonte - Autor

Diante da análise bibliométrica, dos 30 artigos selecionados, pode se constatar que, dentre os vários fatores de risco mencionados por diferentes autores, os mais predominantes no transporte de carga são as condições climáticas, o excesso de velocidade, o tipo de mercadoria, o comportamento do motorista, as condições de tráfego e a fadiga humana.

Yang *et al.* (2010) apresentaram um estudo a respeito de 322 acidentes ocorridos durante o transporte rodoviário de materiais perigosos na China entre os anos de 2000 a 2008, no qual os resultados mostraram um aumento na frequência de acidentes entre os anos de 2000 a 2007 e um declínio em 2008. Os estudos apontaram que mais de 63% dos acidentes ocorreram nas áreas costeiras do Leste, 25,5% nas áreas centrais do interior e apenas 10,9% nas áreas ocidentais remotas. Os tipos de acidentes mais frequentes foram os vazamentos, incêndios e outros fatores como: fadiga humana, excesso de velocidade, e comportamento do motorista.

De acordo com Oggero *et al.* (2006), quando estes resultados são comparados com os achados obtidos em um estudo anterior sobre acidentes de transporte rodoviário, as probabilidades de acidentes que levam a uma explosão, incêndio são muito menores na China, embora substâncias inflamáveis sejam as características mais comuns de acidentes rodoviários envolvendo o transporte de produtos perigosos.

Dadsena (2016) menciona a importância da preocupação com o meio ambiente, pois, a revisão dos artigos sobre avaliação de risco para o transporte rodoviário prova que a questão é pesquisada de forma muito ampla em todo o mundo. É fato que o foco principal dos pesquisadores está no aspecto de segurança da avaliação de riscos, particularmente nas causas e efeitos dos acidentes nas estradas que diretamente afetam o meio ambiente e, também, na confiabilidade da infraestrutura de transporte.

Desta forma, após realizar a revisão sistemática dos 30 artigos que foram selecionados para esta pesquisa, as Tabelas 3 e 4 a seguir, mostram as diferentes técnicas para cálculo do risco no modal de transporte, que foram utilizadas cada um dos autores.

3.2.1. Cálculo do Risco no Transporte Rodoviário

O transporte rodoviário de cargas é um segmento que assume muitos riscos e, em virtude disso, a avaliação dos riscos em sua grande maioria ocorre de forma quantitativa. Durante a análise sistemática dos 30 artigos selecionados, observaram-se diferentes técnicas utilizadas para cálculo do risco na atividade do transporte rodoviário de cargas, bem como, em outros modais conforme são apresentadas adiante nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Técnicas utilizadas para o Cálculo do Risco (parte 1)

Técnicas utilizadas para o calculo do risco no TRC e outros modais		
Autores	Modal	Técnica de Calculo
Spadonni et al., (1995)	Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos	Metodologia de Remontagem
Yang et al., (2010)	Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos	Análise Estatística
Yang et al., (2018)	Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos	QFD sob ambiente FUZZY
Friedman (2001); Frieddman e Meuman (2003)	Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos	Análise de Banco de Dados
Wedagma e Wishart (2017)	Transporte Rodoviário de Carga	Análise de Dados
Tedesco et al., (2009)	Transporte Rodoviário de Carga	Estrutura de Redes
Ekwal e Lantz (2013)	Transporte Rodoviário de Carga	Análise de Dados
Tubis e Wojciechowska (2017)	Transporte Rodoviário de Carga	Análise de Banco de Dados
Ekwal e Lantz (2018)	Transporte Rodoviário de Carga	Monte Carlo (Simulação)
Ekwal, Bruls e Wyer (2015)	Transporte Rodoviário de Carga	Análise de Dados
Navestade et al., (2017)	Transporte Rodoviário de Carga	Análise de Dados
Ekwal e Lantz (2015)	Transporte Rodoviário de Carga	Análise de Dados
Lisa, Lyndal e Elias (2009)	Transporte Rodoviário de Carga	Análise de Dados

Fonte - Autor

Tabela 4 - Técnicas utilizadas para o Cálculo do Risco (parte 2)

Técnicas utilizadas para o calculo do risco no TRC e outros modais		
Autores	Modal	Técnica de Calculo
Loirenc e Kuznar (2016)	Transporte Rodoviário de Carga	Redes Neurais Artificiais
Bouamrane et al., (2012)	Transporte Rodoviário de Carga	Estatística (Monte Carlo)
Bouamrane, Hamdadou e Yachba (2012)	Transporte Rodoviário de Carga	Análise de Banco de Dados
Tubis (2018)	Transporte Rodoviário de Carga	Análise de Banco de Dados
Dong et al.,2017	Transporte Rodoviário de Carga	Modelos Multinomial Logit (MNL) e Binomial Negativo (NB)
De La Torre et al., (2013)	Transporte Rodoviário de Carga	Técnica Delphi
Friswell e Williamson (2008)	Transporte Rodoviário de Carga	Análise de Dados
Urciuoli (2008)	Transporte Rodoviário de Carga	Monte Carlo (Simulação)
Lieggio Júnior (2008)	Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos	Análise de Dados
Ammar, Benaissa e Chabchoub (2014)	Transporte Rodoviário de Materiais Perigosos	Efeitos do Modo de Falha e Análise de Criticidade (FMECA-Failure Mode Effects and
Friswell e Williamsin (2012)	Transporte Rodoviário com Veículos Leves e Veículos Pesados	Análise de Dados.
Cordeiro et al., (2014)	Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos	Análise de Multi Critérios
Akhtar e Utne, 2012	Transporte Rodoviário de Carga	Redes Bayesianas
Bandeira, Correia e Martins (2017)	Transporte Marítimo	Redes Bayesianas
Zhao, Wu, e Xu, (2009)	Transporte Aeronáutico	Redes Bayesianas
Wang e Yang (2018)	Transporte Hidroviário	Redes Bayesianas
Zhao, Wang e Qin (2011)	Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos	Redes Bayesianas

Fonte – Autor

No que diz respeito às técnicas empregadas para cálculo do risco no TRC, todas elas foram utilizadas para analisar e tratar um determinado fator de risco e, em alguns casos, dois, três ou até mais fatores de risco. Porém, se observou até este momento da pesquisa, que nenhum estudo foi feito para tratar todos os fatores de risco de forma sistêmica e conjunta recorrentes no TRC.

Spadoni *et al.* (1995) apresentaram a técnica de Procedimento Numérico para o cálculo de risco social decorrente do transporte rodoviário de materiais perigosos. Os riscos resultantes do transporte de produtos perigosos foram calculados considerando todos os acidentes em qualquer ponto da rede rodoviária. A técnica utilizada calculou os riscos através de um procedimento numérico para o cálculo de fatores como: indivíduos e risco social decorrente do transporte rodoviário de materiais perigosos, onde cada um sendo considerado como uma fonte de risco pontual.

Yang *et al.* (2010) apresentaram uma Análise de Dados Estatísticos com dois métodos inter-relacionados, na qual, a probabilidade da ocorrência de um evento é definida como o número de maneiras pelas quais, um evento pode ocorrer, dividido pelo número de todos os resultados possíveis das observações. Os resultados ajudaram a identificar as principais fontes de risco e os acidentes mais prováveis e, assim, reduzir as probabilidades de acidentes e mitigar as possíveis consequências.

Os autores entendem que práticas mais eficientes e abrangentes relacionadas à notificação dos acidentes devem ser levadas em consideração, pois podem afetar a tendência de aumento de acidentes no transporte rodoviário de produtos químicos.

Yang *et al.* (2018) apresentaram um novo modelo sistemático baseado na implantação de Desdobramentos das Funções de Qualidade (QFD) para calcular os riscos do processo de transporte de materiais perigosos. Os resultados obtidos com o método proposto, puderam fornecer orientações suficientes para o desenvolvimento de políticas e a alocação de recursos. Em geral, um processo sistemático de gerenciamento de riscos foi aplicado de maneira resumida para identificar primeiro os fatores de risco em potencial, em seguida avaliar o risco cientificamente e, finalmente, estabelecer as medidas de controle de riscos correspondentes.

Outra maneira utilizada para calcular os riscos com relação aos acidentes com caminhões no transporte rodoviário de cargas foi a utilização da Árvore de Decisão por meio de resultados obtidos com Mineração de Dados (FRIEDMAN, 2001;

FRIEDMAN e MEULMAN, 2003). Os resultados indicaram que a velocidade do vento, a umidade da chuva e a temperatura do ar têm um impacto significativo na gravidade dos ferimentos causados por um acidente de caminhão.

Para os fatores de risco que envolvem o comportamento do motorista no transporte rodoviário de cargas, utilizou-se o MVM (Método de Variação Máxima) examinar os principais componentes. Este método serviu para medir a consistência interna entre as variáveis de comportamento e percepção. As variáveis resultantes da análise fatorial, juntamente com as variáveis demográficas, de exposição e de colisão, foram inseridas na construção do modelo (WEDAGAMA e WISHART, 2018). Os resultados mostraram que a falta de normas para os motoristas de transporte de mercadorias, contribui negativamente para comportamentos inadequados como correr um pequeno risco ao ultrapassar e ignorar os limites de velocidade e, resultados complementares indicaram que o uso de bebida está positivamente relacionado a acidentes de trânsito durante o horário de trabalho. Com isso, a falta de normas para a conduta do motorista resultou ainda mais em erros de condução, comportamentos agressivos e violações das regras de trânsito.

No Sistema de Transporte Rodoviário de Carga (STRC) Tedesco *et al.* (2009), apresentaram uma forma de organização dos elementos baseados em Redes Híbridas para construção de uma estrutura inicial do STRC, que resultou numa pesquisa sobre os elementos e fatores de risco de forma, a organizar uma estrutura inicial com base em pesquisas sobre o setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil, por meio de revisão bibliográfica, pesquisa documental e reuniões com especialistas do setor.

Ekwall e Lantz (2013) calcularam este risco utilizando uma Base de Dados de crimes ocorridos com o transporte rodoviário de cargas registrados pela TAPA (*Transport Asset Protection Association*). Os resultados foram analisados e discutidos dentro de um quadro de referência baseado em teorias de gerenciamento de risco e criminologia. Estes resultados indicam que roubos de carga em locais de estacionamento não seguro são mais um crime de volume do que roubos de alto valor.

Com relação ao roubo de carga em rodovias, Naevestad e Phillips (2013), através de diferentes fontes de dados, aplicaram diferentes métodos como: Análise de Dados de Acidentes Pessoais, Análise de Dados de Acidentes Fatais, Pesquisa em pequena escala e Entrevistas Qualitativas. Os resultados apontaram para o

comportamento dos motoristas que dirigem caminhões para transporte de carga, com motoristas de veículos leves em estradas, onde a ocorrência de acidentes com motoristas de caminhões é maior.

De acordo com Brodie, Lyndal e Elias (2009), os riscos de ocorrência de acidentes fatais com motoristas que operam com caminhões de grande porte em rodovias, independem do tipo da indústria, configuração ou tipo do veículo e distância da viagem, ao realizarem uma Análise de Dados Estatísticos para o cálculo dos riscos com base em arquivos de investigação de médicos legistas.

Fabiano *et al.* (2005) apresentaram técnicas de Análise de Risco Quantitativa, para a calcular os riscos do transporte rodoviário de produtos perigosos. Os resultados mostram que o transporte de materiais perigosos, está associado a limites de velocidades excedidos em alguns trechos de rodovias. Assim, um modelo matemático foi construído para otimizar o planejamento no atendimento de emergências.

Lorenc e Kužnar (2016) calcularam os riscos para o roubo de carga, usando algoritmos originais desenvolvidos com base em Redes Neurais Artificiais que consideram, entre outros, a probabilidade de risco de roubo de carga em um estágio específico da ordem para diferentes tipos de carga. Os resultados apresentados por esta técnica de inteligência artificial foram utilizados para determinar se o tipo de carga afeta a probabilidade de roubo. Foram realizadas 120.000 simulações, 10.000 simulações para cada tipo de carga. Isso mostrou que os profissionais (motoristas) podiam entender e lidar com os riscos de roubo de carga com mais eficiência, se examinassem e entendessem a frequência e o impacto do roubo separadamente.

Bouamrane *et al.* (2012) aplicaram um Sistema de Apoio à Decisão (DSS) para identificar e escolher uma estrada segura para o Transporte Rodoviário de Materiais Perigosos em caso de risco de rompimento ou bloqueio. Os resultados apresentaram a exploração de uma abordagem que implica em vários fatores, que busca identificar em tempo real, uma estrada alternativa com maior potencial de segurança, posto de gasolina para efetuar paradas, estado da rodovia, condições de tráfego e outros.

Dong *et al.* (2017) apresentaram os cálculos para o risco de colisões no transporte rodoviário de cargas, através de Modelos de MNL (*Multinomial Logit*) e Binomial Negativo (NB) para analisar a gravidade e a frequência de colisões, respectivamente e utilizaram Redes Bayesianas. Os resultados apresentaram as

análises alguns fatores críticos que contribuem significativamente para a severidade do acidente, bem como, a estimativa da frequência de acidentes envolvendo caminhões de grande porte, também foram considerados fatores como condições climáticas, idade do motorista e o limite de velocidade com efeitos significativos apenas na frequência de grandes acidentes com caminhões.

De La Torre *et al.* (2013) calcularam os fatores de risco para roubo nas estradas, através de uma análise estatística das informações nacionais disponíveis sobre roubos de mercadorias, determinando um primeiro conjunto de variáveis para projetar uma pesquisa aplicada a especialistas em segurança da cadeia de suprimentos com base no método Delphi. Os resultados permitiram confirmar as variáveis mostrando suas influências no risco do transporte rodoviário de cargas, onde também foram identificados os tipos de impactos e fatores que podem desestimular a ação de roubo.

Friswell e Williamson (2008) apresentaram uma pesquisa exploratória voltada à fadiga humana na atividade de transporte rodoviário de cargas para viagens longas e curtas, e o método de cálculo utilizado foi a Regressão Logística Binária Multivariada usando um procedimento de modelagem de evolução passa a passo e, assim, para identificar o conjunto mais parcimonioso de preditores de trabalho da frequência de fadiga. Os resultados sugerem que a fadiga é um problema para alguns motoristas de transporte rodoviário de cargas para curtas ou longas distâncias e, identificou características desta atividade que devem ser mais investigadas.

Um estudo sobre investimento em soluções de segurança para o transporte rodoviário de cargas, utilizou a abordagem de QRA (Avaliação Quantitativa de Risco), o qual segue a estrutura tradicional de análise de risco e decisão (URCIUOLI, 2008). Como resultado, apresentou uma abordagem em gerenciamento de riscos que consiste na QRA e, posteriormente, demonstrou sua viabilidade por meio da avaliação de soluções de segurança contra crimes no transporte de carga em rodovias. Posteriormente, o modelo é aplicado a um transporte hipotético para simular o impacto contra o roubo de carga.

Para o transporte rodoviário de mercadorias perigosas no Brasil, foi aplicado um método de Análise de Dados Quantitativos para o cálculo dos fatores de risco relacionados a esta atividade (LIEGGIO JÚNIOR, 2008). Os resultados apresentaram uma metodologia aplicada ao caso de transportadoras de combustível líquido na

região centro-oeste do Brasil, onde foi identificado qual critério deve-se utilizar para contratar uma empresa de transporte rodoviário de mercadorias perigosas de acordo com os fatores de gerenciamento de riscos selecionados por tomadores de decisão.

Ammar, Benaissa e Chabchoub (2014) apresentaram um estudo sobre avaliação de riscos do transporte rodoviário de materiais perigosos na Tunísia, onde o método para cálculo utilizado foi através de uma abordagem que mede os efeitos do modo de falha e Análise de Criticidade. Os resultados identificaram os principais causadores de acidentes em rodovias, onde foram indicados e separados cada uma das causas e efeitos em potenciais como fator humano e fator mecânico.

Com relação à fadiga humana no transporte rodoviário de cargas, um estudo que compara as experiências de motoristas de veículos pesados com a luz e a longa distância, foi utilizado a Análise de Dados Quantitativos para o cálculo (FRISWELL e WILLIAMSON, 2008). Os resultados identificaram que o nível de fadiga relatada entre os motoristas de veículos leves e pesados, fornecem evidências de que os motoristas possuem desgastes bem semelhantes na atividade do transporte rodoviário de cargas.

Cordeiro *et al.* (2014) calcularam o risco no transporte rodoviário de produtos perigosos através de uma Análise Espacial Multicritério foi utilizada. Os resultados apresentaram os fatores de risco que mais contribuem para a ocorrência de acidentes com o transporte de produtos perigosos e os possíveis impactos ambientais.

Conforme informado por cada um dos autores nos 30 artigos pesquisados, até o momento, ainda não foi realizada uma pesquisa que apresentasse um estudo voltado a uma análise sistêmica e conjunta dos principais fatores de risco mais recorrentes na atividade do TRC que pudesse mostrar de maneira probabilística, a ocorrência conjunta desses fatores dentro de um mesmo cenário.

3.2.2. Redes Bayesianas no Transporte Rodoviário de Carga

Esta seção apresenta alguns resultados relacionados ao uso de Redes Bayesianas para o cálculo do risco de maneira isolada no transporte rodoviário de cargas.

Para uma avaliação probabilística dos riscos na atividade do transporte rodoviário e, conseqüentemente, melhorar os processos logísticos, o uso de Redes

Bayesianas apresentou resultados que apontam para o comportamento do motorista nas estradas, onde o uso de telefone celular é a ação que mais contribui para a ocorrência de acidentes (LAKEHAL e TACHI, 2018).

Também se utilizou Redes Bayesianas para calcular a probabilidade dos riscos na análise dos acidentes que envolvem a atividade do transporte rodoviário de materiais perigosos. Os resultados apresentaram um estudo com acidentes ocorridos durante o transporte rodoviário com produtos perigosos entre os anos de 2005 a 2008, onde foram identificados e analisados os fatores de risco que influenciam as atividades de transporte de carga (ZHAO, WU, e XU, 2009).

Estes dois artigos que utilizaram a técnica de Redes Bayesianas para tratar dos fatores de risco na atividade do transporte rodoviário de carga, Lakehal e Tachi, (2018) apresentaram um estudo voltado à segurança no trânsito na qual os fatores de risco identificados e tratados foram: o fator humano, a informação, a estrutura e a confiabilidade dos veículos.

Por sua vez, Zhao, Wu, e Xu (2009), ao realizarem uma análise de 94 casos de acidentes ocorridos durante o transporte rodoviário de materiais perigosos, constataram que os fatores de risco mais influentes para a ocorrência de acidentes na atividade do transporte rodoviário de materiais perigosos foram: fatores humanos, o veículo, as instalações de transporte, a embalagem e o carregamento deste tipo de mercadoria.

Ao pesquisar estes dois últimos artigos, em especial por utilizarem a técnica das Redes Bayesianas para análise e estudo dos fatores de risco no TRC, em ambos os estudos, os autores observaram apenas alguns dos fatores de risco sendo estes:

- Fator humano: trata-se do condutor e seu comportamento;
- Condições do veículo: em relação a sua confiabilidade e estrutura;

Portanto, vale ressaltar que esta dissertação propõe apresentar uma pesquisa voltada a realizar uma análise sistêmica e integrada dos principais fatores de risco que costumam ser recorrentes na atividade do TRC, por meio de um modelo que irá simular a probabilidade de ocorrência para cada um desses fatores em único cenário.

4. METODOLOGIA DE PESQUISA

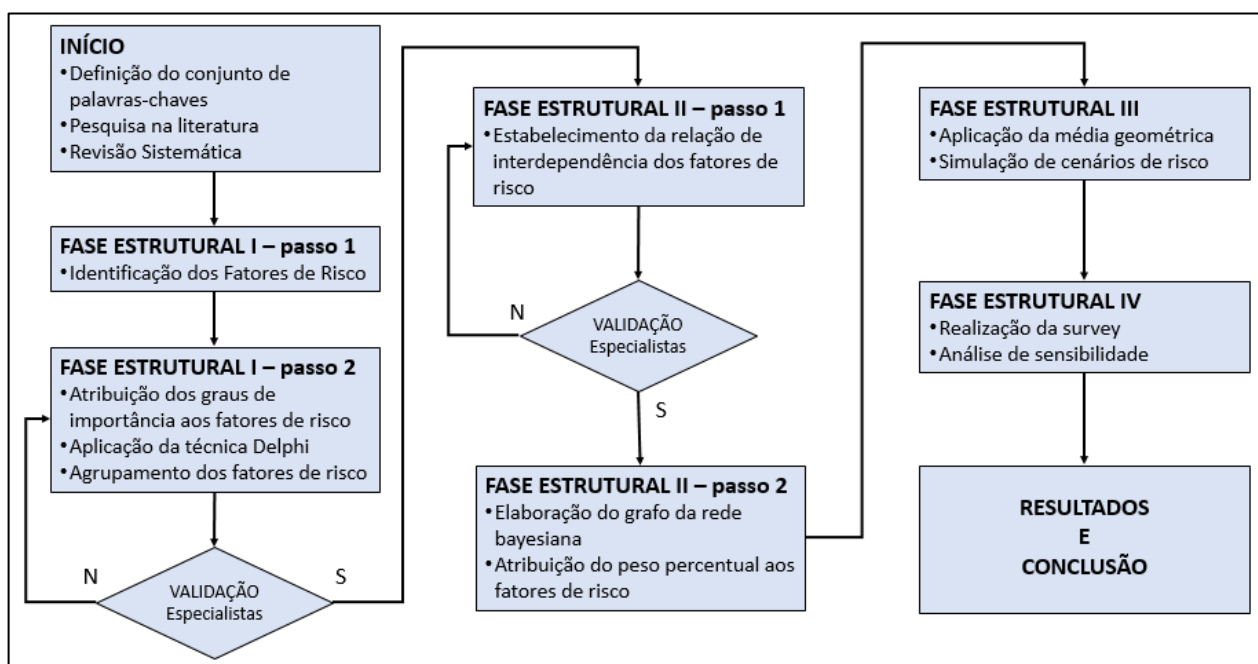
Para a realização desta pesquisa uma metodologia de trabalho foi dividida em 4 fases estruturais para se chegar a um resultado mais consistente possível.

4.1. MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho se ampara inicialmente, em uma pesquisa aplicada de campo e com dados empíricos que serão utilizados para obter informações relacionadas a um determinado problema para o qual se procura uma resposta (MARCONI e LAKATOS, 2010).

A metodologia empregada também consiste na aplicação de uma pesquisa combinada, onde segundo Creswell (2009) esta abordagem trabalha de forma combinada em um mesmo projeto de pesquisa. Ao utilizar a pesquisa combinada, existe a vantagem de combinar as abordagens tanto de forma quantitativa como qualitativa e, assim, poder prover evidências mais abrangentes para o estudo de um ou mais problemas. Desta forma, para uma melhor visualização das etapas realizadas durante a pesquisa, uma estrutura metodológica foi elaborada conforme mostrada na Figura 10.

Figura 10 - Estrutura metodológica das fases de pesquisa



Fonte – Autor

Essas etapas são explicadas na sequência, a partir da identificação dos fatores de risco, uma vez que as etapas anteriores já foram explicadas.

4.2. FASE ESTRUTURAL I

4.2.1. Identificação dos Fatores de Risco

Com a revisão sistemática foi possível efetuar a identificação de um ponto importante para a pesquisa, que se refere aos fatores de risco mencionados por todos os autores pertencentes aos 30 artigos selecionados para compor a planilha bibliométrica. Muitos fatores de risco são mencionados por repetidas vezes por vários autores.

Além de recorrentes na atividade do transporte rodoviário de cargas, os fatores de risco identificados na literatura são descritos pelos próprios autores como, elementos fundamentais para a ocorrência de acidentes, roubo ou até mesmo de ambos.

Estes fatores de risco foram inicialmente elencados por recorrência, o que resultou num grupo de 16 fatores de risco mais citados no transporte rodoviário de cargas.

4.2.2. Atribuição do Grau de Importância aos Fatores de Risco

Para melhor entendimento da influência de cada um desses 16 fatores de riscos mais recorrentes na atividade do transporte rodoviário de cargas, é necessário que estes fatores recebam uma classificação individual para determinar o grau de importância que cada um pode representar em uma operação de transporte.

O grau de importância atribuído para cada um dos fatores de risco foi classificado como: 1 para Baixa Importância, 2 para Média Importância e 3 para Alta Importância. Assim, para esta etapa da primeira fase estrutural que consiste na atribuição dos graus de importância aos fatores de risco, foi solicitado aos 6 especialistas que avaliassem e atribuíssem uma nota de 1 a 3, para cada um dos fatores, de acordo com o grau de importância que, segundo o entendimento de cada um, aquele fator de risco representaria na atividade do TRC.

Os 6 especialistas convidados para pesquisa, são profissionais que atuam em gerenciamento de risco do transporte de rodoviário de carga, com mais de 10 anos de experiência e ocupam posições de nível gerencial e estratégico em conceituadas empresas voltadas ao segmento de transporte rodoviário no mercado nacional, além de serem formadores de opinião no mercado de seguros para transporte rodoviário de cargas.

Desta forma, com a participação direta e individual desses especialistas, foi possível submeter um formulário contendo a relação dos 16 fatores de risco mais recorrentes e citados na literatura sobre o transporte rodoviário de cargas, para que assim fosse feita a atribuição do grau de importância à cada um desses fatores.

A Figura 11 a seguir, apresenta o modelo de formulário utilizado por cada um dos especialistas para atribuição do grau de importância aos fatores de risco. Entretanto, a figura mostra apenas parte do formulário contendo 3 fatores de risco. A figura completa do formulário pode ser analisada na Figura B-1 do Apêndice B.

Figura 11 - Formulário para atribuição do grau de importância

FORMULÁRIO PARA CLASSIFICAÇÃO DOS FATORES DE RISCO			
<p>Através do recurso exploratório, os Fatores de Risco deverão ser classificados por especialistas em gerenciamento de risco no transporte rodoviário de carga. A participação deverá ocorrer de forma individual, de maneira a evitar qualquer tipo de influência na decisão. Ao especialista caberá a atribuição do Grau de Importância à cada um dos 16 FATORES DE RISCO descritos no formulário.</p>			
Grau de Importância do Risco			
1		BAIXA importância	
2		MÉDIA importância	
3		ALTA importância	
ESPECIALISTA:			
FATORES DE RISCO	CONCEITOS	EXEMPLOS	GRAU
1 Características Inapropriadas para o Transportes	Entre todos os modais de transporte, o rodoviário, seja o mais adequado para o transporte de mercadorias, quer seja internacionalmente na exportação ou na importação, quer seja no transporte nacional, bem como, nos deslocamentos de curtas e médias distâncias. O transporte rodoviário é bastante recomendado para o transporte de mercadorias de alto valor agregado ou perecível.	Carregamento e Descarregamento demorados, Características da embalagem, Carregamento inadequado, Container danificado, Excesso de carga, Carga acima do nível permitido.	
2 Condição das Rodovias	Estradas inseguras, altamente congestionadas e, em diversas partes, deterioradas. Essa realidade das rodovias brasileiras atrapalha o fluxo de transporte de distribuição e ocasiona problemas com atrasos. Contudo, contratempos nas estradas resultam no descumprimento do prazo de entrega, mais um dos fatores que, junto com as variáveis, são fontes de transtornos e reclamações por parte dos clientes.	Com buracos, com forte inclinação, com curvas acentuadas, com falta de estrutura, monótonas, com tráfego pesado, desconhecidas, com pedágios, manifestação, em manutenção, com bloqueio, Via de Mão Dupla, Via de Mão Única, Serviço de emergência inadequado, Objeto fixo na pista, Objeto inesperado na pista, Animal na Pista, Pedestre	
3 Comportamento do Motorista	O comportamento é definido como o conjunto de reações de um sistema dinâmico face às interações e renovação propiciadas pelo meio onde está envolvido. Exemplos de comportamentos são: comportamento social, comportamento humano, comportamento informacional (o que o indivíduo faz com relação à informação), etc.	Consumo de álcool, Consumo de drogas, Dirigir após o efeito de estimulantes, Fadiga, Cansaço, Stress, Pânico, Imprudência, Erro, Excesso de horas ao volante, Excesso de Km percorridos durante o ano, Excesso de trabalho após o carregamento, Falta de atenção, Poucas horas de sono, Não cumprir as regras de trânsito, Uso de aparelho celular, Ultrapassagem perigosa, Ultrapassagem irregular, Falta da distância de segurança entre veículos, Perda do controle da direção, Curto espaço do veículo à frente, Falha ao verificar o espelho retrovisor	

4.2.3. Aplicação da Técnica Delphi

Desenvolvida no final da década de 1940, mais precisamente, no início da guerra fria, a técnica Delphi foi desenvolvida com o intuito de estudar a guerra intercontinental e, assim, antecipar o impacto da tecnologia no combate (HELMER, 1967). O objetivo da técnica Delphi é capturar opiniões de maneira formal e estruturada. Argumenta-se que aqueles convidados a participar do processo Delphi precisam de perícia e conhecimento do tópico sob investigação (STARKWEATHER *et al.*, 1975; SYNOWIEZ e SYNOWIEZ, 1990).

Como parte da pesquisa proposta, com base no método Delphi, esta técnica consiste em uma série de questionários para organizar opiniões e respostas de um grupo formado por especialistas do campo investigado, sendo muito utilizada como ferramenta agregadora de julgamentos individuais.

Logo, uma vez atribuído o grau de importância à cada um dos fatores de risco analisados, com a aplicação da técnica Delphi identificou-se o fator de risco de menor relevância para a atividade do transporte rodoviário de cargas, de acordo com os especialistas.

Com base no resultado do somatório final dos graus de importância, a técnica Delphi indicou qual fator de risco deveria ser desconsiderado. Após desconsiderar a utilização deste fator de risco, os especialistas foram unânimes em validar o resultado apresentado.

4.2.4. Agrupamento e Validação dos Fatores de Risco

Em seguida, com base nas características e exemplos que mais se assemelham entre os fatores de risco, houve um agrupamento desses fatores. Este agrupamento dos fatores foi necessário para que a modelagem e simulação dessas variáveis, pudessem atingir uma quantidade satisfatória de probabilidades de ocorrências na atividade do transporte rodoviário de cargas.

Em seguida, uma relação contendo os fatores de risco agrupados foi apresentada aos 6 especialistas, que por sua vez, concordaram com o agrupamento desses fatores e, assim, o agrupamento foi validado.

O agrupamento dos fatores de risco de acordo com as semelhanças e características, resultou na diminuição do número de fatores para 9.

4.3. FASE ESTRUTURAL II

4.3.1. Estabelecimento da Relação de Interdependência dos Fatores de Risco

Na segunda fase estrutural da pesquisa, uma vez definidos os fatores de risco, estes fatores foram posicionados de maneira que a relação de interdependência entre eles, fosse coerente.

Um modelo gráfico que representa esta relação de dependência entre estes fatores, foi apresentado aos especialistas para validação, os quais apontavam se concordavam ou não com o modelo proposto.

4.3.2. Validação da Relação de Interdependência dos Fatores de Risco

Um modelo gráfico com os fatores de risco posicionados de acordo com a relação de interdependência, foi enviado aos 6 especialistas para que fosse feita a validação desta relação. Este modelo serviu para apresentar os fatores de risco de forma posicionada de acordo com a sua relação de interdependência, uma vez que estes fatores também podem ocorrer de maneira simultânea. Nesta etapa, todos os especialistas concordaram. Este modelo gráfico é observado na Figura 16, conforme apresentada no Capítulo 5 de resultados.

4.3.3. Elaboração do Grafo da Rede Bayesiana com os Fatores de Risco

Com a definição do grupo de fatores de risco e a validação da relação de interdependência, foi possível modelar o grafo da Rede Bayesiana, o qual foi desenvolvido por meio do software MSBNx para modelagem e simulação de BBNs.

4.3.4. Atribuição do Peso Percentual aos Fatores de Risco

Uma vez definido o grafo com os devidos fatores de risco, foi necessário atribuir

os pesos percentuais de probabilidade para cada um dos fatores.

Estes fatores de risco podem ser entendidos como variáveis ou nós e, a relação de interdependência indica que alguns, desses fatores podem ser visualizados através de ligações diretas entre o nó “pai” e o nó “filho”.

Entretanto, de acordo com a modelagem proposta para os 9 fatores de risco, bem como, a relação de interdependência destes fatores, todos eles pré-dispostos no grafo da Rede Bayesiana gerado no software MSBNx, a atribuição dos pesos percentuais à cada um desses fatores ficou condicionada a parâmetros como:

- Baixo, médio ou alta probabilidade;
- Baixo, médio, alto valor ou produtos perigosos;
- Até 10 anos de fabricação ou acima de 10 de fabricação;
- Boa ou ruim;
- Qualificado ou não qualificado;
- Pouco inapropriado, inapropriado ou muito inapropriado;

As ligações entre os nós (fatores de risco) geram diversas combinações entre seus parâmetros, que resultam numa Tabela de Probabilidade Condicional (TPC) para os Nós-Filhos. Desta forma, para que houvesse uma compreensão mais assertiva e clara por parte dos especialistas no momento da atribuição dos pesos percentuais foi necessário transcrever as informações da TPC gerada conforme a Figura 12, num formulário específico para cada um dos fatores de risco.

Figura 12 - Tabela de Probabilidade Condicional (TPC)

Assessment (Model: MSBNX_FR_Transportes_V04, Node: Roubo)						
Parent Node(s)				Roubo		
Tipos_Mercadoria	Perfil_Motorista	Seguranca_Transporte	Acidentes	Sim	Nao	
Baixo_Valorx_9a11	Qualificado	Sim	Sim			
			Nao			
	Nao_Qualificado	Nao	Sim	Sim		
				Nao		
		Sim	Nao	Sim		
				Nao		
Medio_Valor_5a8	Qualificado	Sim	Sim			
			Nao			
	Nao_Qualificado	Nao	Sim	Sim		
				Nao		
		Sim	Nao	Sim		
				Nao		
Alto_Valor_1a4	Qualificado	Sim	Sim			
			Nao			
	Nao_Qualificado	Nao	Sim	Sim		
				Nao		
		Sim	Nao	Sim		
				Nao		
Qualificado	Sim	Sim				
		Nao				

Fonte – Criado pelo Autor no software MSBNx

Os formulários que foram criados traduzem as combinações geradas no software de modelagem e simulação entre os fatores de risco, possibilitando aos especialistas a aplicação de um peso percentual de probabilidade de ocorrência à cada um dos fatores. Logo, para cada um dos fatores de risco foi necessário a criação de um formulário baseado nas informações geradas pela TPC.

A Figura 13 apresenta um dos formulários submetidos aos especialistas, com as respectivas informações que foram transcritas da TPC, para que fossem aplicados os pesos percentuais de probabilidade da ocorrência de um determinado fator de risco.

Figura 13 - Formulário de aplicação de pesos percentuais ao fator de risco Roubo

FORMULÁRIO PARA APLICAÇÃO DO PESO PERCENTUAL - FATOR DE RISCO: CARACTERÍSTICA INAPROPRIADA PARA O TRANSPORTE			
Especialista:			
De acordo com os exemplos mencionados para o <u>Fator de Risco</u> : CARACTERÍSTICAS INAPROPRIADAS PARA O TRANSPORTES , qual seria o percentual de probabilidade de risco destas mercadorias transportadas?			
<i>FATOR DE RISCO</i>	<i>EXEMPLOS</i>		
Características Inapropriadas para o Transporte	Carregamento e Descarregamento demorados, Características da embalagem, Carregamento inadequado, Container danificado, Excesso de carga, Carga acima do nível permitido.		
Típos de Mercadorias	% Baixa Probabilidade (Pouco Inadequado)	% Média Probabilidade (Inadequado)	% Alta Probabilidade (Muito Inadequado)
Baixo Valor			
Médio Valor			
Alto Valor			
Produtos Perigosos			

Fonte – Autor

Os demais formulários utilizados para a atribuição dos pesos percentuais aos fatores de risco, podem ser visualizados nas Figuras B-2 a B-9 no Apêndice B.

4.4. FASE ESTRUTURAL III

4.4.1. Aplicação da Média Geométrica

Na matemática, a média geométrica de um conjunto de números positivos, é definida como o produto de todos os membros do conjunto elevado ao inverso do número de membros. Conforme ilustrado na Equação-2, a média geométrica é definida como enésima raiz, na qual, n é a quantidade de termos da multiplicação (DOUGLAS, 2004).

$$\left(\prod_{i=1}^n a_i \right)^{1/n} = \sqrt[n]{a_1 a_2 \cdots a_n} \quad (2)$$

Como exemplo de um cálculo com utilização da média geométrica temos: dois números, neste caso, 2 e 8; é apenas a raiz quadrada do produto entre 2 e 8; ou seja:

$$\sqrt{(2 \cdot 8)} = 4$$

Após os especialistas atribuírem os pesos percentuais em todos os fatores de risco através dos formulários que foram submetidos, obteve-se a consolidação dos pesos percentuais para cada um dos fatores de risco através do cálculo da média geométrica a todos os pesos atribuídos.

4.4.2. Simulação de 20 Cenários de Risco

Nesta etapa, com a modelagem já efetuada, bem como, a definição dos pesos percentuais de probabilidade de ocorrência para cada um dos fatores de risco (nós), foram simulados no software MSBNx, 20 cenários de risco que ao final de cada cenário, o resultado informa o Percentual de Probabilidade de Risco da seguinte maneira: baixo risco, médio risco ou alto risco.

As simulações para cada um dos 20 cenários de risco foram realizadas através da combinação de 7 fatores de risco (Características Inapropriadas para o Transporte, Falta de Segurança, Perfil do Motorista, Tipo de Mercadoria, Condições da Rodovia, Condições do Tempo e Condições do Veículo), sendo estes fatores, considerados como primários (nós-pais), os quais influenciam a probabilidade da ocorrência dos fatores de risco Acidente e Roubo.

Os 20 cenários de risco foram transcritos para uma planilha em Excel®, de tal maneira que pudesse facilitar a compreensão de cada um desses cenários, bem como, cada um dos resultados gerados em cada simulação.

4.5. FASE ESTRUTURAL IV

4.5.1. Realização da Survey

A *survey* é um método de pesquisa qualitativa e que envolve a coleta de informações por meio de indivíduos sobre eles mesmos ou sobre as organizações às quais eles pertençam, os instrumentos utilizados são de coleta de questionários,

entrevistas ou outros meios de coleta de dados (FORZA 2002).

Também conhecida por ser um método de pesquisa empírica, a *survey* faz “uso de instrumento de coleta de dados único (em geral, um questionário) aplicado a amostras de grande tamanho com uso de técnicas de amostragem, análise e inferência estatística”. (NAKANO, 2012, p.66).

Para a validação dos resultados gerados com os fatores de risco dispostos no grafo do *software* MSBNx, foram realizadas 20 simulações de diversos cenários de risco.

A simulação de cada cenário de risco foi feita levando-se em consideração, a probabilidade de ocorrência de cada um dos fatores de risco, com base nos parâmetros definidos para cada um desses fatores. Ao final de cada simulação, o resultado gerado apresenta o grau de risco de todo o cenário simulado para o transporte rodoviário de cargas.

Logo, as 20 simulações dos cenários de risco foram transcritas e apresentadas a um grupo de profissionais em gerenciamento de risco no transporte rodoviário de carga. Este grupo de profissionais pertence ao primeiro Fórum de Gerenciamento de Risco criado no Brasil em 2017.

Assim, por meio de uma *Survey*, foi apresentado a estes profissionais, um questionário com opções que obedecem à disposição da escala *Likert* de cinco pontos.

Frequentemente, cinco níveis de resposta ordenada são usados, embora muitos defendam o uso de sete ou até nove níveis; um estudo empírico usado habitualmente em questionários (BURNS e BURNS, 2008).

Nesta pesquisa o entrevistado assinala uma das seguintes opções:

- Discordo Totalmente
- Discordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

Esta *survey* foi elaborada através de um questionário gerado pelo *Google Docs*

e, submetida a um fórum de gerenciamento de riscos constituído por 140 profissionais de Gestão de Riscos que atuam no mercado nacional.

A Figura 14 apresenta o modelo de questionário enviado para os profissionais de gestão de risco que responderam sobre o resultado de cada um dos cenários.

Figura 14 - Questionário sobre os cenários de risco

PERGUNTAS
RESPOSTAS
105

FATORES DE RISCO_CENÁRIOS

Este formulário de pesquisa tem como objetivo, captar a percepção do profissional de Gerenciamento de Risco, com base em diferentes cenários que foram elaborados de acordo com a combinação de 07 Fatores de Risco relacionados à atividade do Transporte Rodoviário de Cargas.

Cenário 01

CENÁRIO

1

Mercadoria de Baixo Valor Agregado

→

Motorista Qualificado

→

Transporte realizado com POUCA complicação

→

Transporte realizado com SEGURANÇA

→

Condições da RODOVIA: BOA

→

Condições do TEMPO: BOM

→

Veículo com até 10 Anos Fabricação

→

BAIXO RISCO para Acidente e Roubo

Resultado

Conforme o cenário acima e o resultado apresentado, escolha a sua opção: *

- Discordo Totalmente
- Discordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

Fonte – Criado pelo autor no Google Docs

A transcrição de cada um dos cenários de risco simulados através do software MSBNx, foi feita de maneira em que a disposição de cada um dos fatores de risco informados na TPC, obedecesse a uma ordem lógica e, assim, facilitasse ao máximo

a compreensão dos entrevistados no momento de atribuir as repostas. A relação dos 20 cenários de risco pode ser visualizada no Apêndice C.

No cenário 1, por exemplo, uma simulação foi criada a fim de apresentar um cenário ideal de transporte rodoviário de cargas, na qual foram considerados os seguintes fatores como:

- Tipo de mercadoria transportada (baixo valor);
- Motorista qualificado;
- Condições de transporte com pouca complicação;
- Segurança no transporte;
- Boas condições da rodovia;
- Boas condições de tempo;
- Veículo com no máximo 10 de fabricação

A combinação destes fatores durante a realização do transporte de carga pelo modal rodoviário, resultou em uma viagem com Baixo Risco para acidente e roubo.

Desta maneira, foram simulados 20 cenários de risco, sendo 10 cenários com fatores de risco parametrizados para condições favoráveis durante a atividade do transporte rodoviário de cargas e, 10 cenários com fatores de risco parametrizados para condições não-favoráveis durante a atividade do transporte rodoviário de cargas.

4.5.2. Análise de Sensibilidade

Nesta última fase da pesquisa, uma análise de sensibilidade foi desenvolvida para avaliar a consistência dos resultados gerados.

Saltelli *et al.* (2000) e Helton (1993) afirmam que foram apresentadas muitas técnicas para análise de sensibilidade tais como regressão linear ou análise de correlação, medidas de importância, índices de sensibilidade, rastreamento etc.

Este recurso possibilita identificar o quanto é possível variar a opinião do gestor na tomada de decisão, de maneira que não ocorra mudanças na classificação dos fatores (SYAMSUDDIN, 2013).

De acordo com Forza (2002), a análise de sensibilidade diz respeito a uma pesquisa confirmatória, com abordagens qualitativa e quantitativa.

A análise de sensibilidade consiste em mudanças graduais, que podem aumentar ou diminuir o percentual de probabilidade em relação ao peso atual (CHANG et al., 2007; SYAMSUDDIN, 2013).

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos através dos dados colhidos da modelagem e simulação dos cenários de riscos comuns no TRC são abordados neste capítulo.

5.1 RESULTADO DA APLICAÇÃO DA TÉCNICA DELPHI

Com a primeira participação dos 6 especialistas para atribuição do grau de importância à cada um dos 16 fatores de risco com uma pontuação classificada em: 1 para baixa importância, 2 para média importância e 3 para alta importância, foi possível então, por meio da técnica Delphi, identificar o fator de risco com menor pontuação na somatória geral e, assim, excluir este fator uma vez que, na concepção dos especialistas, é um fator de risco considerado menos relevante à operação do TRC.

Desta forma, de acordo com o resultado verificado em todos os questionários preenchidos e, conforme o entendimento dos especialistas, o fator de risco Condições de Tráfego indicava ser o fator que não representava grande relevância para a atividade do TRC.

A Tabela 5 abaixo, apresenta o resultado consolidado referente ao grau de importância que foi dado à cada um dos fatores de risco, o qual indica o fator de risco Condições de Tráfego com a menor pontuação. A tabela completa pode ser verificada no Apêndice D.

Tabela 5 - Tabela com técnica Delphi

TABELA - TÉCNICA DELPHI									
FATORES DE RISCO (MACRO)	CONCEITOS	EXEMPLOS	ESP 1	ESP 2	ESP 3	ESP 4	ESP 5	ESP 6	Total
Características Inapropriadas para o Transportes	Entre todos os modais de transporte, o rodoviário, seja o mais adequado para o transporte de mercadorias, quer seja internacionalmente na exportação ou na importação, quer seja no transporte nacional, bem como, nos deslocamentos de curtas e médias distâncias. O transporte rodoviário é bastante recomendado para o transporte de mercadorias de alto valor agregado ou perecível.	Carregamento e Descarregamento demorados, Características de embalagem, Carregamento inadequado, Contêiner danificado, Excesso de carga, Carga acima do nível permitido.	3	2	2	2	1	2	12
Condição das Rodovias	Estradas inseguras, altamente congestionadas e, em diversas partes, deterioradas. Essa realidade das rodovias brasileiras atrapalha o fluxo de transporte de distribuição e ocasiona problemas com atrasos. Contudo, contrastes nas estradas resultam no descumprimento do prazo de entrega, mais um dos fatores que, junto com as avarias, são fontes de transtornos e reclamações por parte dos clientes.	Com buracos, com forte inclinação, com curvas acentuadas, com falta de estrutura, monótonas, com tráfego pesado, desconhecidas, com pedágios, manifestação, em manutenção, com bloqueio, Via de Mão Dupla, Via de Mão Única, Serviço de emergência inadequado, Objeto fixo na pista, Objeto inesperado na pista, Animal na Pista, Pedestre	2	3	3	2	2	1	13
Comportamento do Motorista	O comportamento é definido como o conjunto de reações de um sistema dinâmico face às interações e renovação propiciadas pelo meio onde está envolvido. Exemplos de comportamentos são: comportamento social, comportamento humano, comportamento informacional (o que o indivíduo faz com relação à informação), etc.	Consumo de álcool, Consumo de drogas, Dirigir após o efeito de estimulantes, Fadiga, Cansaço, Stress, Pânico, Imprudência, Erro, Excesso de horas ao volante, Excesso de Km percorridos durante o ano, Excesso de trabalho após o carregamento, Falta de atenção, Poucas horas de sono, Não cumprir as regras de trânsito, Uso de aparelho celular, Ultrapassagem perigosa, Ultrapassagem irregular, Falta da distância de segurança entre veículos, Perda do controle da direção, Curto espaço do veículo à frente, Falha ao verificar o espelho retrovisor	3	3	3	3	3	3	18
Condições de Luminosidade	Implica na condição de visualização durante a viagem, bem como, pode interferir em questões relacionadas ao sono e/ou cansaço, bem como, no grau de visibilidade de um objeto e/ou ambiente.	Dirigir à noite, dirigir ao anoitecer, dirigir no início da tarde, dirigir no fim da tarde, dirigir de madrugada.	2	2	3	2	2	2	13
Condições do Tempo	É baseado em dados de diferentes áreas, como a visualização do céu e análise da formação de nuvens, a temperatura observada, a pressão atmosférica	Chuva, Nebulina, Temporal.	1	2	2	2	2	2	11
Condições de Tráfego	Consiste na utilização das vias por veículos motorizados, veículos não motorizados, pedestres e animais de tração, para fins de circulação, parada passageira ou estacionamento.	Intenso, Lento.	1	1	1	1	2	1	7
Condições do Veículo	É um fator muito importante a ser considerado na ocorrência de acidentes, sendo as condições do veículo responsáveis por um número enorme dos acidentes ocorridos em trânsito, normalmente envolvendo outros veículos, pedestres, animais e o patrimônio público.	Cabinas mal projetadas, Cabinas ruins, Condições ruins de conservação, Muito tempo de fabricação (modelos velhos), Falta de manutenção, Falhas do equipamento, Estouro de pneus, Problemas nas rodas, Tamanho do veículo, Tipo do veículo, Veículo pesado, Sem ventilação ou refrigeração, Válvulas do tanque com defeito, Tanques danificados, Tecnologia.	2	2	1	3	3	2	13

Fonte - Autor

O fator de risco Condições de Tráfego com um total de 7 pontos, foi considerado pelos especialistas, um fator menos relevante à operação de transporte rodoviário de cargas e, por esta razão, foi desconsiderado nesta etapa da pesquisa e, assim, a quantidade de fatores de risco mais relevantes para o TRC passou para 15.

Em complemento aos resultados obtidos após a atribuição do grau de importância à cada um dos 16 fatores de risco, a Figura 15 demonstra todos os fatores de risco com os respectivos pesos finais, mediante o grau de importância que cada um representa na atividade do transporte rodoviário de cargas.

Figura 15 - Gráfico dos fatores de risco com o peso final do grau de importância



Fonte – Autor

5.2 AGRUPAMENTO DOS FATORES DE RISCO

Com a identificação e seleção dos 15 fatores de risco, para que fosse criada uma relação de interdependência, foi possível realizar um agrupamento destes fatores, pois, as características de alguns são muito semelhantes e, assim, possibilitou na junção dos fatores: comportamento do motorista e perfil do motorista, tipos de mercadoria e produtos perigosos, roubo e furto.

A Tabela 6 apresenta os 3 fatores de risco resultantes do agrupamento dos 6 fatores de risco originais.

Tabela 6 - Agrupamento dos fatores de risco

AGRUPAMENTO DOS FATORES DE RISCO		
Fator de Risco Original	Exemplos	Fator de Risco Agrupado
Comportamento do Motorista	Consumo de álcool, Consumo de drogas, Dirigir após o efeito de estimulantes, Fadiga, Cansaço, Stress, Pânico, Imprudência, Erro, Excesso de horas ao volante, Excesso de Km percorridos durante o ano, Excesso de trabalho após o carregamento, Falta de atenção, Poucas horas de sono, Não cumprir as regras de trânsito, Uso de aparelho celular, Ultrapassagem perigosa, Ultrapassagem irregular, Falta da distância de segurança entre veículos, Perda do controle da direção, Curto espaço do veículo à frente, Falha ao verificar o espelho retrovisor	Perfil do Motorista
Perfil do Motorista	Idade, Problemas familiares, Problema emocional, Problemas psicológico, Problema de saúde, Condição social, Nível de treinamento, Tipo de habilitação, Nível de capacitação, Alimentação Ruim.	
Tipos de Mercadorias	Alimentícios, Cigarros, Metais, Eletrônicos, Farmacêuticos, Bebidas, Calçados, Minério, Utensílios domésticos, Vestuário.	Tipos de Mercadoria
Produtos Perigosos	Combustíveis, Tintas, Solventes, Vernizes, Amônia, LPG, Cloro, Defensivos agrícolas, Nível de Toxicidade da Carga, Risco ao meio ambiente.	
Roubo	Carga, Caminhão, Containers, Paletes, Sequestro, Desengate da carreta, Transbordo da carga, Homicídio, Estupro, Agressão.	Roubo
Furto	Parcial, Total, Desvio da Carga, Apropriação Indébita, Perda da Carga.	

Fonte - Autor

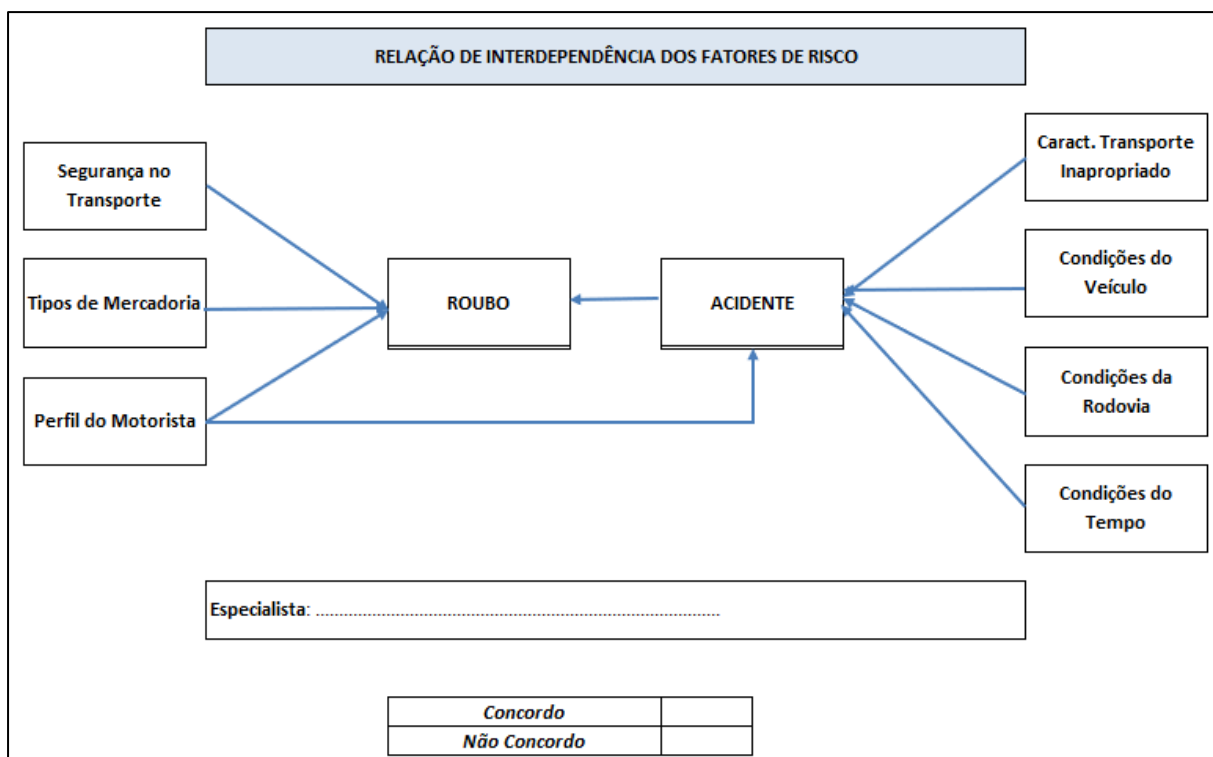
Com o agrupamento desses 6 fatores de risco, a partir deste momento da pesquisa, passou-se de 15 para 9 fatores.

Em seguida, foi criada uma relação de interdependência destes fatores, a qual foi representada por meio do gráfico na Figura 16 e, submetido para a análise dos 6 especialistas que ao final, responderam se concordavam ou não com a relação de interdependência apresentada.

Neste gráfico que representa a relação de interdependência dos fatores de risco, 7 fatores foram posicionados de maneira que em uma atividade do TRC podem ocorrer como variáveis de entrada (segurança no transporte, tipos de mercadoria, perfil do motorista, características transporte inapropriado, condições do veículo, condições da rodovia e condições do tempo) e, por consequência, os 2 fatores de risco restantes (acidente e roubo) são variáveis de saída.

A Figura 16 apresenta um modelo gráfico contendo os 9 fatores de risco com suas relações de interdependência, que foi submetido para análise dos especialistas.

Figura 16 - Modelo da relação de interdependência dos 9 fatores de risco



Fonte – Autor.

Após a análise, os especialistas foram unânimes em concordar com a relação de interdependência apresentada para estes fatores de risco.

Sendo assim, para esta pesquisa, foi elaborado e apresentado o primeiro grafo de uma Rede Bayesiana contendo os fatores de risco mais recorrentes na atividade do transporte rodoviário de cargas, na qual estes fatores de risco são dispostos como variáveis de Entrada que exercem influências diretas sobre as variáveis de Saída.

No grafo apresentado, os fatores de risco considerados como variáveis de Entrada são:

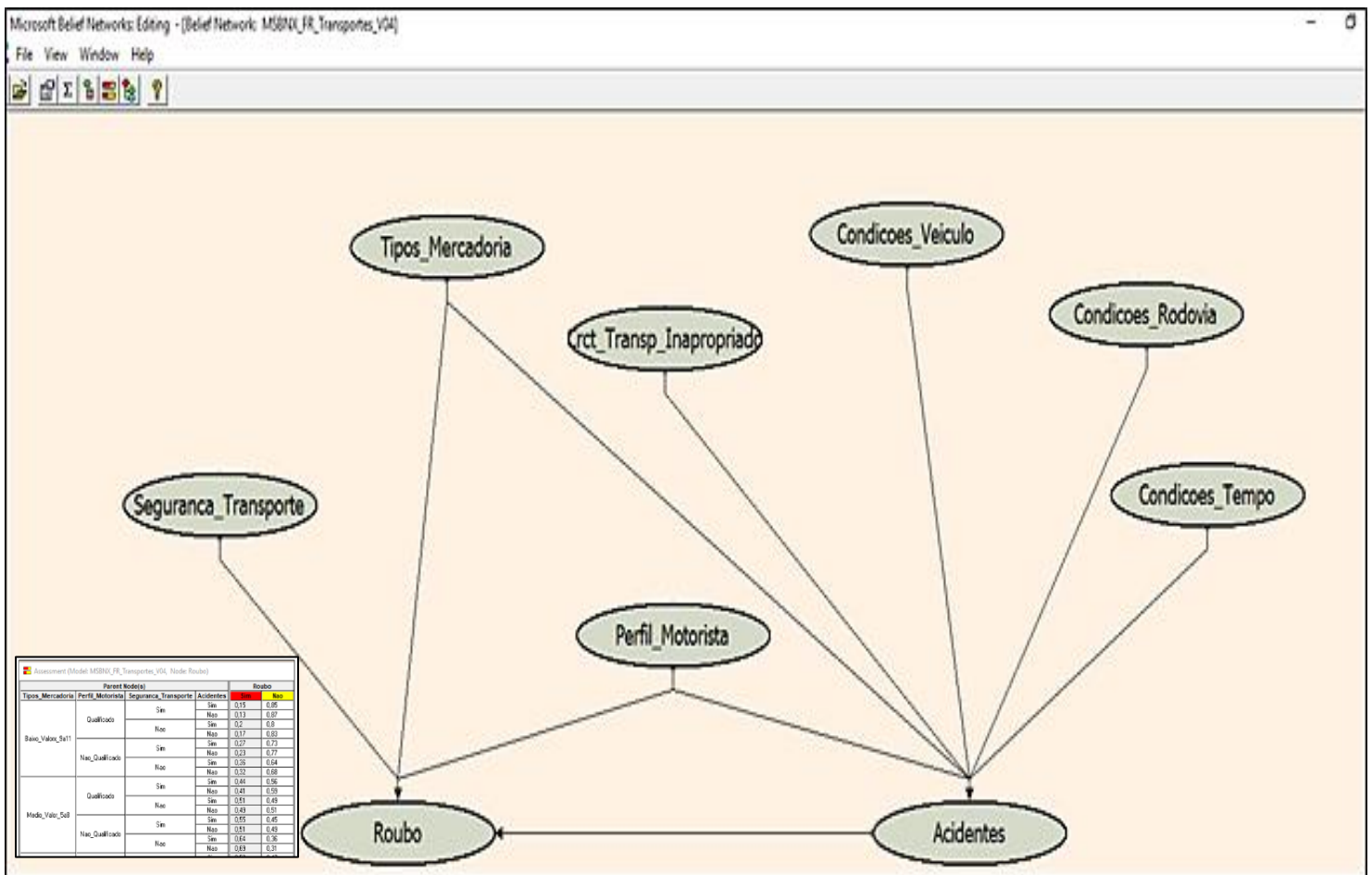
- Falta de Segurança no Transporte;
- Tipos de Mercadoria;
- Características Inapropriadas para o Transporte;
- Perfil do Motorista;
- Condições do Veículo;
- Condições da Rodovia;
- Condições Tempo;

Já os fatores de risco considerados como variáveis de Saída são:

- Acidentes;
- Roubo;

A Figura 17 apresenta o grafo desenvolvido com os 9 fatores de risco definidos para o modelo e, o fator de risco Roubo, com parte de sua TPC gerada.

Figura 17 - Grafo da Rede Bayesiana gerado através do software MSBNx



Fonte – Autor, criado no software MSBNx

Uma vez que a relação de dependência entre os 9 fatores de risco foi validada pelos especialistas, através da utilização do software de modelagem e simulação MSBNx, foi criado um grafo contendo a Rede Bayesiana com os principais fatores de risco relacionados à atividade do TRC.

5.3 ATRIBUIÇÃO DE PESOS PERCENTUAIS AOS FATORES DE RISCO

Uma vez definida a relação de interdependência entre os fatores de risco, foi necessário realizar a atribuição dos pesos percentuais à cada um desses fatores. A atribuição destes pesos visa classificar um percentual da probabilidade da ocorrência de um determinado fator de risco durante a atividade no transporte rodoviário de cargas.

Novamente, houve a participação dos 6 especialistas para aplicarem cada um — de acordo com sua percepção — o peso percentual de probabilidade aos fatores de risco.

A relação de interdependência que foi definida anteriormente, entre os fatores de risco, indica uma condição da probabilidade de ocorrência de um ou mais fatores durante a atividade do transporte rodoviário de cargas.

Portanto, uma vez que a estruturação do grafo da Rede Bayesiana através do software de modelagem e simulação foi efetuada com os devidos fatores de risco já posicionados de acordo com a relação de interdependência, para cada um desses fatores, é gerado uma CPT.

Com base nas combinações geradas para cada um dos 9 fatores de risco inseridos no software de modelagem e simulação MSBNx, foram gerados formulários para cada um dos fatores e, submetidos aos especialistas.

Com a devolução desses formulários devidamente preenchidos pelos especialistas, foi possível aplicar a média geométrica para cada um dos fatores de risco e, assim, obter o resultado do peso percentual final para cada um desses fatores.

5.4 RESULTADOS DA MÉDIA GEOMÉTRICA

A aplicação da média geométrica sobre os pesos percentuais que foram atribuídos pelos 6 especialistas à cada um dos fatores de risco, garantiu o resultado que servirá como informação necessária para o preenchimento da TPC de cada um dos fatores.

Uma vez obtida as médias geométricas de todos os 9 fatores de risco que compõe a Rede Bayesiana, foi feito a inserção dessas médias dentro da TPC de cada

um dos fatores e, assim, foi possível realizar as primeiras simulações de cenários de risco para o transporte rodoviário de cargas.

A Tabela 7 demonstra o resultado da média geométrica do fator de risco Roubo e, a Figura 18, a TPC correspondente já preenchida com os pesos percentuais finais.

As demais tabelas com os resultados da média geométrica para todos os fatores de risco poderão ser verificadas no Apêndice E.

Tabela 7 - Resultado da média geométrica para o fator de risco Roubo

Resultado da Média Geométrica - Fator de Risco: ROUBO				
<i>Tipos de Mercadorias</i>	<i>Perfil Motorista</i>	<i>Falta de Segurança</i>	<i>Acidentes</i>	<i>% de Probabilidade de ocorrer o Roubo</i>
Baixo Valor	Qualificado	Sim	Se houver	15
			Se não houver	13
Baixo Valor	Qualificado	Não	Se houver	20
			Se não houver	17
Baixo Valor	Não Qualificado	Sim	Se houver	27
			Se não houver	23
Baixo Valor	Não Qualificado	Não	Se houver	36
			Se não houver	32
<i>Tipos de Mercadorias</i>	<i>Perfil Motorista</i>	<i>Falta de Segurança</i>	<i>Acidentes</i>	<i>% de Probabilidade de ocorrer o Roubo</i>
Médio Valor	Qualificado	Sim	Se houver	44
			Se não houver	41
Médio Valor	Qualificado	Não	Se houver	51
			Se não houver	49
Médio Valor	Não Qualificado	Sim	Se houver	55
			Se não houver	51
Médio Valor	Não Qualificado	Não	Se houver	64
			Se não houver	69
<i>Tipos de Mercadorias</i>	<i>Perfil Motorista</i>	<i>Falta de Segurança</i>	<i>Acidentes</i>	<i>% de Probabilidade de ocorrer o Roubo</i>
Alto Valor	Qualificado	Sim	Se houver	53
			Se não houver	44
Alto Valor	Qualificado	Não	Se houver	70
			Se não houver	63
Alto Valor	Não Qualificado	Sim	Se houver	83
			Se não houver	75
Alto Valor	Não Qualificado	Não	Se houver	96
			Se não houver	90
<i>Tipos de Mercadorias</i>	<i>Perfil Motorista</i>	<i>Falta de Segurança</i>	<i>Acidentes</i>	<i>% de Probabilidade de ocorrer o Roubo</i>
Produtos Perigosos	Qualificado	Sim	Se houver	1
			Se não houver	1
Produtos Perigosos	Qualificado	Não	Se houver	10
			Se não houver	15
Produtos Perigosos	Não Qualificado	Sim	Se houver	51
			Se não houver	49
Produtos Perigosos	Não Qualificado	Não	Se houver	22
			Se não houver	78

Fonte – Autor

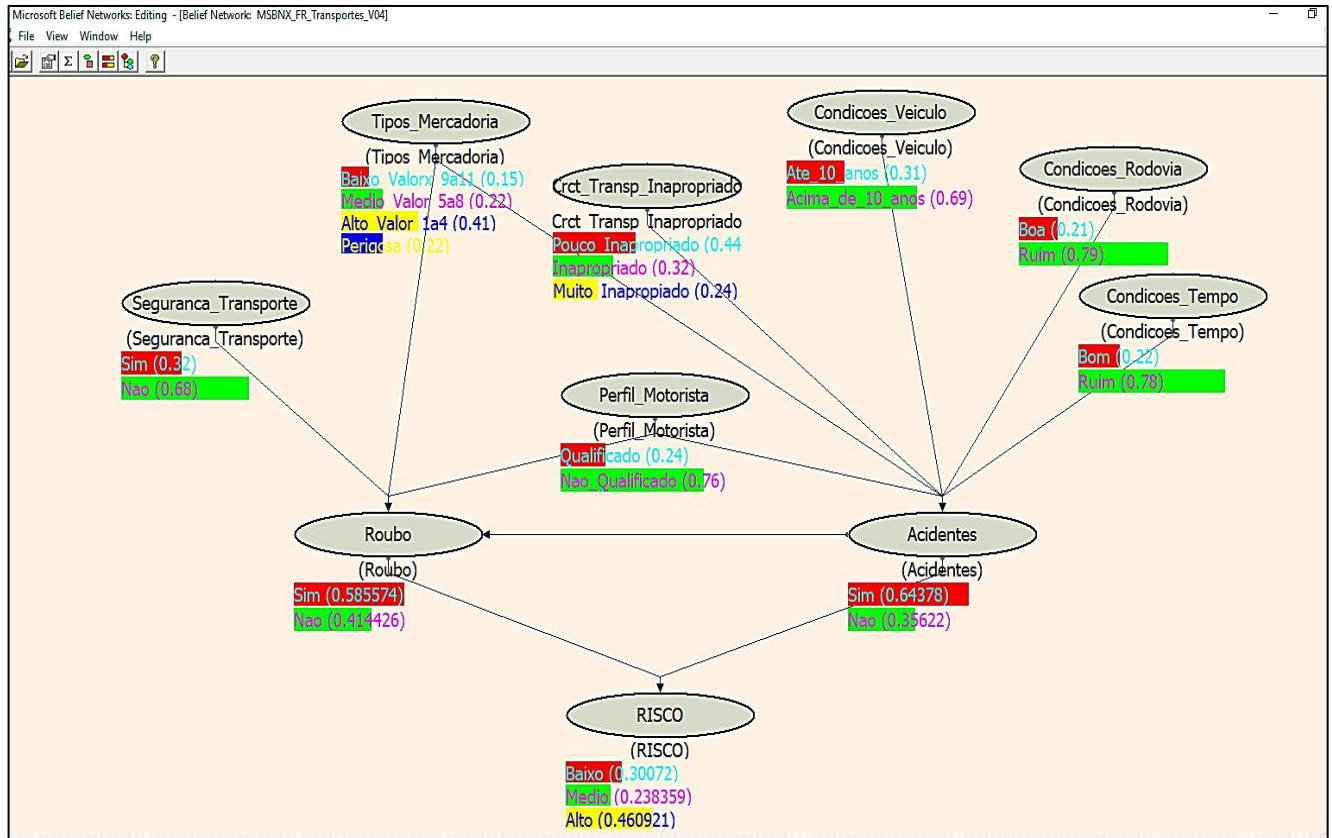
Figura 18 - TPC do fator de risco Roubo preenchida

Assessment (Model: MSBNX_FR_Transportes_V04, Node: Roubo)					
Parent Node(s)				Roubo	
Tipos_Mercadoria	Perfil_Motorista	Seguranca_Transporte	Acidentes	Sim	Nao
Baixo_Valorx_9a11	Qualificado	Sim	Sim	0,15	0,85
			Nao	0,13	0,87
	Nao	Nao	Sim	0,2	0,8
			Nao	0,17	0,83
	Nao_Qualificado	Sim	Sim	0,27	0,73
			Nao	0,23	0,77
Nao	Nao	Sim	0,36	0,64	
		Nao	0,32	0,68	
Medio_Valor_5a8	Qualificado	Sim	Sim	0,44	0,56
			Nao	0,41	0,59
	Nao	Nao	Sim	0,51	0,49
			Nao	0,49	0,51
	Nao_Qualificado	Sim	Sim	0,55	0,45
			Nao	0,51	0,49
Nao	Nao	Sim	0,64	0,36	
		Nao	0,69	0,31	
Alto_Valor_1a4	Qualificado	Sim	Sim	0,53	0,47
			Nao	0,44	0,56
	Nao	Nao	Sim	0,7	0,3
			Nao	0,63	0,37
	Nao_Qualificado	Sim	Sim	0,83	0,17
			Nao	0,75	0,25
Nao	Nao	Sim	0,96	0,04	
		Nao	0,9	0,1	
Perigosa	Qualificado	Sim	Sim	0,01	0,99
			Nao	0,01	0,99
	Nao	Nao	Sim	0,1	0,9
			Nao	0,15	0,85
	Nao_Qualificado	Sim	Sim	0,51	0,49
			Nao	0,49	0,51
Nao	Nao	Sim	0,22	0,78	
		Nao	0,78	0,22	

Fonte – Autor

A Figura 19 apresenta o grafo da Rede Bayesiana com os devidos pesos percentuais já aplicados aos 9 fatores de risco, bem como, a variável (nó) Risco que determina a probabilidade de ocorrência para um determinado cenário simulado.

Figura 19 - Grafo da Rede Bayesiana com os 9 fatores de risco



Fonte – Autor, criado no software MSBNx

Observa-se que na Figura 19 acima, o grafo com os 9 fatores de risco com a relação de interdependência e seus parâmetros definidos. Neste grafo apresenta-se também, a probabilidade final do risco calculado no último Nó, o qual determina a probabilidade do risco, em geral como: baixo, médio ou alto.

5.5 SIMULAÇÃO DE 20 CENÁRIOS

Nesta etapa, já com a definição do grafo da Rede Bayesiana com os seus devidos nós (fatores de risco), contendo os pesos percentuais de probabilidade de ocorrência conforme parâmetros já definidos, foram simulados 20 possíveis cenários de risco envolvendo todos estes fatores de risco recorrentes na atividade do TRC.

Dos 20 cenários de risco, 10 cenários foram simulados considerando as melhores condições envolvendo todos os fatores de risco de Entrada, de forma a observar a menor probabilidade de ocorrência desses fatores. Da mesma maneira, os outros 10 cenários foram simulados considerando as piores condições dos fatores de risco de Saída de forma a observar a maior probabilidade de ocorrência desses

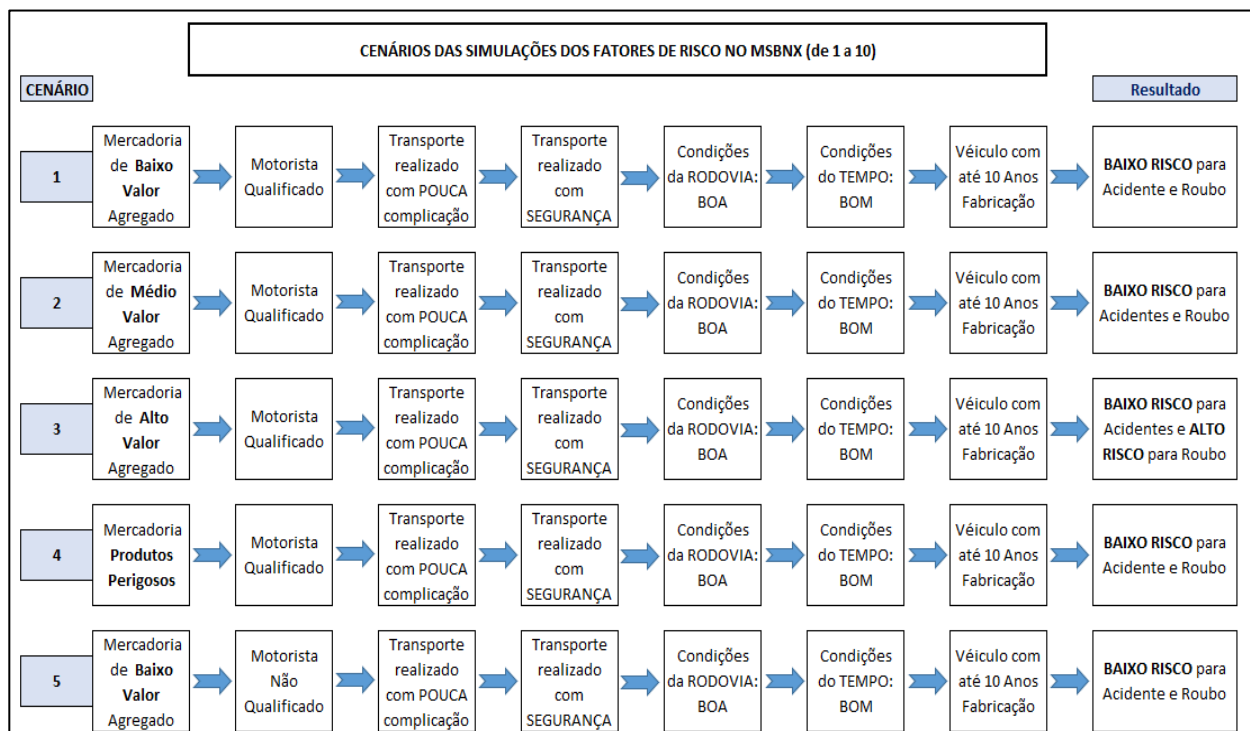
fatores.

Uma vez realizadas as 20 simulações dos cenários de risco, cada cenário foi transcrito para uma planilha Excel com o intuito de possibilitar, a verificação do resultado gerado para cada um dos cenários de risco.

A transcrição, foi feita com base nas combinações dos fatores de risco e seus resultados individuais, para que desta forma facilitasse ao máximo, a compreensão dos resultados em cada um dos cenários.

A Figura 20 apresenta a planilha com a transcrição de parte da simulação dos cenários de risco gerados através do software MSBNx. A figura mostra apenas parte da planilha contendo 5 cenários de risco, sendo que a planilha completa pode ser encontrada no Apêndice C.

Figura 20 - Planilha com a transcrição da simulação dos cenários de risco



Fonte – Autor

Ao observar os cenários 1, 2, 3 e 4 os resultados apontam para a atividade ocorrendo com uma probabilidade de baixo risco. Nestes 4 primeiros cenários simulados, independentemente do tipo de mercadoria transportada, observa-se que o fator de risco Tipo de Motorista está parametrizado como qualificado e, o envolvimento dos demais fatores de risco, foram parametrizados com as melhores condições em

que cada um pudesse ocorrer.

O cenário 5, mesmo quando o fator de Tipo de Motorista é parametrizado como não qualificado, uma vez que os demais fatores de risco possam ocorrer de maneira favorável, o resultado permanece como baixo risco.

5.6 APLICAÇÃO DA SURVEY

Para validação dos resultados gerados através da simulação dos 20 cenários de risco, com o intuito de se obter uma segunda validação, foi realizada uma *survey* contendo todos os resultados obtidos através da simulação dos 20 cenários no software MSBNx.

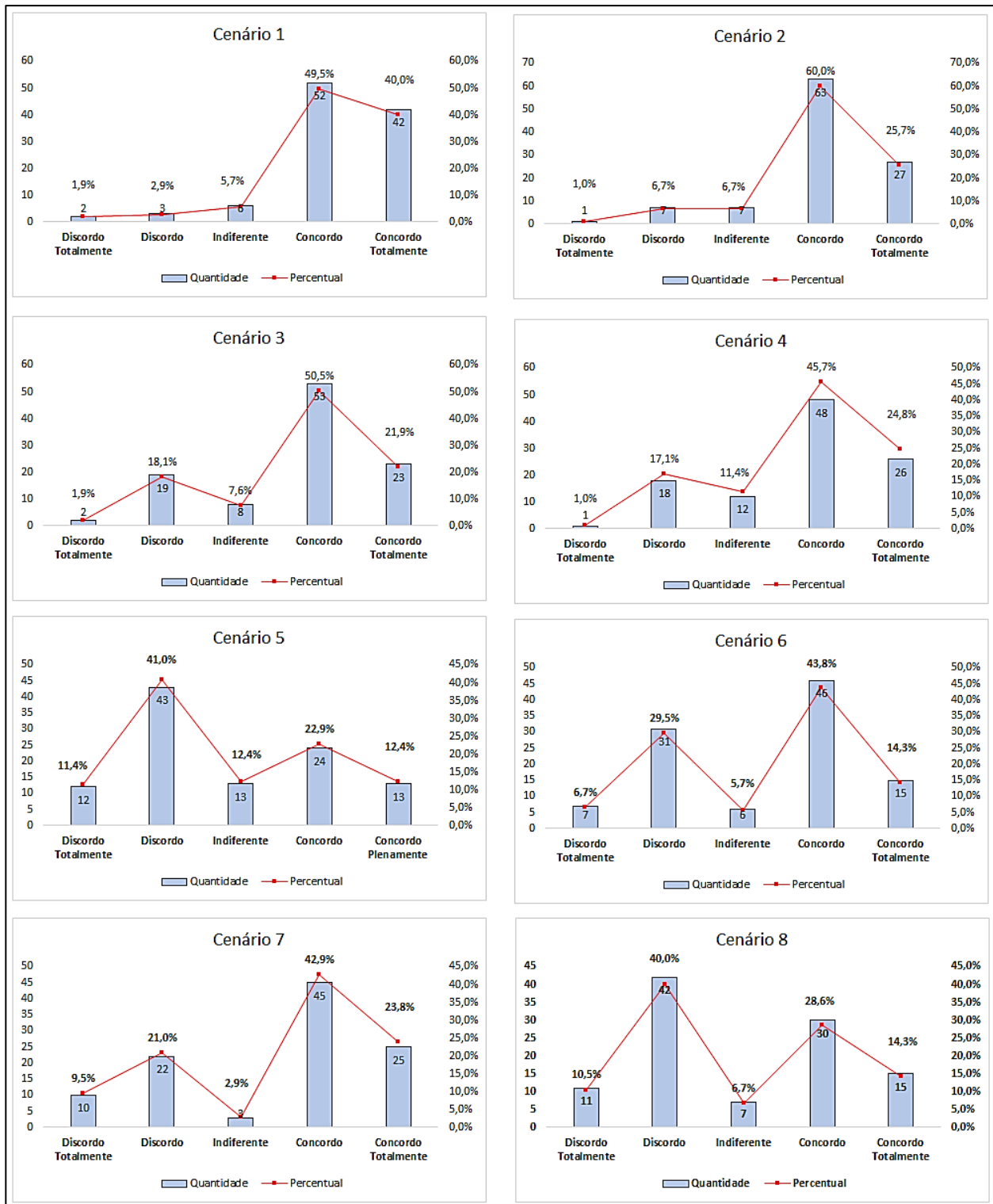
Esta *survey* foi elaborada no *Google Docs* e submetida a um Fórum de Gerenciamento de Riscos (GR) constituído por 140 profissionais em gestão de riscos atuantes na atividade do transporte rodoviário de cargas no mercado nacional.

Considerado como o primeiro fórum de gerenciamento de risco de transporte de cargas constituído no Brasil desde 2017, este Fórum de GR reúne profissionais atuantes no mercado de transporte rodoviário de cargas, por meio de empresas ligadas à: seguradoras, corretoras, empresas de gerenciamento de risco de transporte, consultorias em gerenciamento de risco e empresas de segurança.

Dentro deste Fórum de GR, foram obtidas 105 respostas que correspondem a 75% do universo de entrevistados, onde o erro amostral é de aproximadamente, 4,8%.

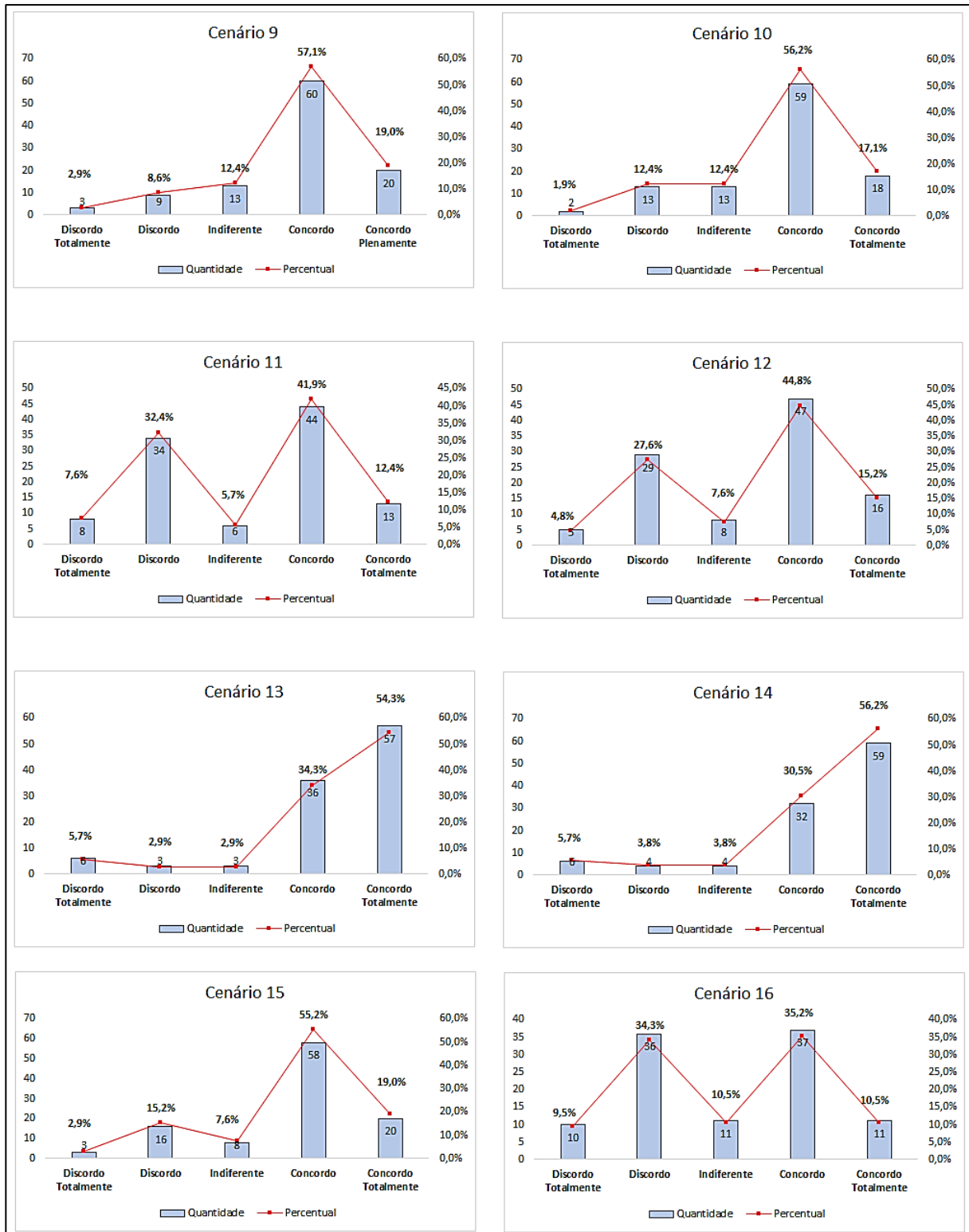
Os resultados da *survey* por cenário de risco podem ser observados nos gráficos das Figuras 21 a 23:

Figura 21 - Resultados da *survey* por cenário de risco (parte 1)

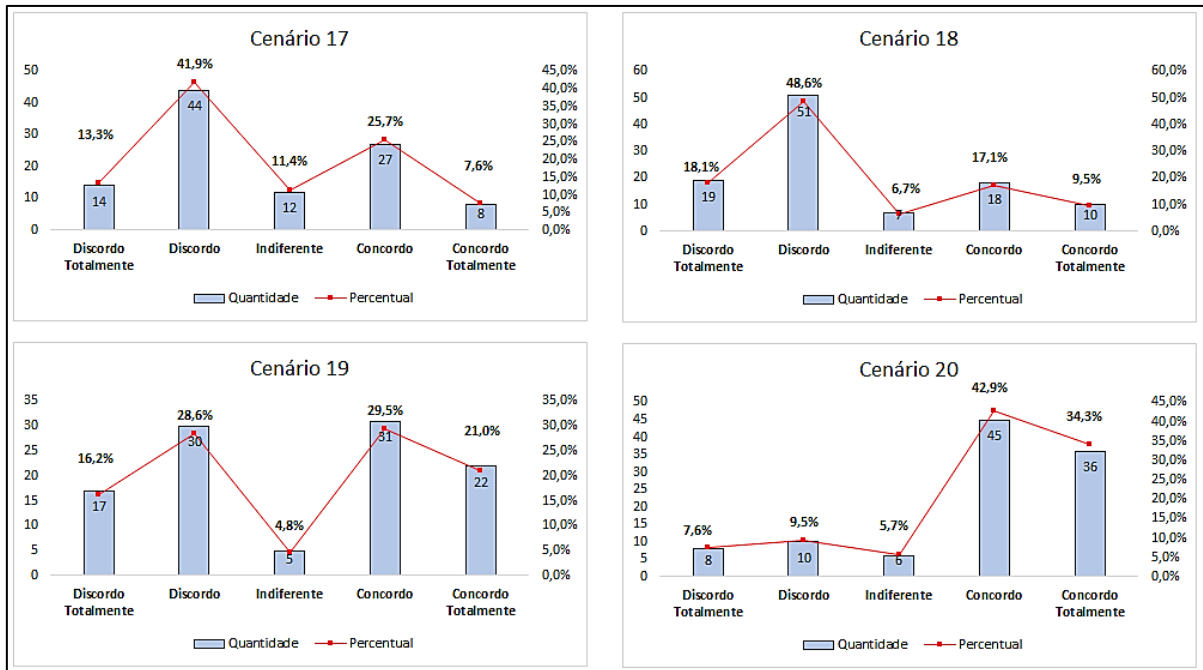


Fonte - Autor

Figura 22 - Resultados da survey por cenário de risco (parte 2)



Fonte - Autor

Figura 23 - Resultados da *survey* por cenário de risco (parte 3)

Fonte - Autor

O resultado da *survey* demonstra a percepção dos entrevistados com relação ao resultado gerado para cada um dos cenários de risco simulados.

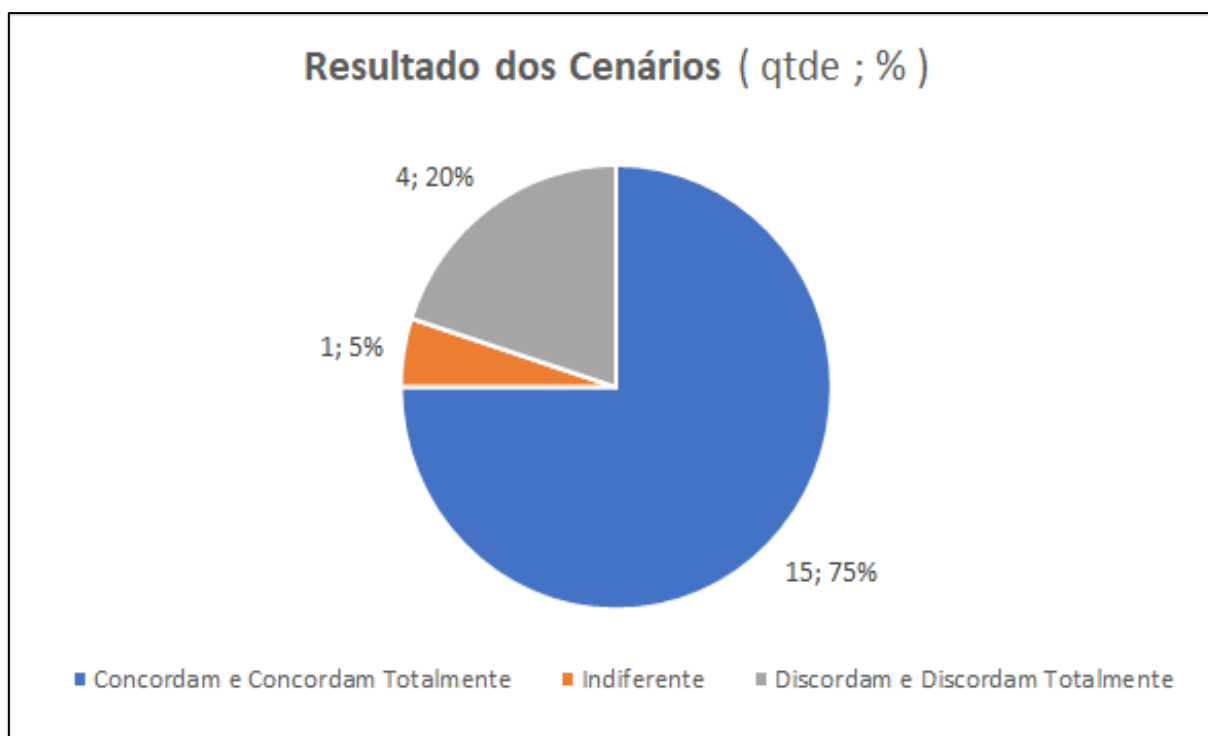
Os gráficos dos 4 primeiros cenários, mostram a percepção dos entrevistados, onde se percebe que a maioria optou por Concordo e Concordo Totalmente com os resultados gerados nas simulações destes 4 primeiros cenários.

Dentre os 20 cenários, com exceção dos cenários 5, 8, 16, 17, 18 e 19, é possível observar que há uma predominância entre os que Concordam e Concordam Totalmente com os resultados gerados.

Os cenários 5, 8, 17 e 18 são notoriamente cenários que Discordam. O cenário 16, por conta da diferença da soma entre todos que concordam e todos que discordam ser menor que o erro amostral de 4,8%, considerou-se este cenário Indiferente. Já o cenário 19 foi considerado entre os que Concordam e Concordam Totalmente, por conta da diferença (5,7%) da soma entre todos que concordam e todos que discordam ser maior que o erro amostral de 4,8%.

A Figura 24, apresenta um gráfico que consolida estes 20 cenários. Assumindo que a posição Indiferente seja a concordância com a maioria, tem-se um total de 80% dos cenários que evidenciam a confirmação e validação do resultado, do modelo proposto.

Figura 24 – Gráfico com consolidação das respostas dos cenários simulados



Fonte: o Autor

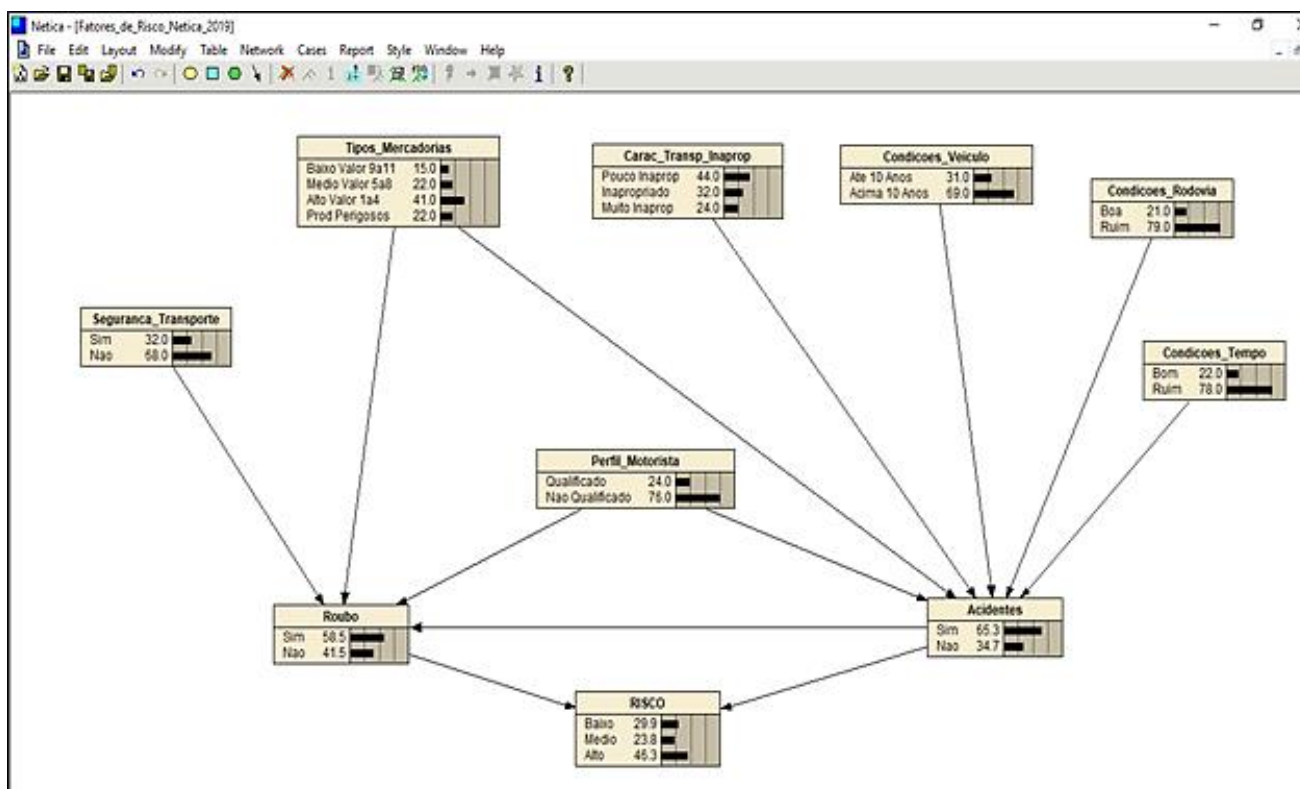
Logo, evidencia-se que a percepção da maioria dos entrevistados está de acordo com os resultados das simulações geradas para os cenários de risco.

5.7 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A realização da análise de sensibilidade, diz respeito a uma pesquisa confirmatória, com abordagem qualitativa e quantitativa. De acordo com Forza (2002), recomenda-se que seja feita uma pesquisa de caráter confirmatório quando o conhecimento tiver sido articulado de forma teórica, utilizando conceitos, modelos e proposições bem definidos.

Para realizar a análise de sensibilidade, utilizou-se o software de modelagem e simulação NETICA® ilustrada na Figura 25, onde foi gerado um grafo contendo os 9 fatores de risco já selecionados e utilizados anteriormente no software MSBNx.

Figura 25 - Grafo da Rede Bayesiana gerado pelo software NETICA®



Fonte – Autor, criado no software NETICA®

Utilizando-se da mesma disposição dos fatores de risco criado anteriormente no software MSBNx, utilizou-se o software NETICA® para o cálculo da análise de sensibilidade do modelo.

Esta análise de sensibilidade serviu para corroborar os resultados demonstrados por meio das simulações, onde a alteração de um parâmetro de um determinado fator de risco “nó-pai”, influencia diretamente no resultado do fator de risco “nó-filho”.

Para validação deste modelo, a medida em que ocorreram as variações nos parâmetros dos fatores de risco Tipo de Mercadoria e Perfil do Motorista (Nós-Pais), automaticamente, os fatores de risco Roubo e Acidentes (Nós-Filhos), sofreram modificações quanto à sua probabilidade de ocorrência.

Esta validação demonstrou que, por exemplo:

- Se o parâmetro do fator de risco, Tipos de Mercadoria aumenta a probabilidade de ocorrência do fator de risco Roubo também aumenta;

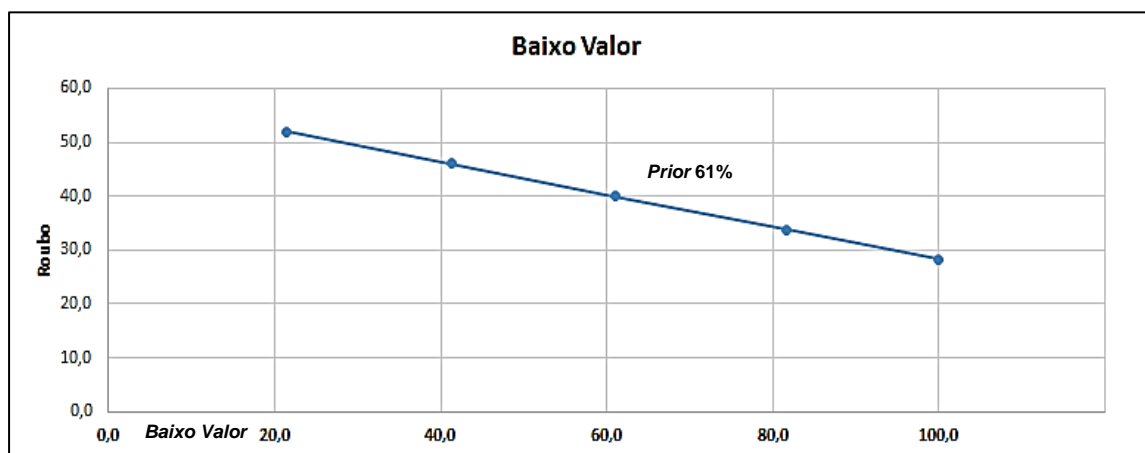
- O mesmo acontece se o parâmetro do fator de risco, Perfil do Motorista aumenta, a probabilidade de ocorrência do fator de risco Acidente também irá aumentar.

Para esta análise, as alterações nos parâmetros dos fatores de risco (Nós-Pais) foram de 20% em 20%.

As figuras 26, 27, 28 e 29 apresentam em gráficos a probabilidade da ocorrência do roubo em relação ao tipo de mercadoria transportada, seja ela, de baixo, médio, alto valor ou produtos perigosos.

Logo, na atividade de transporte rodoviário de cargas, o tipo de mercadoria transportada é um fator de risco (Nó-Pai) com influência direta sobre fator de risco roubo (Nó-Filho).

Figura 30 - Análise de sensibilidade do fator de risco
Roubo - Baixo Valor



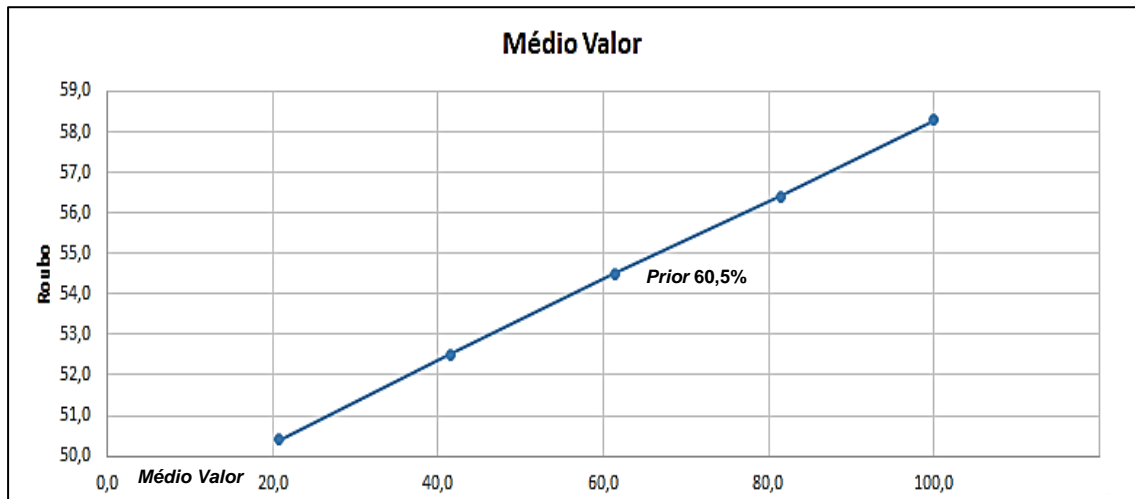
Fonte: o Autor

Como exemplo, observa-se na Figura 26, para uma carga transportada com mercadoria de baixo valor, o percentual de volume transportado com este tipo de mercadoria, irá incidir nas seguintes probabilidades para a ocorrência de roubo.

- 21,5% mercadoria de baixo valor = 52% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 41,3% mercadoria de baixo valor = 46% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 61% mercadoria de baixo valor = 40% de probabilidade de ocorrência de roubo.

- 81,7 mercadoria de baixo valor = 34% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 100% mercadoria de baixo valor = 28% de probabilidade de ocorrência de roubo.

Figura 38 - Análise de sensibilidade do fator de risco
Roubo - Médio Valor

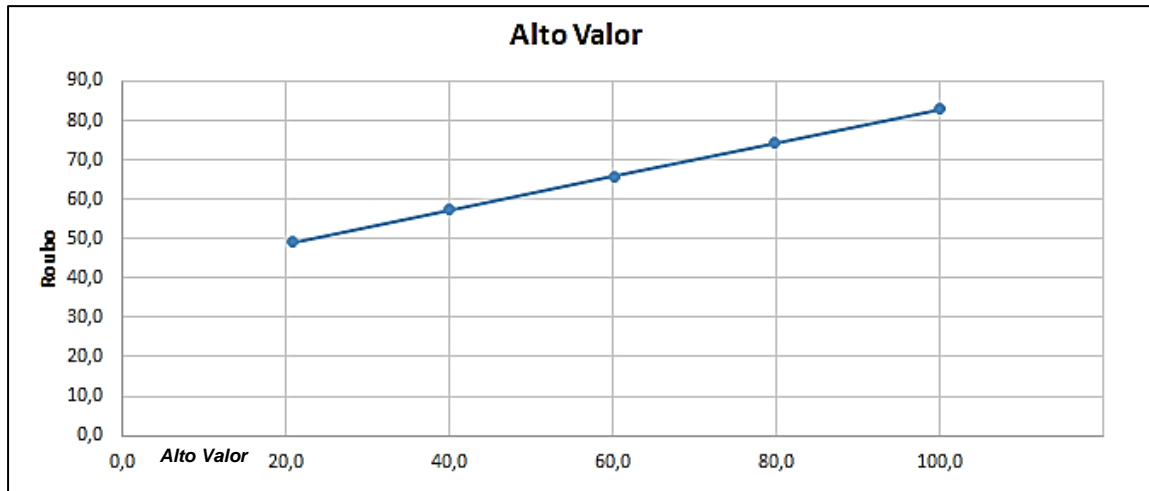


Fonte – Autor

Na Figura 27:

- 20,6% mercadoria de médio valor = 50% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 41,3% mercadoria de médio valor = 53% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 60,5% mercadoria de médio valor = 54% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 81% mercadoria de médio valor = 50% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 100% mercadoria de médio valor = 58% de probabilidade de ocorrência de roubo.

Figura 46 - Análise de sensibilidade do fator de risco
Roubo - Alto Valor

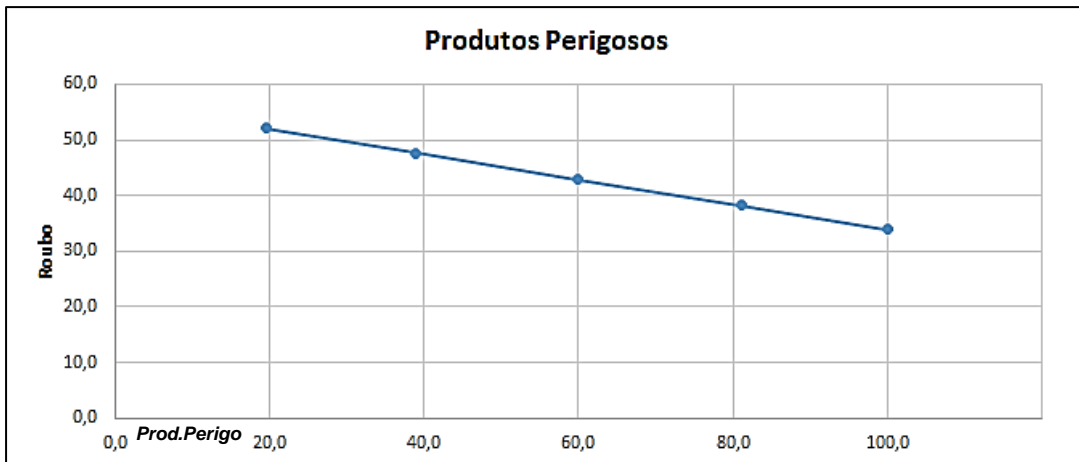


Fonte – Autor

Na Figura 28:

- 20,9% mercadoria de alto valor = 49% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 40,1% mercadoria de alto valor = 57% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 60,2% mercadoria de alto valor = 66% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 79,7 % mercadoria de alto valor = 74,2% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 100% mercadoria de alto valor = 83% de probabilidade de ocorrência de roubo.

Figura 55 - Análise de sensibilidade do fator de risco
Roubo - Produtos Perigosos



Fonte – Autor

Na Figura 29:

- 19,5% mercadoria produtos perigosos = 52% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 39,0% mercadoria produtos perigosos = 48% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 59,9% mercadoria produtos perigosos = 43% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 81% mercadoria produtos perigosos = 38% de probabilidade de ocorrência de roubo.
- 100% mercadoria produtos perigosos = 34% de probabilidade de ocorrência de roubo.

Ao realizar a análise de sensibilidade, o fator de risco Roubo em relação ao Tipo de Mercadoria Transportada, comprova que a quantidade transportada de um determinado tipo de mercadoria pode determinar a probabilidade da ocorrência de um fator de risco, neste caso, o roubo. Contudo, o fato de um veículo transportar 100% de um determinado tipo de produto ou carga, não significa que a probabilidade da ocorrência de roubo será na mesma proporção.

Desta forma, nos exemplos acima mencionados pode-se destacar o seguinte:

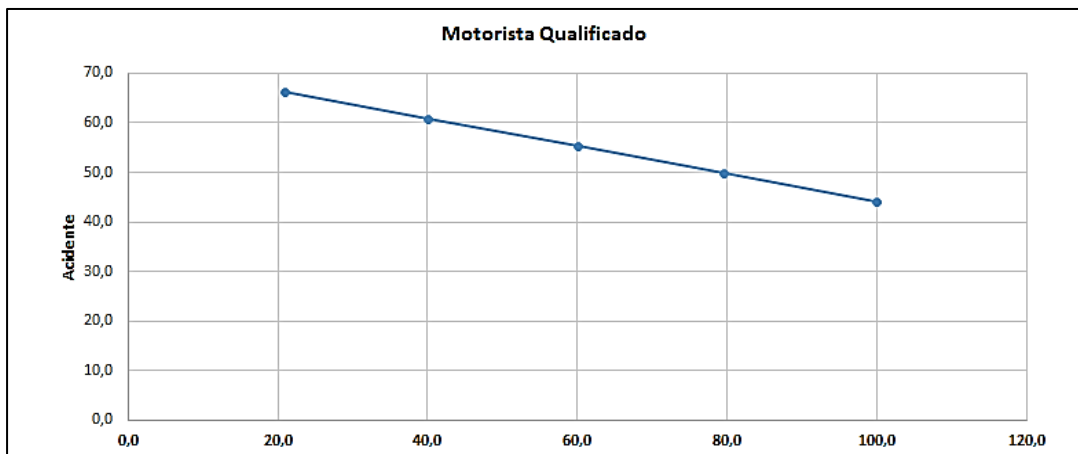
- Na Figura 28, de todos os veículos de transporte de carga com 100% de uma mercadoria classificada como de alto valor, a probabilidade da

ocorrência de roubo de um veículo com este tipo de mercadoria é de 83%.

- No entanto, na Figura 29 de todos os veículos de transporte de carga com uma mercadoria classificada como 100% de produtos perigosos, a probabilidade da ocorrência de roubo de um veículo com este tipo de mercadoria é de 34%.
- Do mesmo modo, na atividade de transporte rodoviário de cargas, o Perfil do Motorista é um fator de risco (Nó-Pai) com influência direta sobre fator de risco Acidente (Nó-Filho).

As Figuras 30 e 31 apresentam em gráficos a probabilidade da ocorrência de acidente em relação ao perfil do motorista, seja ele, qualificado ou não qualificado.

Figura 64 - Análise de sensibilidade do fator de risco
Acidentes - Motorista Qualificado

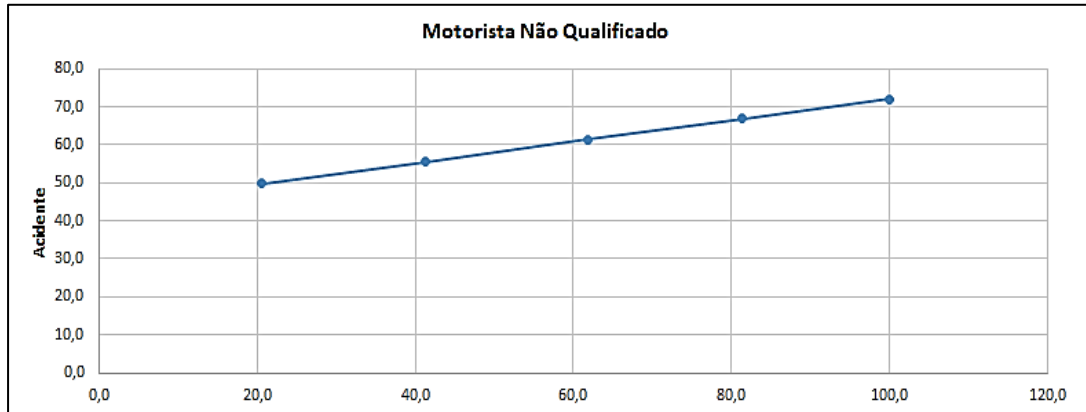


Fonte – Autor

- Motorista com 21% de Qualificação = 66,2% de probabilidade de ocorrência de acidente.
- Motorista com 40% de Qualificação = 61% de probabilidade de ocorrência de acidente.
- Motorista com 60% de Qualificação = 55% de probabilidade de ocorrência de acidente.
- Motorista com 80% de Qualificação = 50% de probabilidade de ocorrência de acidente.

- Motorista com 100% de Qualificação = 44% de probabilidade de ocorrência de acidente.

Figura 72 - Análise de sensibilidade do fator de risco
Acidentes - Motorista Não-Qualificado



Fonte – Autor

- Motorista com 21% de Não-Qualificação = 50% de probabilidade de ocorrência de acidente.
- Motorista com 41% de Não-Qualificação = 56% de probabilidade de ocorrência de acidente.
- Motorista com 62% de Não-Qualificação = 61,4% de probabilidade de ocorrência de acidente.
- Motorista com 81,4% de Não-Qualificação = 67% de probabilidade de ocorrência de acidente.
- Motorista com 100% de Não-Qualificação = 72% de probabilidade de ocorrência de acidente.

Com isso, nos exemplos mencionados, pode-se destacar o seguinte:

- Em um transporte rodoviário de cargas realizado com motoristas 100% qualificados, a probabilidade de ocorrência de acidente com este perfil de motorista é de 44%.
- Porém, se este tipo de transporte é realizado com motoristas 100% não-qualificados, a probabilidade de ocorrência de acidente com este perfil de motorista é de 72%.

Assim, verifica-se a importância da análise de sensibilidade, uma vez que é possível ter uma visão sobre o quanto a variação do parâmetro de um fator de risco (Nó Pai), resulta diretamente na probabilidade da ocorrência de outro fator de risco (Nó Filho), mas sem alterar a classificação.

Outra análise de sensibilidade pode ser demonstrada a seguir, onde se evidencia os fatores de risco mais críticos em relação a Acidente e Roubo.

A Tabela 8 demonstra estes fatores com os seus determinados índices percentuais de probabilidade de ocorrência.

Tabela 8 - Parâmetro de sensibilidade para os fatores de risco Acidente e Roubo

Análise de Sensibilidade	ACIDENTES
<i>Prior</i>	65,3%
Caract. Inapropriadas Transp.	75,7%
Perfil do Motorista	72,1%
Condições do Veículo	71,2%
Condições do Tempo	65,9%
Condições da Rodovia	65,6%
Mercadoria/Prod Perigosos	65,2%

Análise de Sensibilidade	ROUBO
<i>Prior</i>	58,5%
Tipo de Mercadoria	82,9%
Perfil do Motorista	64,4%
Segurança no Transporte	53,1%

Fonte - Autor

Os fatores de risco informados na Tabela 8, constata-se através dos índices percentuais, os fatores de risco mais críticos para a incidência de acidente e roubo.

É possível observar que para a ocorrência de Acidente, os fatores de risco:

- Características Inapropriadas no Transporte oferecem 75,7% de probabilidade;
- Perfil do Motorista oferece 72,1% de probabilidade;
- Condições do Veículo oferece 71,2% de probabilidade;

Do mesmo modo, os fatores de risco Tipo de Mercadoria e Perfil do Motorista são colocados como os fatores que mais contribuem para a ocorrência de Roubo, no qual se observa:

- Tipo de Mercadoria oferece 82,9% de probabilidade;
- Perfil do Motorista oferece 64,4% de probabilidade.

6 CONCLUSÃO

Durante a pesquisa foi identificado que os fatores de risco recorrentes na atividade do Transporte Rodoviário de Carga que geralmente, ainda são tratados e calculados de forma isolada, neste estudo apresenta-se uma avaliação conjunta e sistêmica por meio de Redes Bayesianas, o qual visa calcular as probabilidades de ocorrências simultâneas desses fatores de risco durante esta atividade.

Com a revisão da literatura observou-se que na maioria dos trabalhos pesquisados apesar dos autores mencionarem os fatores de risco e suas causas, na maioria dos casos os estudos focam apenas em tratar alguns dos fatores de risco ou até mesmo, um único fator, resultando numa análise isolada. Contudo, ao estudar os fatores de risco que são mais recorrentes no TRC, independentemente do tipo de mercadoria a ser transportada, esta atividade encontra dificuldades que são comuns em vários países e, por esta razão, este estudo também tem o objetivo de contribuir para a diminuição da probabilidade da ocorrência de fatores de risco recorrentes a esta atividade.

Na teoria, este trabalho contribui para a realização de uma análise sistêmica e integrada de um conjunto de fatores de risco comuns e recorrentes no TRC e, que por meio da participação de especialistas atuantes neste segmento, foi possível compreender de forma mais clara, a probabilidade de ocorrência de um ou mais fatores de risco nesta atividade.

Na prática, a participação dos 6 especialistas que atuam com o gerenciamento de risco no transporte rodoviário de cargas durante a pesquisa, contribuiu de forma louvável para que houvesse uma apuração mais refinada sobre a probabilidade de ocorrência de cada fator de risco identificado, bem como, a sua inter-relação entre estes fatores. Da mesma maneira, como complemento, a realização de uma *Survey* com a participação de 105 profissionais da área de gerenciamento de riscos no TRC, corroborou para a apuração dos resultados que foram gerados pelas simulações por meio do modelo proposto.

Os 20 cenários simulados compreendem situações reais que ocorrem no dia a dia da atividade do TRC e, os resultados obtidos certamente, são úteis

para analisar possíveis causas dos riscos recorrentes, bem como, darão suporte aos gestores deste segmento na tomada de decisão.

Por oferecer uma análise de maneira sistêmica, o uso de Redes Bayesianas como técnica para o cálculo dos riscos na atividade do transporte rodoviário apresenta uma possibilidade para cálculo probabilístico confiável *a posteriori*. Todavia, também é válido avaliar a probabilidade *a priori* dos acontecimentos dos riscos, levando em consideração aspectos recorrentes à atividade do TRC.

O uso desta técnica neste trabalho mostrou que, uma vez que um dos fatores venha a sofrer qualquer modificação em seus parâmetros, todo o cenário analisado que envolve o transporte numa determinada operação pode ser facilmente modificado, independentemente do tipo de carga transportada, aumentando a probabilidade de reduzir os riscos, custos e perdas.

As limitações encontradas durante a pesquisa foram, as dificuldades em aprofundar um pouco mais, os parâmetros em cada um dos fatores de risco como, por exemplo: condições da rodovia. Neste fator, foram observadas as suas condições quanto ao seu estado de conservação, mas há ainda, outras variáveis como: rodovias com maior risco para de acidentes, com muita ou pouca estrutura para atendimento e suporte aos condutores, dentre outros.

Como estudos futuros, pretende-se incluir o impacto no cálculo de risco, bem como o uso Redes Bayesianas Dinâmicas, o que irá permitir levar em conta, variações temporais nas probabilidades de ocorrência dos fatores de risco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKGÜN, V. et al. Routing of a hazmat truck in the presence of weather systems. **Computers & operations research**, v. 34, n. 5, p. 1351-1373, 2007.

AKHTAR, M. J.; BOUWERUTNE, I. Common patterns in aggregated accident analysis charts from human fatigue-related groundings and collisions at sea. **Maritime Policy & Management**, v. 42, n. 2, p. 186-206, 2015.

AMMAR, M. H.; BENAÏSSA, M.; CHABCHOUB, H. Risk assessment of hazard material transportation using FMECA approach: Case study in a Tunisian company. In: **2014 International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)**. IEEE, 2014. p. 1-6.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/institucional/index.html>>. Acessado em: 04 Out. 2018.

ASSUM, T., SØRENSEN, M. W. J., (2012) **In-depth study of 130 fatal accidents involving heavy goods vehicles in Norway 2005-2008**. TØI report 1061/2010. Oslo, 2010. Disponível em: <https://www.vegvesen.no/_attachment/266318/binary/618810>. Acessado em: 11 Jun. 2019.

ASSUM, T.; SØRENSEN, M.W.J. 130 **Dødsulykker Med Vogntog**. In **Gjennomgang av Dødsulykker i 2005–2008** Gransket av Statens Vegvesens Ulykkesanalysegrupper; TØI Rapport 1061/2012; Transportøkonomisk Institutt: Oslo, Norway, 2012.

BADURDEEN, F. et al. Quantitative modeling and analysis of supply chain risks using Bayesian theory. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 25, n. 5, p. 631-654, 2014.

BANDEIRA, M. CGSP; CORREIA, A. R.; MARTINS, M. R. Method for measuring factors that affect the performance of pilots. **Transportes**, v. 25, n. 2, p. 156-169, 2017.

BECK, A., CHAPMAN, P., PEACOCK, C., (2003), **Shrinkage: A Collaborative Approach to Reducing Stock Loss in the Supply Chain**, ECR Europe, Brussels.

BEDFORD, T. et al. **Probabilistic risk analysis: foundations and methods**. Cambridge University Press, 2001.

BOUAMRANE, K. et al. Towards a decision support system, application: itinerary road modification for road transport of hazardous materials. **International journal of decision sciences, risk and management**, v. 4, n. 3-4, p. 175-196, 2012.

BRODIE, L.; LYNDAL, B.; ELIAS, I. J. Heavy vehicle driver fatalities: Learning's from fatal road crash investigations in Victoria. **Accident Analysis & Prevention**, v. 41, n. 3, p. 557-564, 2009.

BURNS, A., BURNS, R. **Basic Marketing Research**, Second ed. New Jersey:

Pearson Education. pp. 250. ISBN 978-0-13-205958-9. 2008.

CHANG, C. et al. An application of AHP and sensitivity analysis for selecting the best slicing machine. **Computers & Industrial Engineering**, v. 52, n. 2, p. 296-307, 2007.

CHANG, T.; NOZICK, L. K.; TURNQUIST, M. A. Multiobjective path finding in stochastic dynamic networks, with application to routing hazardous materials shipments. **Transportation science**, v. 39, n. 3, p. 383-399, 2005.

CHUNG, C. A. **Simulation modeling handbook: a practical approach**. ISBN 9780367395117. CRC Press, 2019.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: teoria & aplicações**. 4ª Edição, São Paulo: Editora GEN LTC, 2014.

CHWIF, L.; PAUL, R. J.; BARRETO, M. R. P. Combining the best of the two: an activity cycle diagram/condition specification approach. In: **Proceedings of the Fourth National Conference of the UK Simulation Society, Nottingham Trent University, Nottingham, UK**. 1999. p. 93-98.

CHWIF, L.; PAUL, R. J.; BARRETO, M. R. P., Discrete event simulation model reduction: A causal approach. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 14, n. 7, p. 930-944, 2006.

CHWIF, L.; **Redução de modelos de simulação de eventos discretos na sua concepção: uma abordagem casual**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1999.

CHUNG-LEE, L.; WEI, W.J., **Action Research on Collaborative Design: A Case Study**, in: Proceedings of the 12th International Conference Computer Supported Cooperative Work in Design, 2008.

CNT, 2018. **Anuário CNT do Transporte – 2018 – Malha Rodoviária Total**, Confederação Nacional do Transporte. Disponível em: < <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2018/Rodoviario/1-3-1-1-1-/Malha-rodovi%C3%A1ria-total> >. Acessado em: 29 Jan. 2020.

CORDEIRO, F. G., BEZERRA, B. S., PEIXOTO, A. S. P., KAISER, I. M. Análise espacial multicritério de transporte de materiais perigosos. **Vulnerability, Uncertainty, and Risk ©ASCE 2014**, p.1168. 2014.

CLASSIFICATION AND CODE OF DANGEROUS GOODS (GB 6944-2005), Implementation Date: November 1, 2005.

CRESWELL, J.W., **Research design –qualitative, quantitative and mixed methods approaches**. 3.ed. Thousand Oaks, CA: Sage, 2009.

CRUZ, E. (2008) Risco de Colapso. Revista CNT – Transporte Atual, n.158. **Classification and code of dangerous goods** (GB 6944-2005), Implementation Date: November 1, 2005.

DADSENA K.K., NAIKAN V. N.A. SARMAH S.P.: A Methodology for Risk Assessment

and Formulation of Mitigation Strategies for Trucking Industry. **International Journal of Performability Engineering**, 2016, 12, 573-588

DAVIES, P. A. **Loss Prevention Bulletin**, 150, 22. 1999.

DAMIEN, P. et al. **Bayesian theory and applications**. Reprint edition, OUP Oxford, 2015.

DE LA TORRE, E. et al. Analyzing risk factors for highway theft in Mexico. **WIT Transactions on the Built Environment**, v. 134, p. 437-446, 2013.

DING, S. et al. Time-aware cloud service recommendation using similarity-enhanced collaborative filtering and ARIMA model. **Decision Support Systems**, v. 107, p. 103-115, 2018.

DONG, C. et al. Estimating factors contributing to frequency and severity of large truck-involved crashes. **Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems**, v. 143, n. 8, p. 04017032, 2017.

DOUGLAS, W. M. More on spreads and non-arithmetic means. **The Mathematical Gazette**. 88: 142–144, 2004.

DUTRA, I. **Redes Bayesianas**: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações. Resumo educacional – Realizado no Rio de Janeiro em 7 de setembro de 2012.

EKWALL, D.; LANTZ, B. Seasonality of cargo theft at transport chain locations, **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, Vol. 43 No. 9, pp. 728-746, 2013.

EKWALL, D.; LANTZ, B. Cargo theft at non-secure parking locations. **International Journal of Retail & Distribution Management**, 2015.

FABIANO, B., CURRO, F., REVERBERI, A. P., E., PASTORINO, R., 2005. **Dangerous good transportation by road: from risk analysis to emergency planning**. J. Loss. Prevent. Proc. 18 (4-6, SI), 403-413.

FEDERAL MOTOR CARRIER SAFETY ADMINISTRATION. **Large truck and bus crash facts 2014**. Disponível em: < <https://www.fmcsa.dot.gov/sites/fmcsa.dot.gov/files/docs/Large-Truck-and-Bus-Crash-Facts-2014%28April%202016%29>>. Acessado em: 07 Set. 2019.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International journal of operations & production management**, 2002.

FRIEDMAN, J. H. Greedy function approximation: a gradient boosting machine. **Annals of statistics**, p. 1189-1232, 2001.

FRIEDMAN, J. H.; MEULMAN, J. J. Multiple additive regression trees with application in epidemiology. **Statistics in medicine**, v. 22, n. 9, p. 1365-1381, 2003.

FRISWELL, R.; WILLIAMSON, A. Exploratory study of fatigue in light and short haul

transport drivers in NSW, Australia. **Accident Analysis & Prevention**, v. 40, n. 1, p. 410-417, 2008.

FROSDICK, Steve. The techniques of risk analysis are insufficient in themselves. **Disaster Prevention and Management: An International Journal**, 1997.

GARCÍA-HERRERO, S. et al. Working conditions, psychological/physical symptoms and occupational accidents. Bayesian network models. **Safety science**, v. 50, n. 9, p. 1760-1774, 2012.

GHEORGHE, A. V. et al. Comprehensive risk assessment for rail transportation of dangerous goods: a validated platform for decision support. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 88, n. 3, p. 247-272, 2005.

GREENBERG, R. **A Quantitative Safety Model of Systems Subject to Low Probability High Consequence Accidents**. PhD, System Engineering and Evaluation Centre, University of South Australia. 2007.

HABCHI, G.; BERCHET, C., **A model for manufacturing systems simulation with a control dimension**. *Simulation Modelling Practice and Theory*, v.11, p.21–44, 2003.

HANOWSKI, R. J. et al. Evaluating the 2003 revised hours-of-service regulations for truck drivers: The impact of time-on-task on critical incident risk. **Accident Analysis & Prevention**, v. 41, n. 2, p. 268-275, 2009.

HAGHANI, A.; CHEN, Y. Routing and scheduling for hazardous material shipments on networks with time dependent travel times. In: **TRB Annual Meeting CD-ROM**. 2003.

HARTMAN, L. C. et al. **Uma metodologia para avaliação de risco no transporte de produtos perigosos por rodovias**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil. Unicamp. 2003.

HARRELL, C.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R., **Simulation Using Promodel**. 3. ed., Boston: McGraw-Hill, 2000.

HELMER, O. **Analysis of the future: The Delphi method**. Rand Corp Santa Monica CA, 1967.

HELTON, J.C. **Reliability Engineering and System Safety** 42, 327. 1993.

HUBBARD, D. W. **The failure of risk management**. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ. 2008.

JAMROZ, K. Strategic risk measures in road traffic. **Journal of KONBiN**, v. 13, n. 1, p. 197-208, 2010.

JONES, B. et al. The use of Bayesian network modelling for maintenance planning in a manufacturing industry. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 95, n. 3, p. 267-277, 2010.

KARLSSON, A. **Schenker stoppar leveranser till Rinkeby**. 2014. Disponível em:

<<https://www.dn.se/nyheter/sverige/budfirman-schenker-stoppar-leveranser-till-rinkeby/>>. Acessado em:12 Dez. 2019.

KAZANTZI, V., KAZANTZIS, N., GEROGIANNIS, VC., 2011. Risk informed optimization of a hazardous material multi-periodic transportation model. **Journal of Loss. Prevent.** Proc. 24 (6, SI), 767-773.

KIM, M.; MILLER-HOOKS, E.; NAIR, R. A geographic information system-based real-time decision support framework for routing vehicles carrying hazardous materials. **Journal of Intelligent Transportation Systems**, v. 15, n. 1, p. 28-41, 2011.

KOCKELMAN, K. M.; KWEON, Y. Driver injury severity: an application of ordered probit models. **Accident Analysis & Prevention**, v. 34, n. 3, p. 313-321, 2002.

KOWALSKI, K. M. A human component to consider in your emergency management plans: the critical incident stress factor. **Safety Science**, v. 20, n. 1, p. 115-123, 1995.

KRISTIANSEN, S. Risk analysis and safety management of maritime transport. **Department of marine Systems Design, faculty of Marine technology, Norwegian University of Science and Technology**, Trondheim, 2001.

KRYSTEK, R. et al. **Integrated transport safety system**. Department of Road and Transport Engineering, Gdańsk University of Technology. Poland. 2016.

LAKEHAL, A.; TACHI, F. Probabilistic Assessment of Road Risks for Improving Logistics Processes. In: **MATEC Web of Conferences**. EDP Sciences, 2018. p. 01003.

LAW, A. M.; **Simulation Modeling & Analysis**. 4. ed. Boston: Ed. McGraw-Hill, 2007.

LEE, L.; WEI, W. Action research on collaborative design: A case study. In: **2008 12th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design**. IEEE, 2008. p. 110-115.

LIEGGIO JÚNIOR, M. **Transporte rodoviário de produtos perigosos: proposta de metodologia para escolha de empresas de transporte com enfoque em gerenciamento de riscos**. 2008. 192 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

LORENC, A.; KUŹNAR, M. Risk and costs evaluation in intermodal transport - variance analyze of using cargo positioning and parameters monitoring systems. **2016 5th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport**, Krakow, Poland: conference guide, June 2016, pp. 55-60.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARQUES, R. L.; DUTRA, I. Redes Bayesianas: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações. **Coppe Sistemas** – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2002.

MARTINS, M. R.; MATURANA, M. C. Application of Bayesian Belief networks to the

human reliability analysis of an oil tanker operation focusing on collision accidents. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 110, p. 89-109, 2013.

MAZOUNI, M. H. **Pour une meilleure approche du management des risques: de la modélisation ontologique du processus accidentel au système interactif d'aide à la décision**. PhD from Institut National Polytechnique de Lorraine, 2008.

MILLER-HOOKS, E.; MAHMASSANI, H. S. Optimal routing of hazardous materials in stochastic, time-varying transportation networks. **Transportation Research Record**, v. 1645, n. 1, p. 143-151, 1998.

MINISTERS, COUNCIL OF. For Official Use CEMT/CM (2001) 21. Theft of goods and goods vehicles. In: **European Conference of Ministers of Transport**. 2001.

MITCHELL, D. W. More on spreads and non-arithmetic means. **The Mathematical Gazette**, v. 88, n. 511, p. 142-144, 2004.

NÆVESTAD, T.; PHILLIPS, R. O. Trafikkulykker ved kjøring i arbeid-en kartlegging og analyse av medvirkende faktorer. **TØI rapport**, v. 1269, p. 2013, 2013.

NAKANO, D. N. Métodos de pesquisa adotados na engenharia de produção e gestão de operações. In: **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2ª edição [S.l: s.n.], 2012.

NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION et al. Traffic safety facts, large trucks 2014 data. **NHTSA's National Center for Statistics and Analysis**. v. 812279, 2016. Disponível em: < <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication> >. Acessado em: 23 ago. 2019.

NIELSEN, T. D.; JENSEN, F. V. **Bayesian networks and decision graphs**. Springer Science & Business Media, 2009.

NILSSON, R.; GÄRLING, T.; LÜTZHÖFT, M. An experimental simulation study of advanced decision support system for ship navigation. **Transportation research part F: traffic psychology and behaviour**, v. 12, n. 3, p. 188-197, 2009.

OGGERO, A. et al. A survey of accidents occurring during the transport of hazardous substances by road and rail. **Journal of hazardous materials**, v. 133, n. 1-3, p. 1-7, 2006.

OHSAS 18001:2007: **British Standard Occupational Health and Safety Assessment Series**.

PEI, X.; WONG, S. C.; SZE, N. A joint-probability approach to crash prediction models. **Accident Analysis & Prevention**, v. 43, n. 3, p. 1160-1166, 2011.

PLANAS, E. et al. A risk severity index for industrial plants and sites. **Journal of hazardous materials**, v. 130, n. 3, p. 242-250, 2006.

PRADO, D. S. **Usando o Arena em Simulação**. 4ª Edição. Série Pesquisa Operacional, v. 3, 2010.

QUIGLEY, J. L.; KJAERULFF, U. B.; MADSEN, A. L. Bayesian Networks and Influence Diagrams: A Guide to Construction and Analysis. **Journal of the American Statistical Association**, v. 104, n. 487, 2009.

RAMÍREZ-FLÓREZ, G.; TABARES-URREA, N.; OSORIO-GÓMEZ, J. C. Fuzzy AHP for 3PL supplier's performance evaluation considering risk. **Revista Facultad de Ingeniería**, v. 26, n. 45, p. 165-172, 2017.

RAUSAND, M. **Risk assessment: theory, methods, and applications**. John Wiley & Sons, 2013.

RICCARDI, M. et al. The theft of medicines from Italian hospitals. **Milan-Trento, Transcrime—Joint Research Centre on Transnational Crime**, 2014.

RIFAAT, S. M.; CHIN, H. C. Accident severity analysis using ordered probit model. **Journal of advanced transportation**, v. 41, n. 1, p. 91-114, 2007.

ROBINSON, S. **Conceptual modeling for simulation: issues and research requirements**. In: Proceedings of the Winter Simulation Conference, Monterey, CA, USA, 2006.

ROCHA, C. F. **O Transporte de Cargas no Brasil e sua Importância para a Economia**. UNIJUI - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - Departamento de Ciências Administrativas, Contábeis, Econômicas e da Comunicação. 2015.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial intelligence: a modern approach**. Malaysia; Pearson Education Limited, 2016.

SALTELLI, A., CHAN, K., SCOTT, M. **Sensitivity Analysis**. Wiley, Sussex, p. 475. 2000.

SAMUEL, C. et al. 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**, v. 22, n. 6, p. 783-790, 2009.

SEMIN, V. G. et al. A process model of risk management in the system of management of strategic sustainability of cargo motor transport enterprises. In: **2016 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&MQ&IS)**. IEEE, 2016. p. 172-175.

SHEFFI, Y. Supply chain management under the threat of international terrorism. **The International Journal of logistics management**, v. 12, n. 2, p. 1-11, 2001.

SHERMAN, L.W.; GARTIN, P.R.; BUERGER, M.E. Hot spots of predatory crime: routine activities and the criminology of place, **Criminology**, Vol. 27 No. 1, pp. 27-55. 1989.

SPADONI, G. et al. A numerical procedure for assessing risks from road transport of dangerous substances. **Journal of loss prevention in the process industries**, v. 8, n. 4, p. 245-252, 1995.

SYAMSUDDIN, I. Multicriteria evaluation and sensitivity analysis on information security. **arXiv preprint arXiv:1310.3312**, 2013.

SYNOWIEZ, B. B.; SYNOWIEZ, P. M. Delphi forecasting as a planning tool. **Nursing management**, v. 21, n. 4, p. 18-19, 1990.

STARKWEATHER, D. B.; GELWICKS, L.; NEWCOMER, R. Delphi forecasting of health care organization. **Inquiry**, v. 12, n. 1, p. 37-46, 1975.

SUDDLE, S. The weighted risk analysis. **Safety Science**, v. 47, n. 5, p. 668-679, 2009.

TCESP, 2009. Relatório de Emergências Químicas Atendidas pela CETESB em 2008 [Report on chemical emergencies attendes by TCESP in 2008]. São Paulo: **Technology Company of Environmental Sanitation of Sao Paulo State (TCESP)**.

TEDESCO, G. M. I.; VILLELA, T. M. A.; CIBULSKA, P. C. V.; GRANEMANN, S. R. Procedimentos para a construção da estrutura do sistema de transporte rodoviário de cargas. In: **Anais do Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, XXIII ANPET**. Vitória, v.1. 2009.

THIOLLENT, M., **Metodologia da pesquisa-ação**. Cortez Editora, 14. ed., São Paulo, 2005.

TOUBOL, A., **Transport intermodal**. Technique de l'ingénieur AG 8 160v2, 2007.

TRÉPANIÉ, M.; LEROUX, M.; DE MARCELLIS-WARIN, N. Cross-analysis of hazmat road accidents using multiple databases. **Accident Analysis & Prevention**, v. 41, n. 6, p. 1192-1198, 2009.

TRUCCO, P., CAGNO, E., RUGGERI, F., GRANDE, O. **A Bayesian belief network modeling of organizational factors in risk analysis: a case study in maritime transportation**. Reliab. Eng.Syst. Safe. 93, 823–834. 2008.

URCIUOLI, L. **Security in Physical Distribution-Causes, mitigation measures and an investment model**. Teknisk logistik, LTH, 2008.

USDOT/BTS. **2007 commodity flow survey**. 2008. Disponível em: < <http://www.census.gov/content/dam/Census/library/publications/2015/econ/ec12tcf-us.pdf> >. Acessado em: 23 Nov. 2019.

WANG, W.; BROOKS, R. J. Empirical investigations of conceptual modeling and the modeling process. In: **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, Washington, USA, 2007.

WANG, Y. H.; TONG, S. J.; CHEN, B. Z. Risk analysis on road transport system of dangerous chemicals. China **Safety Science Journal**, v. 15, n. 2, p. 8-12, 2005.

WANG, L.; YANG, Z. Bayesian network modelling and analysis of accident severity in waterborne transportation: A case study in China. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 180, p. 277-289, 2018.

WEDAGAMA, D. M. P.; WISHART, D. The Relationship between Self-reported Traffic

Crashes and Driver Behavior in the Road Transportation of Goods and Freight in Bali. **International Journal of Technology**, v. 9, n. 3, p. 558-567, 2018.

WIETESKA, G. **Zarządzanie ryzykiem w łańcuchu dostaw na rynku B2B**. Difin, 2011.

WILSON, M. C. The impact of transportation disruptions on supply chain performance. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 43, n. 4, p. 295-320, 2007.

YANG, J. et al. A survey on hazardous materials accidents during road transport in China from 2000 to 2008. **Journal of Hazardous materials**, v. 184, n. 1-3, p. 647-653, 2010.

YANG, Q., CHIN, K.-S., LI, Y.-L., **A quality function deployment-based framework for the risk management of hazardous material transportation process**, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2018.

YANG, Z. L.; WANG, J.; LI, K. X. Maritime safety analysis in retrospect. **Maritime Policy & Management**, v. 40, n. 3, p. 261-277, 2013.

YANNIS, G. et al. Older drivers' perception and acceptance of in-vehicle devices for traffic safety and traffic efficiency. **Journal of transportation engineering**, v. 136, n. 5, p. 472-479, 2010.

ZHANG, D., YAN, X., YANG, Z., WALL, A., & WANG, J. Incorporation of formal safety assessment and Bayesian network in navigational risk estimation of the Yangtze River. **Reliability Engineering & System Safety**, 118, 93–105. 2013.

ZHAO, L.J., WU, P., XU, K. Statistic analysis and countermeasures on dangerous chemical accidents in China. **China Safety Science Journal (CSSJ)**, v. 7, p. 030, 2009.

APÊNDICE A – Dados da Pesquisa Bibliográfica

Tabela A-1 – Quantidade de Fatores de Risco por Autor

AUTOR	Contagem de FATORES DE RISCO	AUTOR	Contagem de FATORES DE RISCO
Ammar, M.H.	16	Lisa, B.	8
ASCE, M.	6	Lorenc, A.	7
Benaissa, M.	16	Lu, P.	20
Bezerra, B. S.	7	Lyndal, B.	8
Bi, J.	16	Made, D.	9
Bouamrane, K.	14	Martínez, J.	6
Bruls, H.	10	Martner, C.	6
Chabchoub, H.	16	Moreno, E.	6
Chin, K-S.	14	Nambisan, S.S.	6
Cordeiro, F. G.	7	Navestade, T-O.	4
Curro, F.	7	Olivares, E.	6
De La Torre, E.	6	Pastorino,R.	7
De Souza, O.A.	6	Peixoto, A.S.P.	7
Dong, C.	6	Phillips, R.O.	4
Dong, Q.	6	Qiang, Y.	14
Ekwall, D.	34	Rocha, C.H.	6
Elias, I.J.	8	Rverberi, A.P.	7
Fabiano, B.	7	Spadoni, G.	1
Fiore, R.	1	Tachi, F.	6
Friswell, R.	39	Tedesco, G.M.I	11
Granemann, S.R.	6	Tubis, A.	14
Hamdadou, D.	14	Tubis, A.	8
Hovi, B. I.	4	Urciuoli, L.	4
Hu, W.	6	Verlicchi, P.	1
Huang, B.	6	Villela, T.M.A.	11
Huang, L.	16	Wedagama, P.	9
Junior, M.L.	6	Williamson, A.	18
Kaiser, I.M.	7	Williamson, R.	21
Kuznar, M.	7	Wishart, D.	9
Lakehal, A.	6	Wojciechowska, S.W	8
Lantz, B	20	Wyer, D.	10
Lantz, B.	24	Yachba, Kh.	14
Leonelli, P.	1	Yang, J.	16
Levlin, M. G.	4	Zhang, L.	16
Li, F.	16	Zheng, Z.	20
Li, Y-L.	14	Zhou, J.	16
		Total Geral	743

Fonte – Planilha biométrica criada pelo Autor

Tabela A-2 – Fatores de Risco mais citados

FATORES DE RISCO	CITAÇÕES	FATORES DE RISCO	CITAÇÕES	FATORES DE RISCO	CITAÇÕES
Acidente	7	Equipamentos para Prevenção de Emergência	3	Pouca visibilidade	3
Acidente com o caminhão	4	Erro do motorista	4	Pouco tempo para descanso	2
Acidente na pista	2	Estouro de pneus	6	Pressão pneumática insuficiente	3
Acidentes na estrada	6	Estrada com curvas acentuadas	4	Problemas com freios	6
Agressão	2	Estrada com inclinação	4	Problemas familiares	4
Alimentação ruim	4	Estrada com tráfego pesado	2	Problemas mecânicos nas rodas	6
Alimentícios	3	Estrada Desconhecida	3	Produtos perigosos	2
Alta velocidade	12	Estrada monótona	8	Recipiente danificado	8
Ameaças terroristas	2	Estradas ruins	8	Rede Viária	2
Animal na pista	3	Estupro	2	Risco ao meio ambiente	6
Ano de Fabricação	2	Excesso de carga	6	Rodas em más condições	3
Auto Peças	2	Excesso de horas ao volante	5	Rodovia com pedágio	5
Avarias	2	Excesso de Km percorridos por ano	3	Rodovia livre	5
Avarias no tanque	3	Excesso de trabalho além da condução	2	Rodovias ruins	2
Bebidas	2	Excesso de Velocidade	17	Rota não definida antecipadamente	3
Bloqueio na estrada	3	Experiência profissional do condutor	3	Rotas	2
Cabines mal projetadas	2	Explosão	7	Roubo	4
Cabines ruins	2	Facilidade do modal de transporte	2	Roubo da carga	2
Calçados	3	Fadiga	15	Roubo de caminhão	2
Cansaço	3	Falha ao verificar o espelho retrovisor	3	Roubo de containers	1
Capacidade Emocional	3	Falha de Equipamento	3	Roubo de paletes	1
Capacidade Psicológica	3	Falsa comunicação de parada	2	Roubo de veículo	1
Capotamento	3	Falta de atenção	3	Saída da estrada	3
Características do Transportes	2	Falta de distância de segurança	4	Sequestro	2
Características da Embalagem	2	Falta de manutenção	3	Sequestro de veículos	1
Características do Produto	2	Falta de manutenção do veículo	4	Serviço de emergência inapropriado	6
Carga acima do nível permitido	3	Falta de motoristas qualificados	2	Substâncias Perigosas	4
Carregamento demorado	2	Falta de Segurança	2	Tamanho do veículo	5
Carregamento inapropriado	3	Falta de segurança no armazém	2	Tecnologias	2
Ciclistas	3	Falta de treinamento aos motoristas	4	Tipo de armazenagem	4
Cigarros	3	Farmacêutico	5	Tipo de Carga	2
Colisão	4	Fator humano	5	Tipo de estrada	7
Comportamento desrespeitoso de terceiros na estrada	4	Ficar acordado depois de efeitos de droga	2	Tipo de Habilitação	3
Condição do veículo	3	Fraude	2	Tipo de Mercadoria	16
Condições Climáticas	19	Furto	4	Tipo de Produto Transportado	3
Condições da Estrada	3	Homicídios	2	Tipo de rodovia	6
Condições de Luminosidade	3	Horas de sono inadequadas antes do trabalho	2	Tipo de Rota	5
Condições de Tráfego	13	Idade do Motorista	12	Tipo de terreno	3
Condições de Transporte	4	Imprudência	3	Tipo de transporte	4
Condições do Tempo	3	Infraestrutura ruim da estrada	6	Tipo de Veículo	9
Condições dos Motoristas	4	Invasão	2	Trafegar em locais proibidos	6
Condições Sociais	3	Localização ruim	2	Tráfego pesado em cidades	4
Condução inadequada	4	Longas horas de condução	2	Tráfego rodoviário intenso	2
Consumo de Alcool	4	Mal tempo	6	Transbordo da carga	3
Contaminação da Pista	4	Manifestação	3	Transporte clandestino	2
Contêiner danificado	4	Manutenção da pista	4	Transporte ilegal	6
Crepúsculo	3	Manutenção dos equipamentos	3	Transporte irregular	6
Curto espaço entre o veículo à frente	3	Mau súbito	3	Ultrapassagem irregular	3
Danos à infraestrutura	2	Metais	3	Ultrapassagem proibida	3
Demora no processo Carga/ Descarga	2	Minério	2	Urbanização descontrolada	4
Derramamento	4	Motorista com problemas de saúde	6	Uso de álcool	5
Descanso noturno insuficiente	2	Motoristas	2	Uso de drogas	3
Descarregamento demorado	2	Não cumprimento das regras de trânsito	3	Uso de estimulantes	2
Descida íngreme	3	Nível de Toxicidade	3	Uso de Telefone	2
Desempenho de transporte inesperado	2	Objeto fixo na pista	3	Utensílios Domésticos	3
Desempenho inadequado do processo de transporte	2	Objeto inesperado na pista	4	Válvulas do tanque com defeito	6
Desengate da Carreta	9	Objeto móvel na pista	3	Vazamento	4
Desvio da carga	6	Objetos na rodovia	3	Vazamento de Informações	2
Dirigir a noite	2	Pânico	4	Veículo pesado	3
Dirigir à noite	2	Parada forçada	2	Veículo sem ventilação ou refrigeração	2
Dirigir ao anoitecer	2	Peças Automotivas	3	Veículos	2
Dirigir ao final da tarde	2	Pedestres	3	Vestuário	5
Dirigir na madrugada	4	Perda da carga	3	Via de mão dupla	3
Dirigir no início da tarde	4	Perda de controle da direção	3	Via de mão única	3
Eletrônicos	5	Pneus gastos	3	Vibração do veículo	2
Empresas de logística clandestinas	2	Pontos de Apoio (pontos de parada)	2	Total Geral	743

Fonte – Planilha bibliométrica criada pelo Autor

APÊNDICE B - Formulários

Figura B-1 – Formulário para atribuição do grau de importância

FORMULÁRIO PARA CLASSIFICAÇÃO DOS FATORES DE RISCO			
<p>Através do recurso exploratório, os Fatores de Risco deverão ser classificados por especialistas em gerenciamento de risco no transporte rodoviário de carga. A participação deverá ocorrer de forma individual, de maneira a evitar qualquer tipo de influência na decisão. Ao especialista caberá a atribuição do Grau de Importância à cada um dos 16 FATORES DE RISCO descritos no formulário.</p>			
Grau de Importância do Risco			
1	BAIXA importância		
2	MÉDIA importância		
3	ALTA importância		
ESPECIALISTA:			
FATORES DE RISCO (MACRO)	CONCEITOS	EXEMPLOS	GRAU
1	Características Inapropriadas para o Transportes	Entre todos os modais de transporte, o rodoviário, seja o mais adequado para o transporte de mercadorias, quer seja internacionalmente na exportação ou na importação, quer seja no transporte nacional, bem como, nos deslocamentos de curtas e médias distâncias. O transporte rodoviário é bastante recomendado para o transporte de mercadorias de alto valor agregado ou perecível.	Carregamento e Descarregamento demorados, Características da embalagem, Carregamento Inapropriado, Container danificado, Excesso de carga, Carga acima do nível permitido.
2	Condição das Rodovias	Estradas inseguras, altamente congestionadas e, em diversas partes, deterioradas. Essa realidade das rodovias brasileiras atrapalha o fluxo de transporte de distribuição e ocasiona problemas com atrasos. Contudo, contratempos nas estradas resultam no descumprimento do prazo de entrega, mais um dos fatores que, junto com as avarias, são fontes de transtornos e reclamações por parte dos clientes.	Com buracos, com forte inclinação, com curvas acentuadas, com falta de estrutura, monótonas, com tráfego pesado, desconhecidas, com pedágios, manifestação, em manutenção, com bloqueio, Via de Mão Dupla, Via de Mão Única, Serviço de emergência inapropriado, Objeto fixo na pista, Objeto inesperado na pista, Animal na Pista, Pedestre
3	Comportamento do Motorista	O comportamento é definido como o conjunto de reações de um sistema dinâmico face às interações e renovação propiciadas pelo meio onde está envolvido. Exemplos de comportamentos são: comportamento social, comportamento humano, comportamento informacional (o que o indivíduo faz com relação à informação), etc.	Consumo de álcool, Consumo de drogas, Dirigir após o efeito de estimulantes, Fadiga, Cansaço, Stress, Pânico, Imprudência, Erro, Excesso de horas ao volante, Excesso de Km percorridos durante o ano, Excesso de trabalho após o carregamento, Falta de atenção, Poucas horas de sono, Não cumprir as regras de trânsito, Uso de aparelho celular, Ultrapassagem perigosa, Ultrapassagem irregular, Falta da distância de segurança entre veículos, Perda do controle da direção, Curto espaço do veículo à frente, Falha ao verificar o espelho retrovisor
4	Condições de Luminosidade	Implica na condição de visualização durante a viagem, bem como, pode interferir em questões relacionadas ao sono e/ou cansaço, bem como, no grau de visibilidade de um objeto e/ou ambiente.	Dirigir à noite, dirigir ao anoitecer, dirigir no início da tarde, dirigir no fim da tarde, dirigir de madrugada.
5	Condições do Tempo	É baseado em dados de diferentes áreas, como a visualização do céu e análise da formação de nuvens, a temperatura observada, a pressão atmosférica	Chuva, Nebulina, Temporal.
6	Condições de Tráfego	Consiste na utilização das vias por veículos motorizados, veículos não motorizados, pedestres e animais de tração, para fins de circulação, parada passageira ou estacionamento.	Intenso, Lento.
7	Condições do Veículo	É um fator muito importante a ser considerado na ocorrência de acidentes, sendo as condições do veículo responsáveis por um número enorme dos acidentes ocorridos em trânsito, normalmente envolvendo outros veículos, pedestres, animais e o patrimônio público.	Cabinas mal projetadas, Cabinas ruins. Condições ruins de conservação, Muito tempo de fabricação (modelos velhos). Falta de manutenção. Falhas do equipamento, Estouro de pneus, Problemas nas rodas, Tamanho do veículo, Tipo do veículo, Veículo pesado, Sem ventilação ou refrigeração, Válvulas do tanque com defeito, Tanques danificados, Tecnologia.
8	Desempenho de Transporte Inesperado	Situações que podem ocorrer antes, durante ou depois no carregamento e transporte, independentemente do tipo de modal, além de comprometer toda a estratégia de logística, podem acarretar sérios problemas judiciais. Esta situação pode ocorrer pela negligência, imperícia da transportadora, entre outros imprevistos.	Parada forçada, Falsa comunicação de parada, Comportamento desrespeitoso nas estradas, Empresas clandestinas de logística, Rota não definida antecipadamente, Tipo de rota, Ameaça terrorista, Rede viária, Saída da Estrada, Transporte irregular, ilegal, clandestino.
9	Falta de Segurança	Entre todas as suas etapas, a segurança no transporte é um aspecto desafiador. Como a atividade de movimentação de carga pressupõe a coordenação de operações internas e externas, o controle deve ser preciso e rigoroso para que tudo corra bem.	Armazém, Invasão, Fraude, Bloqueio na estrada, Localização Ruim, Vazamento de informações, Serviço de emergência inapropriado.
10	Furto	O furto é quando a vítima não está presente e seu bem é tomado sem seu conhecimento. Por exemplo, quando você faz uma parada e, enquanto você está longe, o caminhão é aberto e a carga é levada sem que ninguém note. Também há o chamado "furto qualificado", que ocorre quando o criminoso danifica a propriedade durante a ação, como quebrar uma trava ou uma janela. O prejuízo é o mesmo, mas a diferença é o nível de violência na ação.	Parcial, Total, Desvio da Carga, Apropriação Indébita, Perda da Carga.
11	Manutenção Preventiva dos Equipamentos (nos veículos)	Presença de veículos de transporte antigos e em péssimas condições de conservação. A consequência para isso é grave: falta de segurança nas estradas, atrasos constantes na entrega das mercadorias e alto custo com manutenção da frota.	Pneus, Freios, Lanternas, Tecnologia.
12	Tipos de Acidente	Evento inesperado e indesejável que causa danos pessoais, materiais (danos ao patrimônio), danos financeiros e que ocorre de modo não intencional.	Capotamento, Deslizamento, Avaria, Colisão, Tombamento, Derramamento, Vazamento, Contaminação, Explosão, Incêndio.
13	Tipos de Mercadorias	Se os produtos transportados precisam de atenção especial (como perecíveis, valiosos e visados), requerendo uma tratativa diferenciada por parte da transportadora, o valor cobrado sobre. Isso é necessário para cobrir os custos com embalagens reforçadas, veículos especiais, investimentos em contratação de seguros extras, entre outros.	Alimentícios, Cigarros, Metais, Eletrônicos, Farmacêuticos, Bebidas, Calçados, Minério, Utensílios domésticos, Vestuário.
14	Perfil do Motorista	É sabido que um dos maiores desafios da logística como um todo é a dificuldade de encontrar profissionais capacitados e experientes. O transporte é uma atividade delicada e de alta responsabilidade. Além disso, esses colaboradores precisam lidar com níveis intensos de estresse durante sua atividade. Contar com motoristas qualificados é imprescindível. Para isso, empresas precisam oferecer treinamentos, boas condições de trabalho e salário compatível com o mercado.	Idade, Problemas familiares, Problema emocional, Problemas psicológico, Problema de saúde, Condição social, Nível de treinamento, Tipo de habilitação, Nível de capacitação, Alimentação Ruim.
15	Produtos Perigosos	Os produtos químicos, dependendo das suas características, podem servir para limpar, desinfetar, eliminar pragas ou levar a cabo diversos processos industriais. São usados, por conseguinte, nas fábricas, nas casas particulares e os campos destinados à agricultura, entre muitos outros espaços. Os cuidados necessários envolvem tanto a manutenção adequada da frota quanto o treinamento e capacitação dos motoristas e demais colaboradores responsáveis pelos processos, de modo a evitar acidentes que possam causar prejuízos à propriedade ou à vida.	Combustíveis, Tintas, Solventes, Vernizes, Amônia, LPG, Cloro, Defensivos agrícolas, Nível de Toxicidade da Carga, Risco ao meio ambiente.
16	Roubo	O primeiro problema apresentado tem relação com a segurança de caminhões, cargas e caminhoneiros na estrada. Trata-se de um dos maiores desafios a se enfrentar no país - o Roubo - e que, só no ano de 2016, provocou um prejuízo de R\$ 1,4 bilhão ao setor. Atualmente, existem inúmeras quadras especializadas no roubo de cargas, com aparelhamento e técnicas cada vez mais evoluídas, o que salienta ainda mais a necessidade de encarar o problema com seriedade e estratégia.	Carga, Caminhão, Containers, Paletes, Sequestro, Desengate da carreta, Transbordo da carga, Homicídio, Estupro, Agressão.

Fonte - Autor

Figura B-2 – Formulário 01 enviado para os Especialistas

FORMULÁRIO PARA APLICAÇÃO DO PESO PERCENTUAL - FATOR DE RISCO: CARACTERÍSTICA INAPROPRIADA PARA O TRANSPORTE			
Especialista:			
De acordo com os exemplos mencionados para o <u>Fator de Risco</u> : CARACTERÍSTICAS INAPROPRIADAS PARA O TRANSPORTES , qual seria o percentual de probabilidade de risco destas mercadorias transportadas?			
<i>FATOR DE RISCO</i>	<i>EXEMPLOS</i>		
Características Inapropriadas para o Transporte	Carregamento e Descarregamento demorados, Características da embalagem, Carregamento inadequado, Container danificado, Excesso de carga, Carga acima do nível permitido.		
Tipos de Mercadorias	% Baixa Probabilidade (Pouco Inadequado)	% Média Probabilidade (Inadequado)	% Alta Probabilidade (Muito Inadequado)
Baixo Valor			
Médio Valor			
Alto Valor			
Produtos Perigosos			

Fonte - Autor

Figura B-3 – Formulário 02 enviado para os Especialistas

FORMULÁRIO PARA APRESENTAÇÃO DO PESO PERCENTUAL - FATOR DE RISCO: FALTA DE SEGURANÇA NO TRANSPORTE		
Especialista:		
De acordo com os exemplos mencionados para o Fator de Risco: FALTA DE SEGURANÇA , numa escala de 0 a 100, de acordo com as possíveis situações citadas no exemplo, durante a atividade do transporte rodoviário de carga, qual seria o percentual de probabilidade de risco?		
<i>FATOR DE RISCO</i>	<i>EXEMPLOS</i>	
Falta de Segurança	Tipo de Armazém, Invasão, Fraude, Bloqueio na estrada, Localização Ruim dos CDs, Vazamento de informações, Serviço de emergência inapropriado nas estradas.	
% de Probabilidade de Risco	SIM	

Fonte - Autor

Figura B-4 – Formulário 03 enviado para os Especialistas

FORMULÁRIO PARA APRESENTAÇÃO DO PESO PERCENTUAL - FATOR DE RISCO: TIPOS DE MERCADORIA	
Especialista:.....	
De acordo com os exemplos mencionados para o Fator de Risco: TIPOS DE MERCADORIAS E PRODUTOS PERIGOSOS , sabemos que algumas dessas mercadorias possuem alto valor agregado e atratividade para o roubo, bem como algumas delas, oferecem um alto risco ao meio ambiente. Logo, numa escala de 0 a 100, qual seria o percentual de probabilidade de risco destas mercadorias durante o transporte rodoviário de carga?	
<i>FATOR DE RISCO</i>	<i>EXEMPLOS</i>
Tipos de Mercadorias	Alimentícios, Cigarros, Metais, Eletrônicos, Farmacêuticos, Bebidas, Calçados, Minério, Utensílios domésticos, Vestuário + Combustíveis, Tintas, Solventes, Vernizes, Amônia, LPG, Cloro, Defensivos agrícolas, Nível de Toxicidade da Carga, Risco ao meio ambiente.
Tipos de Mercadorias	Classificação
1.Bebidas, 2.Cigarros, 3.Eletrônicos, 4.Farmacêuticos,	Mercadoria de Alto Valor: de 1 a 4
5.Metais, 6.Vestuário, 7.Calçados, 8.Alimentícios,	Mercadoria de Médio Valor: de 5 a 8
9.Minério, 10.Utensílios domésticos, 11.Outros.	Mercadoria de Baixo Valor: de 9 a 11
Produtos Perigosos	Combustível, LPG, Cloro, Tintas, Solventes.
<i>Tipos de Mercadoria</i>	<i>% DE RISCO</i>
Alto Valor	
Médio Valor	
Baixo Valor	
Prod. Perigosos	

Fonte - Autor

Figura B-5 – Formulário 04 enviado para os Especialistas

FORMULÁRIO PARA APRESENTAÇÃO DO PESO PERCENTUAL - FATOR DE RISCO: CONDIÇÕES DO VEÍCULO		
Especialista:.....		
De acordo com os exemplos mencionados para o Fator de Risco: CONDIÇÕES DO VEÍCULO , é sabido que a "idade" do veículo influencia nos itens de segurança por ele oferecido. Desta forma, numa escala de 0 a 100, qual seria o percentual de probabilidade de risco em veículos utilizados para o transporte com até 10 anos de fabricação e acima de 10 anos de fabricação?		
<i>FATOR DE RISCO</i>	<i>EXEMPLOS</i>	
Condições do Veículo	Cabines mal projetadas, Cabines ruins, Condições ruins de conservação, Muito tempo de fabricação (modelos velhos), Falta de manutenção, Falhas do equipamento, Estouro de pneus, Problemas nas rodas, Tamanho do veículo, Tipo do veículo, Veículo pesado, Sem ventilação ou refrigeração, Válvulas do tanque com defeito, Tanques danificados, Tecnologia + Pneus, Freios, Lanternas, Tecnologia	
<i>Fabricação do Veículo</i>	Até 10 anos	Acima de 10 anos
<i>% de Risco</i>		

Fonte - Autor

Figura B-6 – Formulário 05 enviado para os Especialistas

FORMULÁRIO PARA APRESENTAÇÃO DO PESO PERCENTUAL - FATOR DE RISCO: PERFIL DO MOTORISTA		
Especialista:.....		
De acordo com os exemplos mencionados para o Fator de Risco: PERFIL DO MOTORISTA , é sabido que estas características inerentes à pessoa e ao comportamento do motorista influenciam diretamente nas condições de segurança durante o transporte rodoviário de carga. Desta forma, numa escala de 0 a 100, qual seria o percentual de probabilidade de risco ao considerar o perfil do motorista como <u>Qualificado</u> e <u>Não Qualificado</u> ?		
<i>FATOR DE RISCO</i>	<i>EXEMPLOS</i>	
Perfil do Motorista	Consumo de álcool, Consumo de drogas, Dirigir após o efeito de estimulantes, Fadiga, Cansaço, Stress, Pânico, Imprudência, Erro, Excesso de horas ao volante, Excesso de Km percorridos durante o ano, Excesso de trabalho após o carregamento, Falta de atenção, Poucas horas de sono, Não cumprir as regras de trânsito, Uso de aparelho celular, Ultrapassagem perigosa, Ultrapassagem irregular, Falta da distância de segurança entre veículos, Perda do controle da direção, Curto espaço do veículo à frente, Falha ao verificar o espelho retrovisor + Idade, Problemas familiares, Problema emocional, Problemas psicológico, Problema de saúde, Condição social, Nível de treinamento, Tipo de habilitação, Nível de capacitação, Alimentação Ruim.	
<i>Perfil do Motorista</i>	Qualificado	Não Qualificado
<i>% de Risco</i>		

Fonte - Autor

Figura B-7 – Formulário 06 enviado para os Especialistas

FORMULÁRIO PARA APRESENTAÇÃO DO PESO PERCENTUAL - FATOR DE RISCO: CONDIÇÕES DA RODOVIA		
Especialistas:.....		
De acordo com os exemplos mencionados para o Fator de Risco: CONDIÇÕES DAS RODOVIAS , é sabido que estas características e exemplos são situações preponderantes que influenciam diretamente nas condições de segurança durante o transporte de cargas. Desta forma, numa escala de 0 a 100, qual seria o percentual de probabilidade de risco ao considerar as <u>condições das rodovia</u> como <u>Boa</u> ou <u>Ruim</u> ?		
<i>FATOR DE RISCO</i>	<i>EXEMPLOS</i>	
Condições das Rodovias	Com buracos, com forte inclinação, com curvas acentuadas, com falta de estrutura, monótonas, com tráfego pesado, desconhecidas, com pedágios, manifestação, em manutenção, com bloqueio, Via de Mão Dupla, Via de Mão Única, Serviço de emergência inapropriado, Objeto fixo na pista, Objeto inesperado na pista, Animal na Pista, Pedestre	
<i>Rodovia</i>	Boa	Ruim
<i>% de Risco</i>		

Fonte - Autor

Figura B-8 – Formulário 07 enviado para os Especialistas

FORMULÁRIO PARA APRESENTAÇÃO DO PESO PERCENTUAL - FATOR DE RISCO: CONDIÇÕES DO TEMPO		
Especialista:.....		
De acordo com os exemplos mencionados para o Fator de Risco: CONDIÇÕES DO TEMPO , estas situações podem comprometer diretamente a performance do motorista durante o transporte de carga na rodovia. Sendo assim, numa escala de 0 a 100, qual seria o percentual de probabilidade de risco ao considerar as <u>condições do Tempo</u> como <u>Boa</u> ou <u>Ruim</u> ?		
<i>FATOR DE RISCO</i>	<i>EXEMPLOS</i>	
Condições do Tempo	Chuva, Neblina, Temporal + Dirigir a noite, dirigir ao anoitecer, dirigir no início da tarde, dirigir no fim da tarde, dirigir de madrugada.	
<i>Condições do Tempo</i>	Boa	Ruim
<i>% de Risco</i>		

Fonte - Autor

Figura B-9a – Formulário 08 (parte 1) enviado para os Especialistas

FORMULÁRIO PARA APRESENTAÇÃO DO PESO PERCENTUAL - FATOR DE RISCO: ACIDENTES	
Especialista:.....	
<p>Conforme os exemplos mencionados para o Fator de Risco: ACIDENTES, ao considerar também, os exemplos informados quanto ao <u>Perfil do Motorista</u>, podemos entender de forma resumida, que o motorista poderá ser <u>QUALIFICADO</u> ou <u>NÃO QUALIFICADO</u> para exercer as atividades do transporte rodoviário de cargas, bem como as <u>Condições do Veículo</u> e as <u>Características Inapropriadas para o Transporte</u>. Entretanto, um outro fator de risco importante mencionado, é o <u>Ano de Fabricação do Veículo</u> que certamente, irá influenciar nas questões de segurança do transporte dessas mercadorias. Sendo assim, ao considerar o Perfil do Motorista, o Ano de Fabricação do Veículo, associados às Características Inapropriadas para o Transporte, numa escala de 0 a 100, qual seria o percentual de probabilidade de risco para acidentes destas mercadorias transportadas?</p>	
FATOR DE RISCO	EXEMPLOS
Acidentes	Capotamento, Deslizamento, Avaria, Colisão, Tombamento, Derramamento, Vazamento, Contaminação, Explosão, Incêndio.
Perfil do Motorista	Consumo de álcool, Consumo de drogas, Dirigir após o efeito de estimulantes, Fadiga, Cansaço, Stress, Pânico, Imprudência, Erro, Excesso de horas ao volante, Excesso de Km percorridos durante o ano, Excesso de trabalho após o carregamento, Falta de atenção, Poucas horas de sono, Não cumprir as regras de trânsito, Uso de aparelho celular, Ultrapassagem perigosa, Ultrapassagem irregular, Falta da distância de segurança entre veículos, Perda do controle da direção, Curto espaço do veículo à frente, Falha ao verificar o espelho retrovisor + Idade, Problemas familiares, Problema emocional, Problemas psicológico, Problema de saúde, Condição social, Nível de treinamento, Tipo de habilitação, Nível de capacitação, Alimentação Ruim.
Condições do Veículo	Cabines mal projetadas, Cabines ruins, Condições ruins de conservação, Muito tempo de fabricação (modelos velhos), Falta de manutenção, Falhas do equipamento, Estouro de pneus, Problemas nas rodas, Tamanho do veículo, Tipo do veículo, Veículo pesado, Sem ventilação ou refrigeração, Válvulas do tanque com defeito, Tanques danificados, Tecnologia + Pneus, Freios, Lanternas, Tecnologia
Características Inapropriadas para o Transporte	Carregamento e Descarregamento demorados, Características da embalagem, Carregamento inadequado, Container danificado, Excesso de carga, Carga acima do nível permitido.
Condições do Tempo	Chuva, Neblina, Temporal + Dirigir a noite, dirigir ao anoitecer, dirigir no início da tarde, dirigir no fim da tarde, dirigir de madrugada.
Condições da Rodovia	Com buracos, com forte inclinação, com curvas acentuadas, com falta de estrutura, monótonas, com tráfego pesado, desconhecidas, com pedágios, manifestação, em manutenção, com bloqueio, Via de Mão Dupla, Via de Mão Única, Serviço de emergência inadequado, Objeto fixo na pista, Objeto inesperado na pista, Animal na Pista, Pedestre
Tipos de Mercadorias	Classificação
1.Bebidas, 2.Cigarros, 3.Eletrônicos, 4.Farmacêuticos,	Mercadoria de Alto Valor: de 1 a 4
5.Metals, 6.Vestuário, 7.Calçados, 8.Alimentícios,	Mercadoria de Médio Valor: de 5 a 8
9.Minério, 10.Utensílios domésticos, 11.Outros.	Mercadoria de Baixo Valor: de 9 a 11
Produtos Perigosos	Combustível, LPG, Cloro, Tintas, Solventes.

Figura B-9b – Formulário 08 (parte 2) enviado para os Especialistas

<i>Tipos de Mercadorias</i>	<i>Acidentes</i>	<i>% de Probabilidade</i>
Baixo Valor	Se houver	
	Se não houver	
Baixo Valor	Se houver	
	Se não houver	
Baixo Valor	Se houver	
	Se não houver	
Baixo Valor	Se houver	
	Se não houver	

<i>Tipos de Mercadorias</i>	<i>Acidentes</i>	<i>% de Probabilidade</i>
Médio Valor	Se houver	
	Se não houver	
Médio Valor	Se houver	
	Se não houver	
Médio Valor	Se houver	
	Se não houver	
Médio Valor	Se houver	
	Se não houver	

<i>Tipos de Mercadorias</i>	<i>Acidentes</i>	<i>% de Probabilidade</i>
Alto Valor	Se houver	
	Se não houver	
Alto Valor	Se houver	
	Se não houver	
Alto Valor	Se houver	
	Se não houver	
Alto Valor	Se houver	
	Se não houver	

<i>Tipos de Mercadorias</i>	<i>Acidentes</i>	<i>% de Probabilidade</i>
Produtos Perigosos	Se houver	
	Se não houver	
Produtos Perigosos	Se houver	
	Se não houver	
Produtos Perigosos	Se houver	
	Se não houver	
Produtos Perigosos	Se houver	
	Se não houver	

Fonte - Autor

Figura B-10a – Formulário 09 (parte 1) enviado para os Especialistas

FORMULÁRIO PARA APLICAÇÃO DO PESO PERCENTUAL - FATOR DE RISCO: ROUBO	
Especialista:.....	
Conforme os exemplos mencionados para o Fator de Risco: ROUBO , ao considerar também, os demais fatores de riscos como: <u>Tipos de Mercadorias</u> , <u>Perfil do Motorista</u> , <u>Falta de Segurança</u> e <u>Acidentes</u> ; uma vez que temos esta possível combinação de fatores em um determinado evento, numa escala de 0 a 100, qual seria o percentual de probabilidade de risco para o ROUBO?	
FATOR DE RISCO	EXEMPLOS
Roubo	Roubo de Carga, Caminhão, Containers, Paletes, Sequestro, Desengate da carreta, Transbordo da carga, Homicídio, Estupro, Agressão.
Tipos de Mercadorias - Legenda	
1.Bebidas, 2.Cigarros, 3.Eletrônicos, 4.Farmacêuticos,	Mercadoria de Alto Valor: de 1 a 4
5.Metals, 6.Vestuário, 7.Calçados, 8.Alimentícios,	Mercadoria de Médio Valor: de 5 a 8
9.Minério, 10.Utensílios domésticos, 11.Outros.	Mercadoria de Baixo Valor: de 9 a 11
Produtos Perigosos	Combustível, LPG, Cloro, Tintas, Solventes.
Perfil do Motorista	Consumo de álcool, Consumo de drogas, Dirigir após o efeito de estimulantes, Fadiga, Cansaço, Stress, Pânico, Imprudência, Erro, Excesso de horas ao volante, Excesso de Km percorridos durante o ano, Excesso de trabalho após o carregamento, Falta de atenção, Poucas horas de sono, Não cumprir as regras de trânsito, Uso de aparelho celular, Ultrapassagem perigosa, Ultrapassagem irregular, Falta da distância de segurança entre veículos, Perda do controle da direção, Curto espaço do veículo à frente, Falha ao verificar o espelho retrovisor + Idade, Problemas familiares, Problema emocional, Problemas psicológico, Problema de saúde, Condição social, Nível de treinamento, Tipo de habilitação, Nível de capacitação, Alimentação Ruim.
Falta de Segurança	Tipo de Armazém, Invasão, Fraude, Bloqueio na estrada, Localização Ruim dos CDs, Vazamento de informações, Serviço de emergência inapropriado nas estradas.
Acidentes	Capotamento, Deslizamento, Avaria, Colisão, Tombamento, Derramamento, Vazamento, Contaminação, Explosão, Incêndio.

Fonte - Autor

Figura B-10b – Formulário 09 (parte 2) enviado para os Especialistas

<i>Tipos de Mercadorias</i>	<i>Perfil Motorista</i>	<i>Falta de Segurança</i>	<i>Acidentes</i>	<i>% de Probabilidade de ocorrer o Roubo</i>
Baixo Valor	Qualificado	Sim	Se houver	
			Se não houver	
Baixo Valor	Qualificado	Não	Se houver	
			Se não houver	
Baixo Valor	Não Qualificado	Sim	Se houver	
			Se não houver	
Baixo Valor	Não Qualificado	Não	Se houver	
			Se não houver	

<i>Tipos de Mercadorias</i>	<i>Perfil Motorista</i>	<i>Falta de Segurança</i>	<i>Acidentes</i>	<i>% de Probabilidade de ocorrer o Roubo</i>
Médio Valor	Qualificado	Sim	Se houver	
			Se não houver	
Médio Valor	Qualificado	Não	Se houver	
			Se não houver	
Médio Valor	Não Qualificado	Sim	Se houver	
			Se não houver	
Médio Valor	Não Qualificado	Não	Se houver	
			Se não houver	

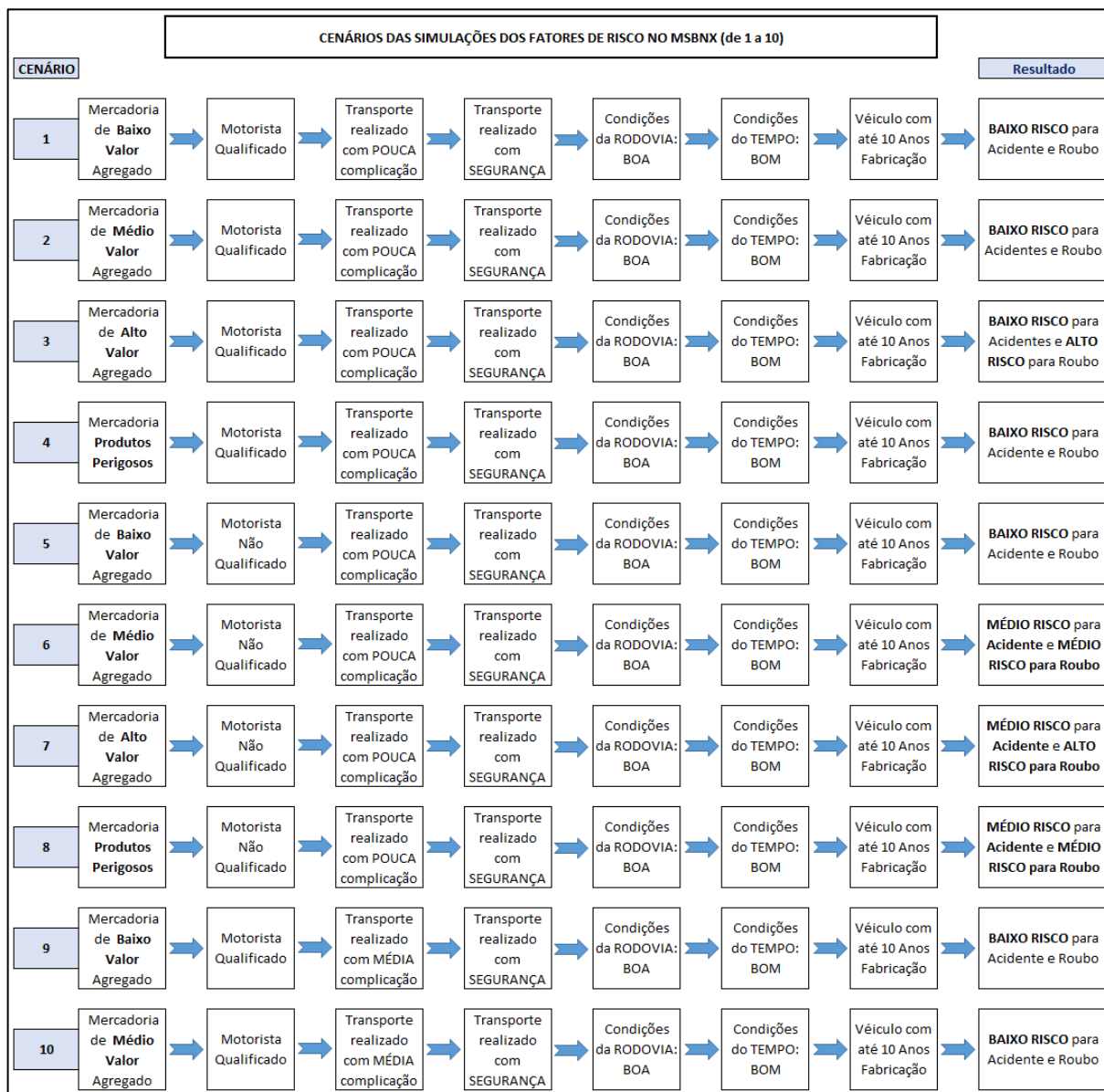
<i>Tipos de Mercadorias</i>	<i>Perfil Motorista</i>	<i>Falta de Segurança</i>	<i>Acidentes</i>	<i>% de Probabilidade de ocorrer o Roubo</i>
Alto Valor	Qualificado	Sim	Se houver	
			Se não houver	
Alto Valor	Qualificado	Não	Se houver	
			Se não houver	
Alto Valor	Não Qualificado	Sim	Se houver	
			Se não houver	
Alto Valor	Não Qualificado	Não	Se houver	
			Se não houver	

<i>Tipos de Mercadorias</i>	<i>Perfil Motorista</i>	<i>Falta de Segurança</i>	<i>Acidentes</i>	<i>% de Probabilidade de ocorrer o Roubo</i>
Produtos Perigosos	Qualificado	Sim	Se houver	
			Se não houver	
Produtos Perigosos	Qualificado	Não	Se houver	
			Se não houver	
Produtos Perigosos	Não Qualificado	Sim	Se houver	
			Se não houver	
Produtos Perigosos	Não Qualificado	Não	Se houver	
			Se não houver	

Fonte - Autor

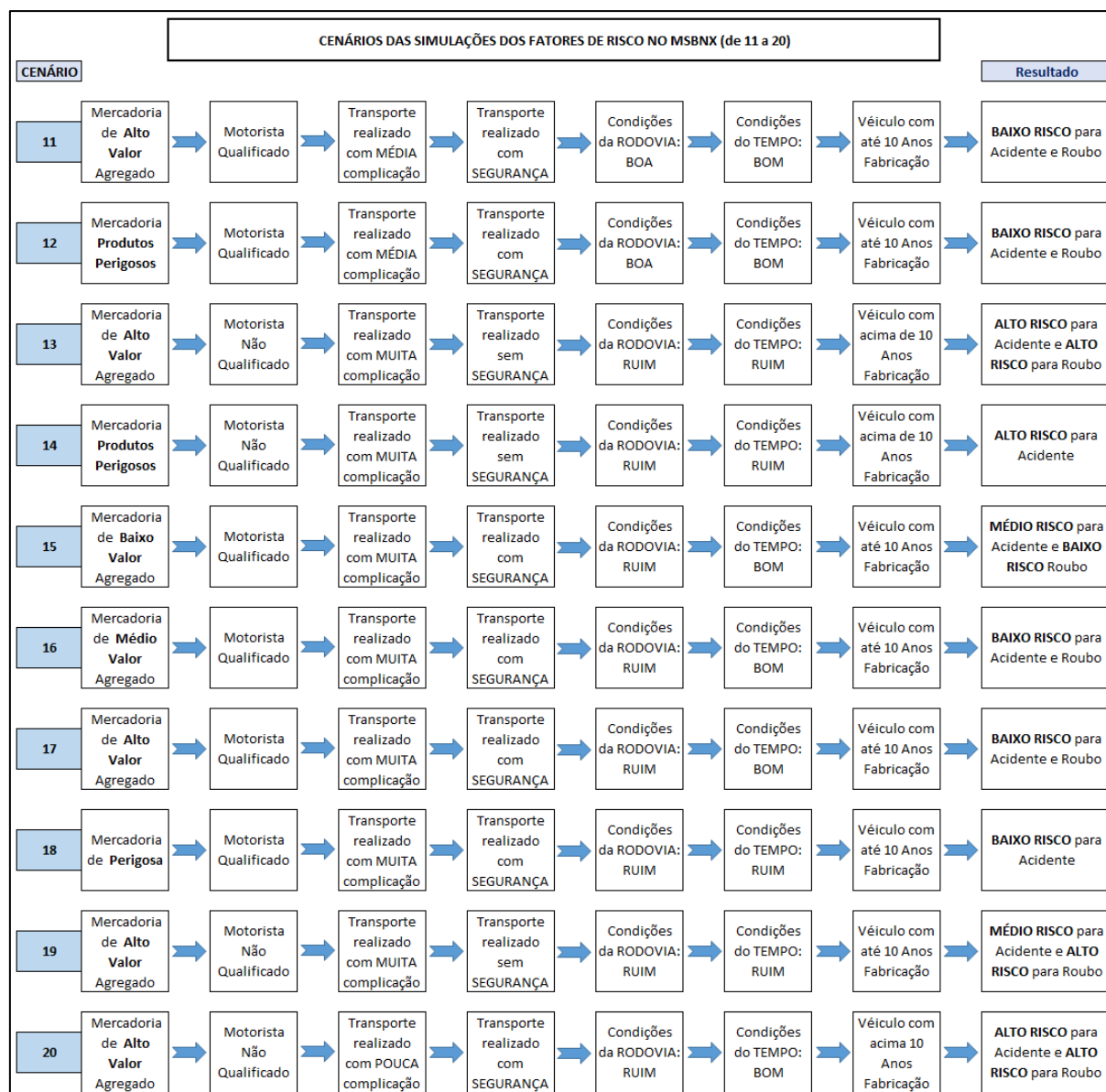
APÊNDICE C - Os 20 Cenários de Riscos da Survey

Figura C-1 – Cenários de Risco (parte 1)



Fonte - Autor

Figura C-2 – Cenários de Risco (parte 2)



Fonte - Autor

APÊNDICE D - Tabela Delphi

As figuras se encontram na horizontal a partir da próxima página.

Figura D-1 – Tabela Delphi (parte 1)

TABELA - TÉCNICA DELPHI											
FATORES DE RISCO (MACRO)	CONCEITOS	EXEMPLOS	PESO	PESO	PESO	PESO	PESO	PESO	PESO	PESO	Total
1	Características Inapropriadas para o Transportes	Entre todos os modais de transporte, o rodoviário, seja o mais adequado para o transporte de mercadorias, quer seja internacionalmente na exportação ou na importação, quer seja no transporte nacional, bem como, nos deslocamentos de curtas e médias distâncias. O transporte rodoviário é bastante recomendado para o transporte de mercadorias de alto valor agregado ou perecível.	Carregamento e Descarregamento demorados, Características da embalagem, Carregamento	3	2	2	2	1	2		12
2	Condição das Rodovias	Estradas inseguras, altamente congestionadas e, em diversas partes, deterioradas. Essa realidade das rodovias brasileiras atrapalha o fluxo de transporte de distribuição e ocasiona problemas com atrasos. Contudo, contratemos nas estradas resultam no descumprimento do prazo de entrega, mais um dos fatores que, junto com as avarias, são fontes de transtornos e reclamações por parte dos clientes.	Com buracos, com forte inclinação, com curvas acentuadas, com falta de estrutura, monótonas, com tráfego pesado, desconhecidas, com pedágios, manifestação, em manutenção, com bloqueio, Via de Mão Dupla, Via de Mão Única, Serviço de emergência inapropriado, Objeto fixo na pista, Objeto inesperado na pista, Animal na Pista, Pedestre	2	3	3	2	2	1		13
3	Comportamento do Motorista	O comportamento é definido como o conjunto de reações de um sistema dinâmico face às interações e renovação propiciadas pelo meio onde está envolvido. Exemplos de comportamentos são: comportamento social, comportamento humano, comportamento informacional (o que o indivíduo faz com relação à informação), etc.	Consumo de álcool, Consumo de drogas, Dirigir após o efeito de estimulantes, Fadiga, Cansaço, Stress, Pânico, Imprudência, Erro, Excesso de horas ao volante, Excesso de Km percorridos durante o ano, Excesso de trabalho após o carregamento, Falta de atenção, Poucas horas de sono, Não cumprir as regras de trânsito, Uso de aparelho celular, Ultrapassagem perigosa, Ultrapassagem irregular, Falta da distância de segurança entre veículos, Perda do controle da direção, Curto espaço do veículo à frente, Falha ao verificar o espelho retrovisor	3	3	3	3	3	3		18
4	Condições de Luminosidade	Implica na condição de visualização durante a viagem, bem como, pode interferir em questões relacionadas ao sono e/ou cansaço, bem como, no grau de visibilidade de um objeto e/ou ambiente.	Dirigir a noite, dirigir ao anoitecer, dirigir no início da tarde, dirigir no fim da tarde, dirigir de madrugada.	2	2	3	2	2	2		13
5	Condições do Tempo	É baseado em dados de diferentes áreas, como a visualização do céu e análise da formação de nuvens, a temperatura observada, a pressão atmosférica	Chuva, Nebulina, Temporal.	1	2	2	2	2	2		11
6	Condições de Tráfego	Consiste na utilização das vias por veículos motorizados, veículos não motorizados, pedestres e animais de tração, para fins de circulação, parada passageira ou estacionamento.	Intenso, Lento.	1	1	1	1	2	1		7
7	Condições do Veículo	É um fator muito importante a ser considerado na ocorrência de acidentes, sendo as condições do veículo responsáveis por um número enorme dos acidentes ocorridos em trânsito, normalmente envolvendo outros veículos, pedestres, animais e o patrimônio público.	Cabines mal projetadas, Cabines ruins, Condições ruins de conservação, Muito tempo de fabricação (modelos velhos), Falta de manutenção, Falhas do equipamento, Estouro de pneus, Problemas nas rodas, Tamanho do veículo, Tipo do veículo, Veículo pesado, Sem ventilação ou refrigeração, Válvulas do tanque com defeito, Tanques danificados, Tecnologia.	2	2	1	3	3	2		13
8	Desempenho de Transporte Inesperado	Situações que podem que podem ocorrer antes, durante ou depois no carregamento e transporte, independentemente do tipo de modal, além de comprometer toda a estratégia de logística, podem acarretar sérios problemas judiciais. Esta situação pode ocorrer pela negligência, imperícia da transportadora, entre outros imprevistos.	Parada forçada, Falsa comunicação de parada, Comportamento desrespeitoso nas estradas, Empresas clandestinas de logística, Rota não definida antecipadamente, Tipo de rota, Ameaça terrorista, Rede viária, Saída da Estrada, Transporte irregular, Ilegal, Clandestino.	3	2	1	2	2	2		12
9	Falta de Segurança	Entre todas as suas etapas, a segurança no transporte é um aspecto desafiador. Como a atividade de movimentação de carga pressupõe a coordenação de operações internas e externas, o controle deve ser preciso e rigoroso para que tudo corra bem.	Armazém, Invasão, Fraude, Bloqueio na estrada, Localização Ruim, Vazamento de informações, Serviço de emergência inapropriado.	2	2	3	3	3	3		16

Fonte - Autor

Figura D-2 – Tabela Delphi (parte 2)

TABELA - TÉCNICA DELPHI										
FATORES DE RISCO (MACRO)	CONCEITOS	EXEMPLOS	PESO	PESO	PESO	PESO	PESO	PESO	PESO	Total
10	Furto	O furto é quando a vítima não está presente e seu bem é tomado sem seu conhecimento. Por exemplo, quando você faz uma parada e, enquanto você está longe, o caminhão é aberto e a carga é levada sem que ninguém note. Também há o chamado "furto qualificado", que ocorre quando o criminoso danifica a propriedade durante a ação, como quebrar uma trava ou uma janela. O prejuízo é o mesmo, mas a diferença é o nível de violência na ação.	Parcial, Total, Desvio da Carga, Apropriação Indébita, Perda da Carga.	3	3	3	2	2	2	15
11	Manutenção Preventiva dos Equipamentos (nos veículos)	Presença de veículos de transporte antigos e em péssimas condições de conservação. A consequência para isso é grave: falta de segurança nas estradas, atrasos constantes na entrega das mercadorias e alto custo com manutenção da frota.	Pneus, Freios, Lanternas, Tecnologia.	3	2	2	3	3	3	16
12	Tipos de Acidente	Evento inesperado e indesejável que causa danos pessoais, materiais (danos ao patrimônio), danos financeiros e que ocorre de modo não intencional.	Capotamento, Deslizamento, Avaria, Colisão, Tombamento, Derramamento, Vazamento, Contaminação, Explosão, Incêndio.	3	3	1	1	3	1	12
13	Tipos de Mercadorias	Se os produtos transportados precisam de atenção especial (como perecíveis, valiosos e visados), requerendo uma tratativa diferenciada por parte da transportadora, o valor cobrado sobe. Isso é necessário para cobrir os custos com embalagens reforçadas, veículos especiais, investimentos em contratação de seguros extras, entre outros.	Alimentícios, Cigarros, Metais, Eletrônicos, Farmacêuticos, Bebidas, Calçados, Minério, Utensílios domésticos, Vestuário.	3	3	1	2	3	2	14
14	Perfil do Motorista	É sabido que um dos maiores desafios da logística como um todo é a dificuldade de encontrar profissionais capacitados e experientes. O transporte é uma atividade delicada e de alta responsabilidade. Além disso, esses colaboradores precisam lidar com níveis intensos de estresse durante sua atividade. Contar com motoristas qualificados é imprescindível. Para isso, empresas precisam oferecer treinamentos, boas condições de trabalho e salário compatível com o mercado.	Idade, Problemas familiares, Problema emocional, Problemas psicológico, Problema de saúde, Condição social, Nível de treinamento, Tipo de habilitação, Nível de capacitação, Alimentação Ruim.	3	2	2	3	3	3	16
15	Produtos Perigosos	Os produtos químicos, dependendo das suas características, podem servir para limpar, desinfetar, eliminar pragas ou levar a cabo diversos processos industriais. São usados, por conseguinte, nas fábricas, nas casas particulares e os campos destinados à agricultura, entre muitos outros espaços. Os cuidados necessários envolvem tanto a manutenção adequada da frota quanto o treinamento e capacitação dos motoristas e demais colaboradores responsáveis pelos processos, de modo a evitar acidentes que possam causar prejuízos à propriedade ou à vida.	Combustíveis, Tintas, Solventes, Vernizes, Amônia, LPG, Cloro, Defensivos agrícolas, Nível de Toxicidade da Carga, Risco ao meio ambiente.	2	2	1	2	2	2	11
16	Roubo	O primeiro problema apresentado tem relação com a segurança de caminhões, cargas e caminhoneiros na estrada. Trata-se de um dos maiores desafios a se enfrentar no país - o Roubo - e que, só no ano de 2016, provocou um prejuízo de R\$ 1,4 bilhão ao setor. Atualmente, existem inúmeras quadrilhas especializadas no roubo de cargas, com aparelhamento e técnicas cada vez mais evoluídas, o que salienta ainda mais a necessidade de encarar o problema com seriedade e estratégia.	Carga, Caminhão, Containers, Paletes, Sequestro, Desengate da carreta, Transbordo da carga, Homicídio, Estupro, Agressão.	3	3	3	3	3	3	18

TÉCNICA DELPHI	
Esta técnica será considerada para obter as opiniões através de recurso exploratório.	
Através do recurso exploratório, os itens (Fatores Macros de Risco) serão classificados por especialistas com mais de 10 anos de experiência.	
A participação deverá ocorrer de forma anônima e individual, de maneira a evitar qualquer tipo de influência na decisão.	
Ao especialista caberá a atribuição de pesos aos 16 FATORES DE RISCO que foram extraídos da literatura e serão devidamente, medidos de acordo com o devido grau de importância.	
Grau de Importância do Risco	
1	BAIXA importância
2	MÉDIA importância
3	ALTA importância

Fonte - Autor

APÊNDICE E – Resultado das Médias Geométricas por Fator de Risco

Figura E-1 – Valor percentual (%) da Média Geométrica do fator de risco Tipo de Mercadoria

Baixo Valor	Medio Valor	Alto Valor	Prod Perigosos
15	22	41	22

Fonte: o Autor

Figura E-2 – Valor percentual (%) da Média Geométrica do fator de risco Segurança no Transporte

Sim	Nao
32	68

Fonte: o Autor

Figura E-3 – Valor percentual (%) da Média Geométrica do fator de risco Características do Transporte Inapropriado

Pouco Inaprop	Inapropriado	Muito Inaprop
44	32	24

Fonte: o Autor

Figura E-4 – Valor percentual (%) da Média Geométrica do fator de risco Condições de Veículo

Ate 10 Anos	Acima 10 Anos
31	69

Fonte: o Autor

Figura E-5 – Valor percentual (%) da Média Geométrica do fator de risco Condições da Rodovia

Boa	Ruim
21	79

Fonte: o Autor

Figura E-6 – Valor percentual (%) da Média Geométrica do fator de risco Condições do Tempo

Bom	Ruim
22	78

Fonte: o Autor

Figura E-7 – Valor percentual (%) da Média Geométrica do fator de risco Perfil do Motorista

Qualificado	Nao Qualificado
24	76

Fonte: o Autor

Figura E-8 – Valor percentual (%) da Média Geométrica do fator de risco Roubo

Tipos_Mercadorias	Perfil_Motorista	Seguranca_Transporte	Acidentes	Sim	Nao
Baixo Valor 9a11	Qualificado	Sim	Sim	15	85
Baixo Valor 9a11	Qualificado	Sim	Nao	13	87
Baixo Valor 9a11	Qualificado	Nao	Sim	20	80
Baixo Valor 9a11	Qualificado	Nao	Nao	17	83
Baixo Valor 9a11	Nao Qualificado	Sim	Sim	27	73
Baixo Valor 9a11	Nao Qualificado	Sim	Nao	23	77
Baixo Valor 9a11	Nao Qualificado	Nao	Sim	36	64
Baixo Valor 9a11	Nao Qualificado	Nao	Nao	32	68
Medio Valor 5a8	Qualificado	Sim	Sim	44	56
Medio Valor 5a8	Qualificado	Sim	Nao	41	59
Medio Valor 5a8	Qualificado	Nao	Sim	51	49
Medio Valor 5a8	Qualificado	Nao	Nao	49	51
Medio Valor 5a8	Nao Qualificado	Sim	Sim	55	45
Medio Valor 5a8	Nao Qualificado	Sim	Nao	51	49
Medio Valor 5a8	Nao Qualificado	Nao	Sim	64	36
Medio Valor 5a8	Nao Qualificado	Nao	Nao	69	31
Alto Valor 1a4	Qualificado	Sim	Sim	53	47
Alto Valor 1a4	Qualificado	Sim	Nao	44	56
Alto Valor 1a4	Qualificado	Nao	Sim	70	30
Alto Valor 1a4	Qualificado	Nao	Nao	63	37
Alto Valor 1a4	Nao Qualificado	Sim	Sim	83	17
Alto Valor 1a4	Nao Qualificado	Sim	Nao	75	25
Alto Valor 1a4	Nao Qualificado	Nao	Sim	96	4
Alto Valor 1a4	Nao Qualificado	Nao	Nao	90	10
Prod Perigosos	Qualificado	Sim	Sim	1	99
Prod Perigosos	Qualificado	Sim	Nao	1	99
Prod Perigosos	Qualificado	Nao	Sim	10	90
Prod Perigosos	Qualificado	Nao	Nao	15	85
Prod Perigosos	Nao Qualificado	Sim	Sim	51	49
Prod Perigosos	Nao Qualificado	Sim	Nao	49	51
Prod Perigosos	Nao Qualificado	Nao	Sim	22	78
Prod Perigosos	Nao Qualificado	Nao	Nao	78	22

Fonte: o Autor

Figura E-9a – Valor percentual (%) da Média Geométrica
do fator de risco Acidente (parte 1)

Perfil_Motorista	Condicoes_Veiculo	Carac_Transp_Inaprop	Condicoes_Tempo	Condicoes_Rodovia	Tipos_Mercadorias	Sim	Nao
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Baixo Valor 9a11	5	95
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Medio Valor 5a8	7	93
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Alto Valor 1a4	10	90
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Prod Perigosos	5	95
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Baixo Valor 9a11	16	84
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Medio Valor 5a8	18	82
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Alto Valor 1a4	21	79
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Prod Perigosos	16	84
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Baixo Valor 9a11	25	75
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Medio Valor 5a8	27	73
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Alto Valor 1a4	29	71
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Prod Perigosos	21	79
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Baixo Valor 9a11	33	67
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Medio Valor 5a8	33	67
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Alto Valor 1a4	36	64
Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Prod Perigosos	25	75
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Baixo Valor 9a11	34	66
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Medio Valor 5a8	35	65
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Alto Valor 1a4	37	63
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Prod Perigosos	27	73
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Baixo Valor 9a11	35	65
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Medio Valor 5a8	36	64
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Alto Valor 1a4	37	63
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Prod Perigosos	28	72
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Baixo Valor 9a11	37	63
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Medio Valor 5a8	37	63
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Alto Valor 1a4	38	62
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Prod Perigosos	29	71
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Baixo Valor 9a11	38	62
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Medio Valor 5a8	38	62
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Alto Valor 1a4	39	61
Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Prod Perigosos	30	70
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Baixo Valor 9a11	35	65
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Medio Valor 5a8	37	63
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Alto Valor 1a4	42	58
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Prod Perigosos	35	65
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Baixo Valor 9a11	41	59
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Medio Valor 5a8	41	59
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Alto Valor 1a4	44	56
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Prod Perigosos	38	62
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Baixo Valor 9a11	40	60
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Medio Valor 5a8	42	58
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Alto Valor 1a4	44	56
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Prod Perigosos	40	60
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Baixo Valor 9a11	43	57
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Medio Valor 5a8	44	56
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Alto Valor 1a4	44	56
Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Prod Perigosos	45	55
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Baixo Valor 9a11	40	60
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Medio Valor 5a8	44	56
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Alto Valor 1a4	46	54
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Prod Perigosos	46	54
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Baixo Valor 9a11	40	60
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Medio Valor 5a8	46	54
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Alto Valor 1a4	46	54
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Prod Perigosos	47	53
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Baixo Valor 9a11	40	60
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Medio Valor 5a8	47	53
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Alto Valor 1a4	47	53
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Prod Perigosos	47	53
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Baixo Valor 9a11	47	53
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Medio Valor 5a8	47	53
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Alto Valor 1a4	47	53
Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Prod Perigosos	48	52

Fonte: o Autor

Figura E-9b – Valor percentual (%) da Média Geométrica
do fator de risco Acidente (parte 2)

Perfil_Motorista	Condicoes_Veiculo	Carac_Transp_Inaprop	Condicoes_Tempo	Condicoes_Rodovia	Tipos_Mercadorias	Sim	Nao
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Baixo Valor 9a11	48	52
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Medio Valor 5a8	48	52
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Alto Valor 1a4	48	52
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Prod Perigosos	48	52
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Baixo Valor 9a11	48	52
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Medio Valor 5a8	48	52
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Alto Valor 1a4	49	51
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Prod Perigosos	49	51
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Baixo Valor 9a11	49	51
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Medio Valor 5a8	49	51
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Alto Valor 1a4	49	51
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Prod Perigosos	49	51
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Baixo Valor 9a11	49	51
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Medio Valor 5a8	49	51
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Alto Valor 1a4	50	50
Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Prod Perigosos	50	50
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Baixo Valor 9a11	50	50
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Medio Valor 5a8	50	50
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Alto Valor 1a4	50	50
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Prod Perigosos	50	50
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Baixo Valor 9a11	50	50
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Medio Valor 5a8	50	50
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Alto Valor 1a4	51	49
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Prod Perigosos	51	49
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Baixo Valor 9a11	51	49
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Medio Valor 5a8	51	49
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Alto Valor 1a4	51	49
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Prod Perigosos	51	49
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Baixo Valor 9a11	51	49
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Medio Valor 5a8	51	49
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Alto Valor 1a4	52	48
Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Prod Perigosos	52	48
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Baixo Valor 9a11	52	48
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Medio Valor 5a8	52	48
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Alto Valor 1a4	52	48
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Prod Perigosos	52	48
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Baixo Valor 9a11	52	48
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Medio Valor 5a8	53	47
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Alto Valor 1a4	53	47
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Prod Perigosos	53	47
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Baixo Valor 9a11	51	49
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Medio Valor 5a8	53	47
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Alto Valor 1a4	53	47
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Prod Perigosos	54	46
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Baixo Valor 9a11	53	47
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Medio Valor 5a8	54	46
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Alto Valor 1a4	54	46
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Prod Perigosos	54	46
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Baixo Valor 9a11	54	46
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Medio Valor 5a8	54	46
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Alto Valor 1a4	54	46
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Prod Perigosos	55	45
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Baixo Valor 9a11	54	46
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Medio Valor 5a8	55	45
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Alto Valor 1a4	55	45
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Prod Perigosos	56	44
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Baixo Valor 9a11	55	45
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Medio Valor 5a8	55	45
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Alto Valor 1a4	55	45
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Prod Perigosos	56	44
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Baixo Valor 9a11	55	45
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Medio Valor 5a8	56	44
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Alto Valor 1a4	56	44
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Prod Perigosos	62	38

Fonte: o Autor

Figura E-9c – Valor percentual (%) da Média Geométrica
do fator de risco Acidente (parte 3)

Perfil_Motorista	Condicoes_Veiculo	Carac_Transp_Inaprop	Condicoes_Tempo	Condicoes_Rodovia	Tipos_Mercadorias	Sim	Nao
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Baixo Valor 9a11	58	42
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Medio Valor 5a8	60	40
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Alto Valor 1a4	62	38
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Prod Perigosos	68	32
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Baixo Valor 9a11	64	36
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Medio Valor 5a8	68	32
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Alto Valor 1a4	68	32
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Prod Perigosos	69	31
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Baixo Valor 9a11	69	31
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Medio Valor 5a8	69	31
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Alto Valor 1a4	69	31
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Prod Perigosos	70	30
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Baixo Valor 9a11	70	30
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Medio Valor 5a8	70	30
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Alto Valor 1a4	71	29
Nao Qualificado	Ate 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Prod Perigosos	71	29
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Baixo Valor 9a11	72	28
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Medio Valor 5a8	71	29
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Alto Valor 1a4	71	29
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Boa	Prod Perigosos	72	28
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Baixo Valor 9a11	71	29
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Medio Valor 5a8	72	28
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Alto Valor 1a4	72	28
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Bom	Ruim	Prod Perigosos	72	28
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Baixo Valor 9a11	72	28
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Medio Valor 5a8	73	27
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Alto Valor 1a4	73	27
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Boa	Prod Perigosos	72	28
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Baixo Valor 9a11	73	27
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Medio Valor 5a8	73	27
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Alto Valor 1a4	74	26
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Pouco Inaprop	Ruim	Ruim	Prod Perigosos	70	30
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Baixo Valor 9a11	74	26
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Medio Valor 5a8	74	26
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Alto Valor 1a4	75	25
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Boa	Prod Perigosos	70	30
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Baixo Valor 9a11	75	25
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Medio Valor 5a8	75	25
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Alto Valor 1a4	76	24
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Bom	Ruim	Prod Perigosos	75	25
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Baixo Valor 9a11	76	24
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Medio Valor 5a8	76	24
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Alto Valor 1a4	76	24
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Boa	Prod Perigosos	75	25
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Baixo Valor 9a11	77	23
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Medio Valor 5a8	77	23
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Alto Valor 1a4	78	22
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Inapropriado	Ruim	Ruim	Prod Perigosos	78	22
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Baixo Valor 9a11	81	19
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Medio Valor 5a8	84	16
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Alto Valor 1a4	89	11
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Boa	Prod Perigosos	80	20
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Baixo Valor 9a11	85	15
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Medio Valor 5a8	88	12
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Alto Valor 1a4	90	10
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Bom	Ruim	Prod Perigosos	85	15
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Baixo Valor 9a11	89	11
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Medio Valor 5a8	91	9
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Alto Valor 1a4	92	8
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Boa	Prod Perigosos	95	5
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Baixo Valor 9a11	89	11
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Medio Valor 5a8	91	9
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Alto Valor 1a4	92	8
Nao Qualificado	Acima 10 Anos	Muito Inaprop	Ruim	Ruim	Prod Perigosos	95	5

Fonte: o Autor