



RELATÓRIO TÉCNICO



GRUPO 2, PRODUTO 4

ORDEM DE SERVIÇO: 010/2019, PROCESSO Nº 50500.351602/2019-88

REVISÃO DE METODOLOGIA DE DEFINIÇÃO, MONITORAMENTO E ATUALIZAÇÃO DE DADOS E INFORMAÇÕES COM VISTAS À IMPLEMENTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE PISOS MÍNIMOS DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS E À ADEQUAÇÃO DA TABELA DE FRETES

COORDENADOR: PROF. JOSÉ VICENTE CAIXETA FILHO

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT

FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ

**REVISÃO DE METODOLOGIA DE DEFINIÇÃO,
MONITORAMENTO E ATUALIZAÇÃO DE DADOS E
INFORMAÇÕES COM VISTAS À IMPLEMENTAÇÃO DA
POLÍTICA NACIONAL DE PISOS MÍNIMOS DO TRANSPORTE
RODOVIÁRIO DE CARGAS E À ADEQUAÇÃO DA TABELA DE
FRETES**

Equipes técnicas envolvidas:

ANTT:

Alam Gonçalves Guimarães – SUROC
André Sousa Ramos – SUROC
Hugo Alves Silva Ribeiro – SUREG
Iana Araujo Rodrigues – SUROC
José da Silva Santos – SUFIS
Rodrigo Lúcius de Amorim – SUROC
Tito Livio Pereira Queiroz e Silva – SUROC
Wilton Costa Drumond Sousa – SUROC

FEALQ/ESALQ-LOG/USP:

Daniela Bacchi Bartholomeu
José Vicente Caixeta Filho
Rodrigo de Moraes Santos
Thiago Guilherme Péra

VERSÃO REVISADA - OUTUBRO DE 2020

Glossário

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

ESALQ-LOG – Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial

FEALQ – Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz

PNPM-TRC – Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas

TRC – Transporte Rodoviário de Cargas

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. TEORIA GERAL SOBRE RISCOS E MATRIZ DE RISCOS	7
2.1 Teoria Geral sobre Riscos	7
2.1.1 Estabelecimento do contexto	10
2.1.2 Identificação dos riscos	10
2.1.3 Análise dos riscos	12
2.1.4 Avaliação dos riscos	15
2.1.5 Propostas de tratamento dos riscos	15
2.2 Matriz de Riscos	16
3. MATRIZ DE RISCOS FUZZY APLICADA À PNPM-TRC	25
3.1 Estabelecimento do contexto	25
3.2 Identificação dos riscos	26
3.3 Análise descritiva dos dados e dos riscos	28
3.3.1 Perfil dos respondentes	28
3.3.2 Impactos da PNPM-TRC nos preços dos fretes	30
3.4 Avaliação dos Riscos da PNPM-TRC	34
3.4.1 Níveis de impacto e probabilidade dos desdobramentos da PNPM-TRC	34
3.4.2 Procedimentos para Construção da Matriz de Riscos da PNPM-TRC	39
3.4.3 A Matriz de Riscos da PNPM-TRC	50
3.5 Discussões e recomendações a respeito da matriz de riscos	53
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS	63
ANEXO 1 – DETALHAMENTO DA INFERÊNCIA FUZZY	67

1. INTRODUÇÃO

Este relatório dá sequência a uma série de estudos e análises sobre o mercado de transporte rodoviário de cargas, e tem o objetivo de elaborar uma Matriz de Riscos da Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas (PNPM-TRC). Possui relação bastante estreita com os relatórios do Produto 2 e principalmente com o Produto 3, no sentido de que as informações e o desenvolvimento dos mesmos são importantes para embasar e subsidiar o desenvolvimento deste presente Relatório. No Produto 2, por exemplo, consta uma ampla pesquisa qualitativa cujos resultados foram relevantes para sinalizar as opiniões dos agentes do TRC a respeito dos efeitos da PNPM-TRC e, conseqüentemente, subsidiar a elaboração dos questionários estruturados (disponíveis no Produto 3) aplicados para levantamento de informações necessárias para a pesquisa quantitativa aqui desenvolvida. A Figura 1 ilustra a sequência e a relação entre os Produtos 2, 3 e 4.

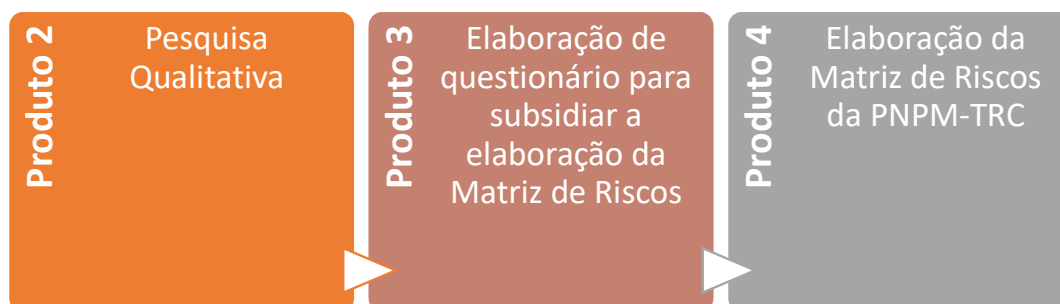


Figura 1 – Sequência e relação entre os Produtos 2, 3 e 4

O processo de avaliação de riscos da PNPM-TRC se deu por meio de um processo de inferência fuzzy a partir da combinação entre a probabilidade de ocorrência dos eventos (ou desdobramentos) analisados e os seus impactos, de acordo com a avaliação dos agentes do TRC que responderam ao questionário. Neste sentido, foram adotados os procedimentos metodológicos para elaboração de matrizes de risco fuzzy (MARKOWISKI; MANNAN, 2008), a partir da agregação das respostas de probabilidade e impacto dos eventos associados aos desdobramentos da PNPM – TRC.

Este relatório é dividido da seguinte maneira: o Capítulo 2 apresenta uma discussão sobre a teoria geral e aplicações da avaliação de riscos. O Capítulo 3 aplica o passo-a-passo da avaliação de riscos para o caso da PNPM-TRC. Portanto, nele estão descritos os procedimentos metodológicos adotados, os resultados obtidos e a avaliação de riscos propriamente dita. O Capítulo 4 apresenta algumas considerações finais, destacando os aspectos mais importantes da pesquisa.

2. TEORIA GERAL SOBRE RISCOS E MATRIZ DE RISCOS

2.1 Teoria Geral sobre Riscos

Organizações de todos os tipos e tamanhos estão sujeitas a eventos que podem gerar incerteza com relação ao alcance de seus objetivos. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2009), o efeito dessa incerteza é denominado “risco”. O conceito atual de risco envolve a quantificação e qualificação da incerteza, tanto no que diz respeito às “perdas” como aos “ganhos” com relação às diretrizes planejadas, seja por indivíduos ou organizações (STJ, 2016).

Conforme exposto no relatório de gestão de riscos da Agência Nacional do Petróleo – ANP (2019), a palavra “risco” remete a um evento interno ou externo que pode resultar em um impacto negativo. Quando o evento também é incerto, mas pode causar um impacto positivo, tem-se uma “oportunidade”. Como definição, o emprego da palavra “risco” no presente relatório será utilizada para se referir a eventos incertos que podem resultar tanto em consequências negativas (ameaças) quanto positivas (oportunidades).

Margarida (2008) aponta que a exposição a riscos negativos pode acarretar em prejuízos de ordem social ou econômica. Os prejuízos sociais culminam na queda do nível de bem-estar da comunidade afetada, além de haver o incremento de problemas relacionados à saúde e à integridade da população. No entanto, os prejuízos econômicos causam perda de atividade econômica existente ou potencial.

Os riscos podem ser mensurados em função probabilidade de ocorrência de um evento adverso juntamente ao grau de vulnerabilidade do sistema receptor diante de seus efeitos. Para Margarida (2008), a redução dos riscos e desastres pode ser alcançada com a atuação sobre as ameaças identificadas na análise de risco, buscando alternativas que reduzam a susceptibilidade, intensidade e probabilidade de ocorrência.

Com as constantes mudanças nos ambientes externos e internos às empresas, a necessidade de gestão de riscos por parte das organizações públicas e privadas é crescente e constante. No Brasil, uma série de órgãos públicos apresentam metodologias para gestão de riscos dos seus processos internos, a saber: Tribunal de

Contas da União (2017); Ministério da Justiça (2018); Ministério do Planejamento (2018); Inmetro (2019); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2019); Empresa de Planejamento e Logística - EPL (2017) e Agência Nacional do Petróleo - ANP (2019).

A maioria desses órgãos toma como base três grandes modelos de referência para modelagem dos seus processos de gestão de riscos: o COSO – Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission; a ISO 31000:2009 e o “The Orange Book Management of Risk – Principles and Concepts”.

A metodologia proposta pela COSO, inicialmente apresentada por Moeller (2007), divide a gestão de riscos em três dimensões: i) componentes do gerenciamento de risco, que considera o “ambiente interno, fixação de objetivos, identificação de eventos, avaliação de riscos, resposta aos riscos, atividades de controle, informações e comunicações e monitoramento”; ii) as categorias de objetivos, divididas em estratégico, operacional, comunicação e conformidade; iii) nível organizacional, que varia conforme a estrutura da organização exposta aos eventos negativos (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA, 2018).

Já a ISO 30000:2009 traz princípios e diretrizes para a gestão de riscos genéricos, e pode ser aplicada tanto no setor público, quanto no setor privado. Nela, o processo de gestão de riscos envolve o estabelecimento de um contexto, identificação dos riscos, análise dos riscos, avaliação dos riscos e proposição de medidas para a gestão desses riscos (ABNT, 2009).

Por fim, o “The Orange Book Management of Risk – Principles and Concepts” propõe boas práticas para a gestão dos riscos a níveis organizacionais, e também pode ser utilizado tanto para empresas públicas quanto privadas (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA, 2018).

A partir do documento do Ministério da Justiça (2018), que sintetiza as três metodologias, entende-se que as diretrizes internacionais (“The Orange Book” e o COSO) têm grande aplicação e relevância quando os riscos são analisados a níveis organizacionais, mesmo afetados pelo ambiente macro. Já a abordagem da ABNT (2009)

traz uma gestão de riscos mais genérica, e apresenta grande compatibilidade com o levamento a ser realizado no presente trabalho.

Segundo a ABNT (2009), a sistemática para a gestão de riscos envolve três grandes etapas: i) definição do contexto; ii) avaliação dos riscos e iii) proposição de formas para tratamento desses riscos. Todas essas fases devem ser comunicadas com a equipe e monitoradas constantemente, passando por um constante processo de aperfeiçoamento. O fluxograma dessas atividades, bem como um maior detalhamento do processo de avaliação de riscos, está ilustrado na Figura 2, com as três atividades mencionadas destacadas em azul.

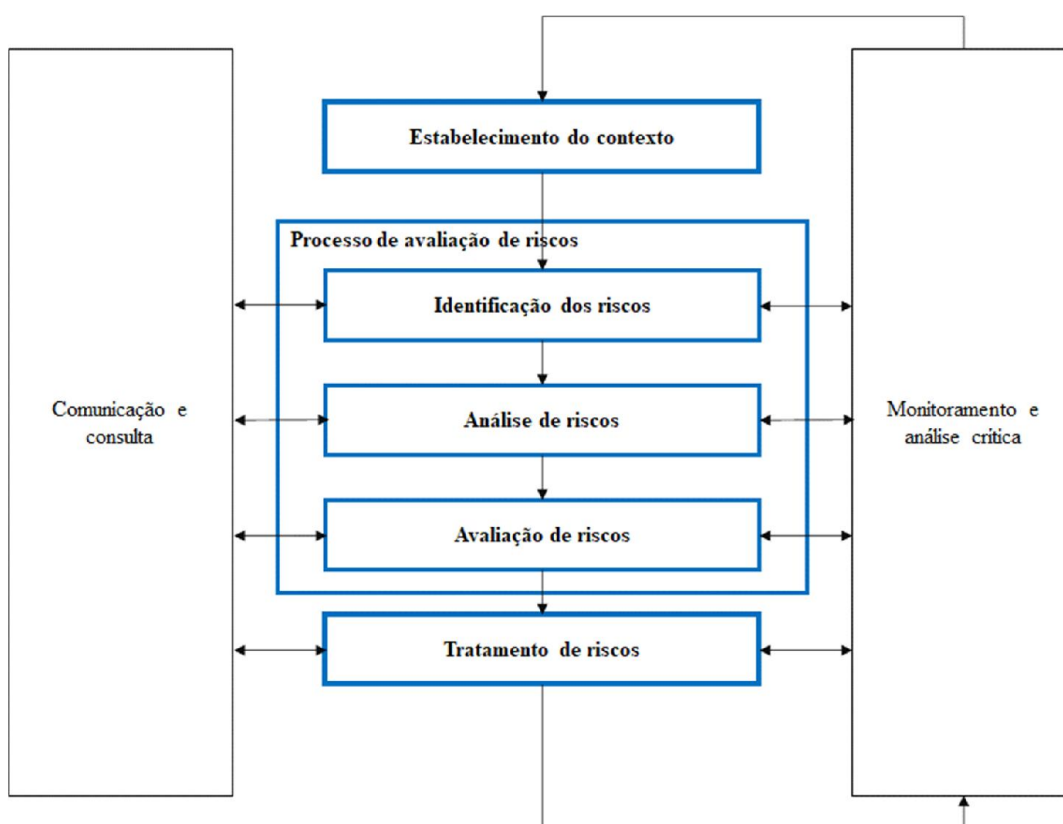


Figura 2 - Processo de gerenciamento de riscos

Fonte: ABNT (2009).

As próximas seções buscam detalhar os procedimentos de gerenciamento de riscos proposto pela ABNT (2009). Mesmo utilizando esse procedimento como foco,

contribuições de outras metodologias complementares propostas pela literatura podem ser utilizadas.

2.1.1 Estabelecimento do contexto

Conforme indicado pela ABNT (2009), estabelecer um contexto consiste no primeiro passo para iniciar o processo de gestão de riscos. Nele, deve-se compreender quais são os fatores influenciadores do ambiente externo e do ambiente interno da organização, bem como definir o escopo do processo e os critérios que serão considerados nesse gerenciamento.

Essa definição do contexto pode envolver, dentre outros fatores, as atividades geradoras de riscos e a sua relação com organizações, agentes e demais processos impactados; as metodologias que serão utilizadas para avaliação dos riscos; as decisões que podem ser tomadas para mitigar os riscos e possíveis estudos futuros necessários (ABNT, 2009).

Um dos elementos centrais dessa fase é representado pela definição das atividades de risco. Para isso, deve-se levantar, para cada evento, a sua natureza, causas e consequências, a metodologia sobre como será definida a probabilidade; o impacto e o ponto de vista das partes interessadas; e se convém agrupar múltiplos riscos em uma grande classificação (ABNT, 2009).

2.1.2 Identificação dos riscos

De acordo com Margarida (2008), o principal objetivo da identificação de riscos é reconhecer os eventos ou combinações de eventos que podem ocasionar danos ao ser humano, à propriedade ou ao ambiente, ou mesmo prejuízos econômicos e sociais.

Segundo a ABNT (2009), os riscos podem ser definidos a partir de ferramentas e técnicas de identificação que possibilitem uma grande abrangência do problema e levarem os riscos mais atuais possíveis. Para a Associação, é de suma importância o

envolvimento de agentes que tenham um conhecimento adequado sobre o tema analisado.

Conforme ressaltado pelo IBGE (2019), a identificação dos riscos pode seguir a lógica de uma ferramenta chamada “bow-tie”. Essa ferramenta leva em consideração a lógica “causa-evento-consequência”, na qual cada consequência representa um risco, negativo ou positivo. A ferramenta pode ser ilustrada de uma maneira genérica conforme exposto na Figura 3.

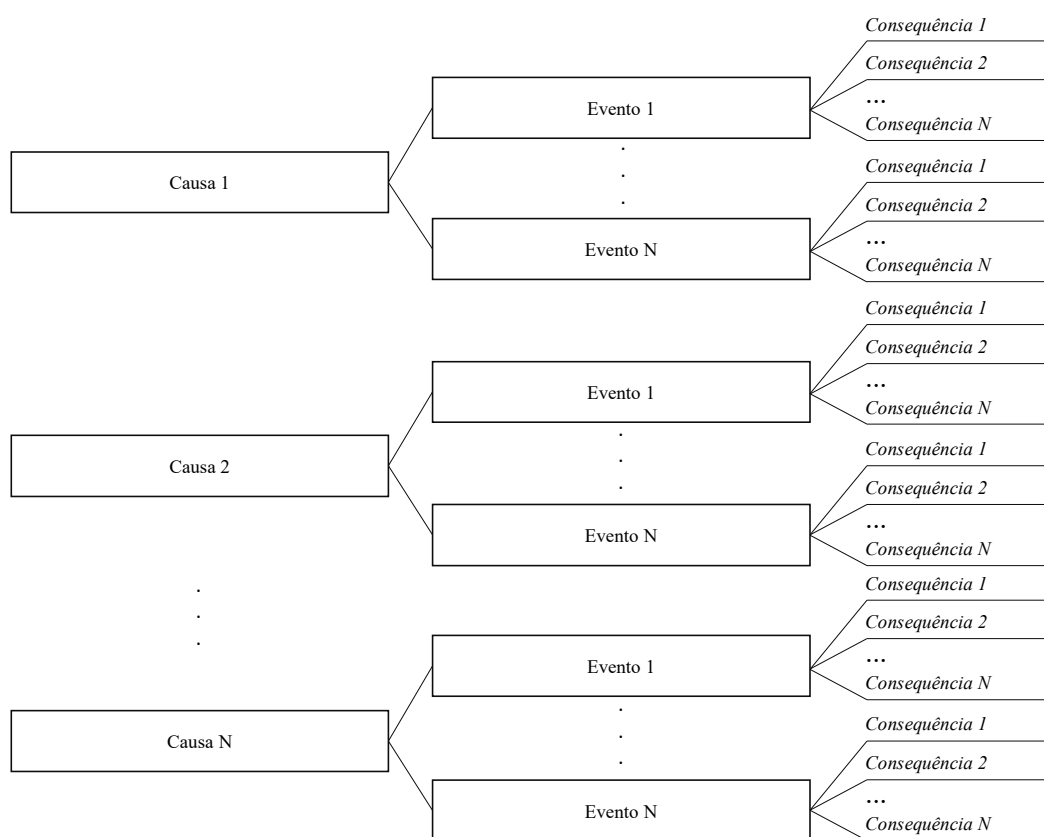


Figura 3 - Ferramenta “bow-tie”

Fonte: IBGE (2019).

2.1.3 Análise dos riscos

A abordagem utilizada para realizar a análise dos riscos pode ser de natureza qualitativa, semiquantitativa, quantitativa ou uma combinação entre elas (ABNT, 2009). Margarida (2008) apresenta algumas metodologias já estabelecidas para a análise de riscos, assim como o estudo de Martins e Natacci (2009). Ao todo, foram elencadas 12 metodologias que podem ser empregadas para análise de riscos, a saber:

- i. Lista de verificação (checklist): são estabelecidos critérios, em uma estrutura de lista com perguntas e respostas, que buscam identificar a ocorrência de conformidades ou não, incluindo recomendações para solucionar as não conformidades. Esse tipo de análise pode ser usada para situações em que se necessita de alto nível de detalhamento, fornecendo estruturas para entrevistas, procedimentos operacionais e inspeções de campo. Frequentemente é utilizada como complemento às análises “What-if” (item “b”) (MARGARIDA, 2008);
- ii. Análise "E se?" (what-if?): a análise What-if lança mão de questionamentos amplos, de discussões exaustivas e estruturadas para detectar condições de anormalidade que possam resultar em eventos indesejáveis ou, até mesmo, identificar a possibilidade de adoção de técnicas que permitam a prevenção de tais ocorrências. Tem como resultado descrições qualitativas dos problemas potenciais, na forma de perguntas e respostas e listas de recomendações. Essa análise pode ser empregada em quase todos os tipos de situações, principalmente, em casos de falhas relativamente simples (MARGARIDA, 2008);
- iii. Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA): tal análise pode ser aplicada a qualquer sistema bem definido, servindo como base para a definição e otimização da manutenção planejada de equipamentos, sendo mais indicada para avaliações de processos, de sistemas elétricos e mecânicos. É indicada para análises de condições operacionais, sendo o seu desenvolvimento baseado na utilização de tabelas e gerador de descrições qualitativas das falhas potenciais. A identificação dos possíveis

modos de falha requer grande amplitude de detalhes, assegurando que falhas em componentes do sistema não resultem em problemas de funcionamento, posto haver recursos suficientes para sua compensação (MARGARIDA, 2008);

- iv. Análise de Perigos e Operabilidade (HAZOP - Hazard and Operability Study): essa técnica utiliza de palavras-chave, nesse caso, adjetivos e parâmetros que auxiliam os grupos de indivíduos com experiência no assunto a identificarem perigos potenciais e preocupações com a operabilidade de equipamentos e sistemas. A equipe envolvida, após a identificação, discute as consequências da ocorrência e as recomendações para evitá-las. A análise tem como principal objetivo a identificação de perigos à segurança e problemas de operabilidade de processos contínuos, a análise gera resultados qualitativos, contudo, quantificações simples são possíveis (MARGARIDA, 2008);
- v. Contribuição de questões sobre fatores humanos: sempre que houver a possibilidade de interferência humana nas operações, deve-se considerar a interface entre os operadores e os sistemas. Para essa análise, torna-se essencial compreender sobre psicologia humana. São métodos para se identificar a ocorrência de falha humana: existência de lista contendo os erros comuns, auditorias, oferecimento de treinamentos para os operadores. Essa técnica pode ser tanto qualitativa quanto quantitativa, caso em que se calcula a probabilidade de equívoco na interferência humana (MARGARIDA, 2008);
- vi. Análise Preliminar de Perigos (APP): uma expressão genérica para a atividade que tem como finalidade identificar perigos e eventos com potencial para a geração de riscos. Essa técnica pode ser aplicada para analisar procedimentos operacionais. Os analistas de risco identificam os perigos potenciais associados a cada parte do sistema, aqueles mais significativos são avaliados de maneira mais profunda (MARGARIDA, 2008);

- vii. Análise histórica de eventos: os autores orientam que tal técnica seja sempre utilizada, uma vez que evidencie perigos potenciais e permita a realização de estimativas para a frequência de ocorrência dos eventos em questão. Deve-se realizar uma pesquisa exaustiva em bases de dados disponíveis e analisar sua aplicação no contexto em questão, também se estuda a qualidade, o tamanho da amostra de dados disponível e o tratamento estatístico recebido. A análise permite uma avaliação tanto qualitativa quanto quantitativa, por meio do acompanhamento da amostra, sem se esquecer de eventos semelhantes já ocorridos (MARTINS; NATACCI, 2009);
- viii. Análise por árvore de eventos: essa técnica utiliza de árvores de decisão para representar graficamente as sequências de incidentes, permitindo a avaliação quantitativa da frequência de ocorrência dos estados finais identificados, dessa maneira, torna-se possível localizar regiões de alerta sem alterar os resultados (MARTINS; NATACCI, 2009); Análise por árvore de falhas: uma técnica de análise dedutiva. Inicialmente, define-se um topo para a árvore, diversos eventos podem ser escolhidos como topo para um mesmo sistema e, para cada um, diferentes árvores podem ser construídas, geralmente a escolha ocorre em regiões associadas à falha do sistema em uma determinada condição de operação. O desenvolvimento da árvore busca encontrar todas as causas das falhas, cada causa é chamada de evento intermediário e busca-se determinar suas causas, o processo termina quando se encontram os eventos básicos geradores da árvore, ou seja, aqueles para os quais não se encontram dados disponíveis para a continuidade do desenvolvimento e posterior quantificação. A análise pode ser tanto qualitativa quanto quantitativa (MARTINS; NATACCI, 2009);
- ix. Matriz de riscos: essa técnica permite a avaliação relativa dos riscos associados aos perigos identificados. Pode ser tanto quantitativa como qualitativa, apresenta fácil interpretação e resultados rápidos. As

categorias de risco são obtidas ao se associar os perigos a categorias de frequência de ocorrência e a possível severidade da consequência. Para tornar a análise quantitativa, basta que se atribua números absolutos disponíveis ou calculados às células da matriz de riscos (MARTINS; NATACCI, 2009);

- x. Modelamento de consequências: nessa técnica, utiliza-se de métodos analíticos para previsão dos efeitos causados por um evento de interesse. A grande maioria dos modelos requer a utilização de apoio computacional, é uma técnica complexa e dispendiosa, são estudos especiais a serem desenvolvidos na fase de projeto de detalhamento (MARTINS; NATACCI, 2009);
- xi. Análise de sensibilidade: utilizada apenas para análises quantitativas em que, ao se variarem os parâmetros assumidos, torna-se possível a identificação de sua influência nos resultados. É bastante útil na existência de consideráveis incertezas nos dados e hipóteses, também se apresenta eficaz para a comparação dos níveis de risco obtidos antes e após a adoção de tais medidas (MARTINS; NATACCI, 2009).

2.1.4 Avaliação dos riscos

A etapa de avaliação dos riscos decorre dos resultados obtidos na etapa anterior (análise dos riscos). Nela, busca-se determinar quais são os riscos que necessitam de tratamentos prioritários, ou seja, aqueles que podem trazer maiores consequência negativas para o cumprimento do objetivo estudado, com base na metodologia escolhida para realizar a análise (ABNT, 2009).

2.1.5 Propostas de tratamento dos riscos

Uma vez avaliados, são levantadas as propostas para o tratamento dos riscos. Segundo a ABNT (2009), dentre as opções para tratamento de riscos, pode-se destacar:

i) promover ações para evitar os riscos a partir da descontinuidade da sua atividade de origem; ii) tomada ou aumento do risco na intenção de se aproveitar de uma oportunidade; iii) remover a fonte do risco; iv) promover ações para alterar a probabilidade do risco ocorrer; v) promover ações para alterar as consequências; vi) compartilhar ou vii) reter o risco.

Essas propostas podem estar documentadas em um relatório chamado de “Plano de tratamento de riscos”, o qual deve incluir as ações e indicar quem são os responsáveis pelas ações de tratamento de riscos; os recursos necessários; as medidas de desempenho e restrições; os requisitos para apresentação dos dados e de monitoramento; e o cronograma de execução das atividades (ABNT, 2009).

Dada a sistemática apresentada pela ABNT (2009), o presente estudo tem como objetivo principal desenvolver uma matriz de riscos que auxilie na avaliação dos riscos associados a Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas (PNPM – TRC). Busca-se, a partir do instrumento de análise, identificar os agentes mais impactados pelas consequências das mudanças estratégicas (eventos) geradas com a Política (causa), e, em seguida, propor medidas para a minimização dos impactos negativos.

2.2 Matriz de Riscos

Uma matriz de riscos pode ser definida como uma tabela que apresenta uma série de categorias de probabilidade, possibilidade ou frequência nas suas linhas (ou colunas), e outra série de categorias de severidade, impacto ou consequências nas suas colunas (ou linhas, respectivamente) (COX, 2008).

Essa combinação entre a chance de ocorrência de determinado evento e o seu respectivo grau de severidade resulta em um grau de risco, e cada grau de risco indica que uma determinada ação deve ser tomada. Assim, o “risco” não pode ser definido como um atributo de medida, mas sim um produto derivado da relação entre uma chance de ocorrência e um grau de severidade (COX, 2008).

As Figuras 4 a 8 ilustram alguns exemplos de matrizes de riscos apresentadas em relatórios de órgãos oficiais brasileiro. A Figura 4 traz a matriz de riscos apresentada no relatório do TCU (2018). Nela, as combinações entre as classes de probabilidade “Muito Baixa”, “Baixa”, “Média”, “Alta” e “Muito Alta”, com as classes de impacto “Muito Baixo”, “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito Alto” resultam nas classes de risco “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Extremo”.

MATRIZ DE RISCOS

IMPACTO	Muito Alto 10	10 RM	20 RM	50 RA	80 RE	100 RE
	Alto 8	8 RB	16 RM	40 RA	64 RA	80 RE
	Médio 5	5 RB	10 RM	25 RM	40 RA	50 RA
	Baixo 2	2 RB	4 RB	10 RM	16 RM	20 RM
	Muito Baixo 1	1 RB	2 RB	5 RB	8 RB	10 RM
		Muito Baixa 1	Baixa 2	Média 5	Alta 8	Muito Alta 10
PROBABILIDADE						

Figura 4 – Matriz de riscos: exemplo 1

Fonte: TCU (2018).

A Figura 5 traz a matriz de riscos apresentada no relatório do MINFRA (2018). Nela, as combinações entre as classes de probabilidade “Muito Baixa”, “Baixa”, “Possível”, “Alta” e “Muito Alta”, com as classes de impacto “Insignificante”, “Pequeno”, “Moderado”, “Grande” e “Catastrófico” resultam nas classes de risco “Pequeno”, “Moderado”, “Alto” e “Crítico”.

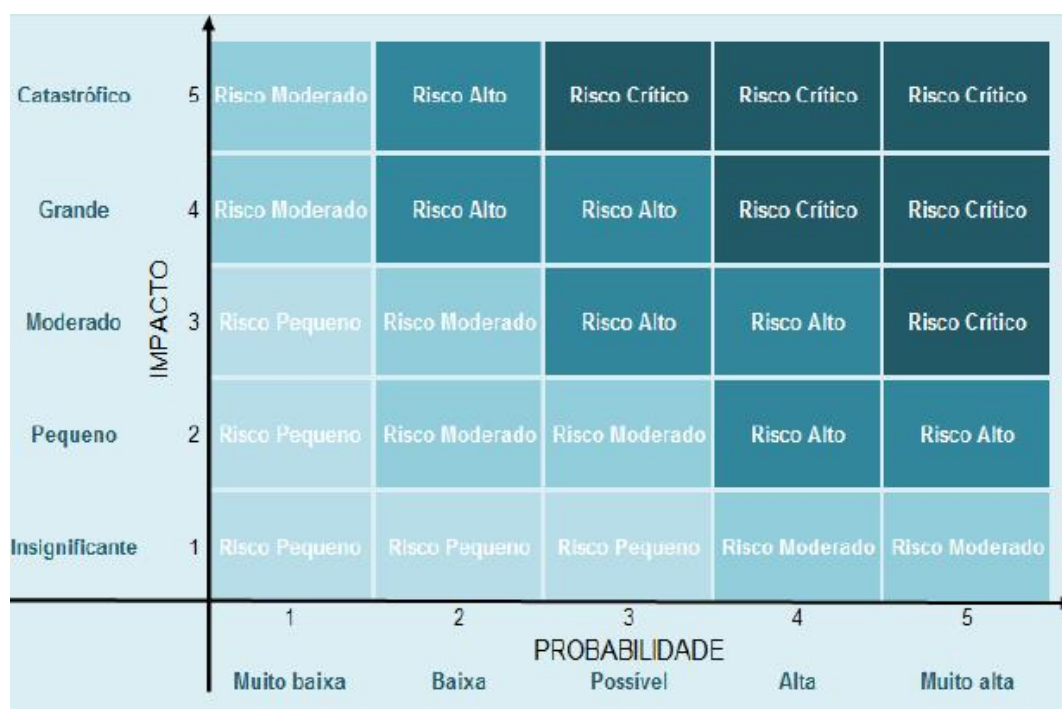


Figura 5 – Matriz de riscos: exemplo 2

Fonte: MINFRA (2018).

A Figura 6 traz a matriz de riscos apresentada no relatório do IBGE (2018). Nela, as combinações entre as classes de probabilidade “Muito Baixa”, “Baixa”, “Média”, “Alta” e “Muito Alta”, com as classes de impacto “Muito Baixo”, “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito Alto” resultam nas classes de risco “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Extremo”.

MATRIZ DE RISCOS DO IBGE						
Impacto	Muito Alto 10	10 Risco Médio	20 Risco Médio	50 Risco Alto	80 Risco Extremo	100 Risco Extremo
	Alto 8	8 Risco Baixo	16 Risco Médio	40 Risco Alto	64 Risco Alto	80 Risco Extremo
	Médio 5	5 Risco Baixo	10 Risco Médio	25 Risco Médio	40 Risco Alto	50 Risco Alto
	Baixo 2	2 Risco Baixo	4 Risco Baixo	10 Risco Médio	16 Risco Médio	20 Risco Médio
	Muito Baixo 1	1 Risco Baixo	2 Risco Baixo	5 Risco Baixo	8 Risco Baixo	10 Risco Médio
		Muito Baixa 1	Baixa 2	Média 5	Alta 8	Muito Alta 10
Probabilidade						

Figura 6 – Matriz de riscos: exemplo 3

Fonte: IBGE (2018).

A Figura 7 traz a matriz de riscos apresentada pela EPL (2017). Nela, as combinações entre as classes de probabilidade “Quase Certo”, “Alta”, “Média”, “Baixa” e “Raro”, com as classes de impacto “Gravíssimo”, “Grave”, “Médio”, “Leve” e “Sem Impacto” resultam nas classes de risco “Baixo”, “Moderado”, “Elevado” e “Extremo”.

GRUPO 2
PRODUTO 2

ENCAMINHADO NA DATA: 14/08/2020

Probabilidade / Impacto	Sem Impacto	Leve	Médio	Grave	Gravíssimo
Quase certo	Risco Elevado	Risco Elevado	Risco Extremo	Risco Extremo	Risco Extremo
Alta	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Elevado	Risco Extremo	Risco Extremo
Média	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Extremo	Risco Extremo
Baixa	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Extremo
Raro	Risco Baixo	Risco Baixo	Risco Moderado	Risco Elevado	Risco Elevado

Figura 7 – Matriz de riscos: exemplo 4

Fonte: EPL (2017).

Por fim, a Figura 8 traz a matriz de riscos apresentada no relatório disponibilizado pelo Ministério da Justiça (2018). Nela, as combinações entre as classes de probabilidade “Muito Baixa”, “Baixa”, “Média”, “Alta” e “Muito Alta”, com as classes de impacto “Insignificante”, “Fraco”, “Moderado”, “Forte” e “Catastrófico” resultam nas classes de risco “Baixo”, “Moderado”, “Alto” e “Extremo”.

PROBABILIDADE	Muito Alta 5	5 RM	10 RM	15 RA	20 RE	25 RE
	Alta 4	4 RB	8 RM	12 RA	16 RE	20 RE
	Média 3	3 RB	6 RM	9 RM	12 RA	15 RA
	Baixa 2	2 RB	4 RB	6 RM	8 RM	10 RM
	Muito Baixa 1	1 RB	2 RB	3 RB	4 RB	5 RM
		Insignificante 1	Fraco 2	Moderado 3	Forte 4	Catastrófico 5
		Impacto				

Figura 8 – Matriz de riscos: exemplo 5

Fonte: Ministério da Justiça (2018).

Numa análise dos riscos e custos envolvidos na agrologística nos estados de Tocantins e Bahia, o Banco Mundial em parceria com o Grupo ESALQ-LOG (2016) definiu os seguintes critérios para compor a matriz de riscos:

- Quanto à Probabilidade do evento, foram consideradas as seguintes classes: Improvável, Remoto, Ocasional, Provável, e Altamente Provável.
- Quanto à severidade do impacto, foram consideradas as seguintes classes: Negligenciável, Moderado, Considerável, Crítico, e Catastrófico.

Duijm (2015) aponta que a definição clássica de risco associa um evento a uma variável discreta, normalmente entre zero e um, assim como os valores associados às categorias de probabilidade e severidade. No entanto, dada a dificuldade e subjetividade dos avaliadores, é preferível o uso de categorias linguísticas, tanto para a probabilidade e severidade, quanto para a criação das classes de risco.

Para a definição das classes e dos riscos, Duijm (2015) traz duas recomendações: i) as classes para a qual os avaliadores irão associar determinado evento devem ser claras e ter uma lógica de grandeza; e ii) cada evento deve ser classificado em uma única matriz de risco, ou deve-se classificar dois ou mais eventos em uma categoria de acordo com as suas respectivas consequências associadas.

Nesse estudo, a matriz de riscos possibilitará a identificação, mensuração e avaliação dos eventos, adversos ou não, atrelados à Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas - TRC. Na literatura existem trabalhos que se propuseram a aplicar matrizes de riscos no setor de transportes, como, por exemplo, no aéreo (SKORUPSKI, 2016; HSU; HUANG; TSENG, 2016), no ferroviário (KADIR et al, 2020) e no marítimo (FAMUREWA et al, 2014). O principal foco desses trabalhos foi de trazer medidas para mitigar os riscos associados, principalmente, a falhas operacionais nas infraestruturas desses modos de transporte.

Além dos trabalhos acadêmicos, órgãos públicos também utilizaram a matriz de riscos como instrumento de análise de riscos dos seus processos internos, tais quais o Tribunal de Contas da União (2017); Ministério da Justiça (2018); Ministério do Planejamento (2018); Inmetro (2019); IBGE (2019); EPL (2017) e ANP (2019), dos quais alguns tiveram as suas matrizes ilustradas nas Figuras 4 a 8.

Tanto os trabalhos acadêmicos quanto os relatórios dos órgãos públicos definiram níveis de probabilidade, severidade e risco distintos. Embora existam diversas abordagens para a definição dessas classes, ressalta-se a necessidade de elas serem claras para os avaliadores e estarem aderentes ao contexto onde elas se inserem (COX, 2008; DUIJIM, 2015). O Quadro 1 sintetiza as principais divisões entre classes adotadas pelas referências (trabalhos acadêmicos e relatórios de órgãos públicos) supracitadas.

Quadro 1 - Elementos da matriz de riscos em outros trabalhos.

Referência	Aplicação	Probabilidade	Severidade	Classes de risco
Skorupsk (2016)	Setor de transportes	Frequente; ocasional; remota; improvável e extremamente improvável	Catastrófica; perigosa; alta; baixa; muito baixa	Intolerável; tolerável; aceitável
Famurewa et al (2014)	Setor de transportes	Improvável; remota; ocasional; provável; frequente	Muito baixa; crítica; marginal; catastrófica	Aceitável; tolerável; indesejado; intolerável
Kadir et al (2020)	Setor de transportes	Muito improvável; provável; alta; muito alta; certeza	Muito baixa; crítica; marginal; catastrófica	Trivial; aceitável; moderado; significativo; inaceitável
Hsu, Huang e Tseng (2016)	Setor de transportes	Obtidas a partir do método AHP	Obtidas a partir do método AHP	Baixa; média; alta; muito alta
Campos e Lima (2016)	Gestão de projetos	Muito baixa, baixa, moderada, alta, muito alta	Muito baixa, baixa, moderada, alta, muito alta	Baixo, moderado e alto

**GRUPO 2
PRODUTO 2**

ENCAMINHADO NA DATA: 14/08/2020

Ministério da Justiça (2018)	Gestão de processos internos	Muito alta; alta; média; baixa; muito baixa	Catastrófica; forte; moderado; fraco ou insignificante	Baixo, moderado e alto
Ministério do Planejamento (2018)	Gestão de processos internos	Muito alta; alta; possível; baixa; muito baixa	Catastrófica; grande; moderado; pequeno; insignificante	Crítico; alto; moderado; pequeno
Inmetro (2019)	Gestão de processos internos	Rara; improvável; possível; provável; quase certa	Insignificante; pequeno; moderado; grande; catastrófico	Baixo; moderado; crítico
IBGE (2019)	Gestão de processos internos	Muito baixa; baixa; média; alta; muito alta	Muito baixo; baixo; médio; alto; muito alto	Baixo; médio; alto; extremo
EPL (2017)	Gestão de processos internos	Quase certa; alta; média; baixa; rara	Sem impacto; leve; médio; grave; gravíssimo	Baixo; moderado; elevado; extremo
ANP (2019)	Gestão de processos internos	Quase certa; provável; possível; rara; improvável	Catastrófica; significativa; moderada; pequena; mínima	Extremo; alto; médio; baixo

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Conforme indicado pelo Tribunal de Contas da União (2017), uma vez mapeadas as categorias de probabilidade e severidade, a classificação dos eventos em cada uma delas pode ocorrer, majoritariamente, de três formas: i) dados históricos das ocorrências, ii) análises teóricas e iii) a partir da avaliação de pessoas informadas e especialistas na área. Uma vez que uma série consistente de dados históricos de todos os eventos pode ser de difícil obtenção, a avaliação por parte de especialistas tem sido bastante utilizada (CAMPOS; LIMA, 2014; FAMUREWA et al, 2014; SKORUPSKI et al, 2016; HSU; HUANG; TSENG, 2016; KADIR et al, 2020).

No entanto, deve-se destacar que uma das limitações das matrizes de risco tradicionais está na subjetividade de classificação dos eventos por parte dos avaliadores

especialistas, que ocorre em função da capacidade psicológica de associação dos eventos a um determinado grau de probabilidade percebido (COX, 2008). Neste contexto, o uso de variáveis linguísticas associadas a uma classe de valores é apontada como sendo uma melhor opção em relação à atribuição de um número por parte dos respondentes (DUIJIM, 2015), já que a associação de cada evento a um determinado intervalo de probabilidade e severidade em uma escala contínua (que varia entre zero e um) pode resultar em uma discussão infinita a respeito da alocação dos pontos de riscos em cada uma das avaliações.

Para tanto, Ni, Chen e Chen (2010) sugerem o uso das matrizes de risco *fuzzy* para mitigar o problema da subjetividade. De acordo os mesmos autores, os números *fuzzy* podem ser associados a termos linguísticos, os quais podem ser utilizados como uma forma de reduzir a subjetividade dos avaliadores dos níveis de impacto e probabilidade.

Autores como Campos e Lima (2016), Vahdat, Smith e Amiri (2014), Skorupski et al (2016) e Hsu, Huang e Tseng (2016), desenvolveram matrizes de risco a partir de um sistema de inferência *fuzzy*, que combina diferentes níveis de probabilidade e impacto que resultam em um determinado nível de risco. O ANEXO I traz um detalhamento a respeito dos sistemas de inferência *fuzzy*, inicialmente apresentados por Mandani e Assilian (1975), abordando a teoria dos números fuzzy e a sua associação a termos linguísticos, seguido pelo detalhamento dos sistemas de inferência *fuzzy*.

3. MATRIZ DE RISCOS *FUZZY* APLICADA À PNPM-TRC

Este capítulo tem como objetivo detalhar a construção da Matriz de Riscos atrelada à PNPM-TRC. Adota-se uma estrutura de passo-a-passo semelhante ao delineado na Figura 2 para descrever os procedimentos, com alguns ajustes no conteúdo de modo a garantir que a apresentação das etapas do desenvolvimento do trabalho tenha uma ordem lógica.

3.1 Estabelecimento do contexto

A Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas (PNPM-TRC), instituída em maio de 2018, inicialmente por meio da publicação da Medida Provisória nº 832, convertida posteriormente na Lei nº 13.703/2018, objetiva “promover condições razoáveis à realização de fretes no território nacional, de forma a proporcionar a adequada retribuição ao serviço prestado” (ANTT, 2020).

Como decorrência do estabelecimento dos valores de pisos mínimos de fretes que visam atender aos objetivos da PNPM-TRC, houve uma alteração nos preços de equilíbrio vigentes nos mercados de transporte de diversos grupos de carga que tinham uma dinâmica própria de estabelecimento dos fretes.

Neste contexto, as variações nos valores dos fretes são os principais efeitos imediatos ou de curto-prazo decorrentes da PNPM-TRC e sentidos pelos agentes do TRC. Estes efeitos foram evidenciados em um levantamento prévio realizado através de pesquisa qualitativa e realização de entrevistas junto a uma série de atores envolvidos no transporte rodoviário de diferentes tipos de cargas¹. Foram citados, durante a pesquisa, a ocorrência de aumento e de redução dos valores de frete, bem como de aumento dos valores de frete de retorno, como consequência da implementação da PNPM-TRC. Além destes efeitos, foi possível também identificar uma série de eventos

¹ Para mais informações sobre a realização da pesquisa qualitativa, consulte o Relatório referente ao Produto 2.

ou estratégias já estabelecidas ou planejadas por parte dos agentes nas diferentes categorias de carga analisadas como resposta às variações observadas nos valores de frete. Tais eventos ou estratégias são denominadas, neste relatório, de possíveis “desdobramentos” da PNPM-TRC, os quais podem implicar diferentes graus de risco para o segmento. Este processo é detalhado nas etapas seguintes, mas a Figura 9 ilustra a relação entre os efeitos da PNPM e os possíveis riscos para o TRC em função dos desdobramentos ou estratégias que os agentes adotaram ou planejam implementar.

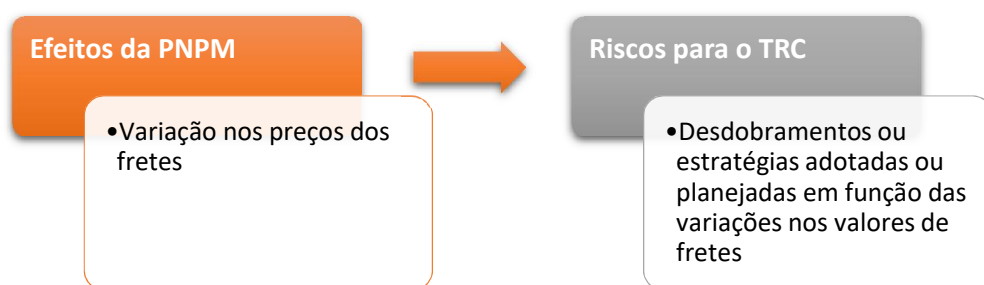


Figura 9 - Relação entre Impactos e Riscos da PNPM-TRC

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Identificação dos riscos

O processo de identificação dos riscos e levantamento das informações necessárias para elaboração da matriz de riscos se deu a partir de realização de pesquisa quantitativa e aplicação de questionário estruturado aos agentes envolvidos com o TRC no país. A Figura 10 ilustra as principais definições e etapas relacionadas ao planejamento da coleta de dados.

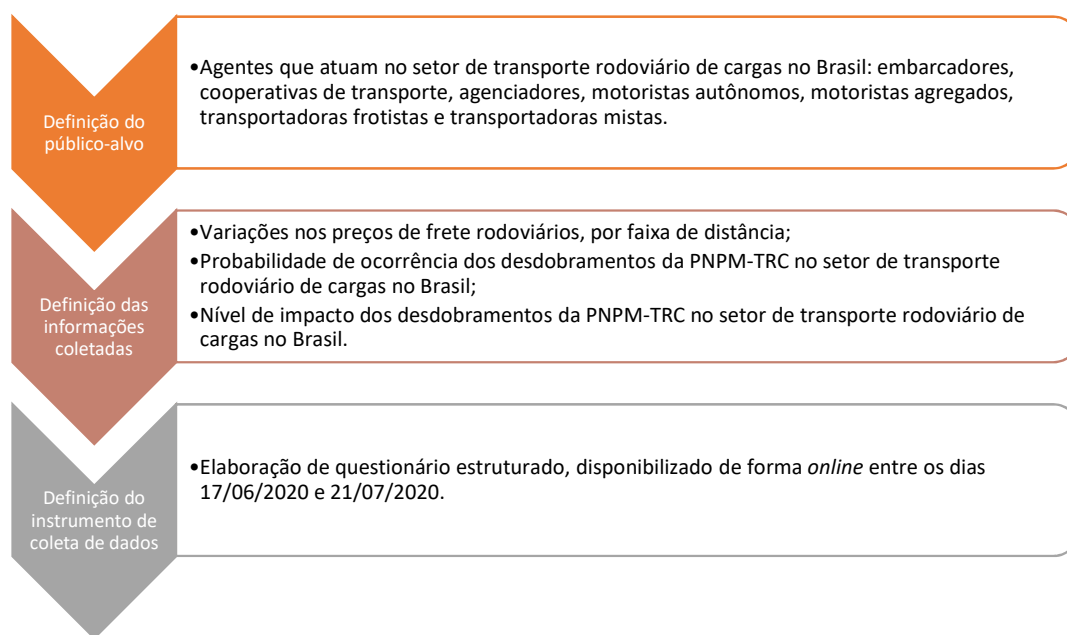


Figura 10 – Planejamento da coleta de dados para o processo de identificação dos riscos

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

O público-alvo para participação na pesquisa disse respeito aos agentes envolvidos com a atividade de transporte rodoviário de cargas no Brasil. Mais especificamente, a pesquisa foi direcionada para participação de embarcadores, cooperativas de transporte, agenciadores, motoristas autônomos, motoristas agregados, transportadoras frotistas e transportadoras mistas, de quaisquer grupos de cargas e regiões de atuação.

As informações coletadas necessárias para subsidiar a análise dos impactos da PNPM-TRC foram divididas em três conjuntos: as variações nos preços dos fretes rodoviários praticados pelos agentes; as probabilidades de ocorrência dos possíveis desdobramentos da PNPM-TRC; e os impactos dos possíveis desdobramentos para o TRC.

A coleta de dados se deu a partir da elaboração e realização de pesquisa quantitativa com o público-alvo definido, por meio da aplicação de questionário

estruturado. O questionário foi desenvolvido em uma plataforma *online* (Google Forms), tendo sido amplamente divulgado e disponibilizado para respostas no período de 17/06/2020 a 21/07/2020. O questionário desenvolvido para levantamento das informações pode ser encontrado no Relatório do Produto 3.

3.3 Análise descritiva dos dados e dos riscos

Nesta etapa optou-se por apresentar uma análise mais detalhada dos dados coletados a partir da pesquisa quantitativa com o público-alvo definido, por meio da aplicação de questionário estruturado disponibilizado via web. Foram respondidos 129 questionários no período em que ficou disponível para respostas, de 17/06/2020 a 21/07/2020.

Esta análise descritiva dos dados é importante para delimitar e caracterizar o perfil dos respondentes, além de apresentar uma série de outros aspectos relacionados à análise de riscos de uma maneira geral que subsidiarão a avaliação dos riscos apresentada na sessão seguinte.

De forma mais específica, esta etapa objetiva (i) caracterizar o perfil dos respondentes da pesquisa por: tipo de agente; grupo de carga predominante; e região de atuação; (ii) identificar as variações nos preços dos fretes por faixa de distância decorrentes da PNPM-TRC; e (iii) detalhar as avaliações do impacto e da probabilidade de ocorrência dos possíveis desdobramentos da PNPM-TRC no setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil.

3.3.1 Perfil dos respondentes

Como público-alvo da pesquisa, foram consideradas as seguintes categorias de agentes do TRC para responder ao questionário: embarcador, transportadora 100% frotista; transportadora com frota mista; motorista agregado; motorista autônomo;

GRUPO 2
PRODUTO 2

ENCAMINHADO NA DATA: 14/08/2020

agenciador e cooperativas de transporte. A Tabela 1 mostra a distribuição das respostas por tipo de agente. Assim, considerando esta divisão de tipos de agentes, observa-se que os embarcadores representaram a maior parte dos respondentes, com 32,6% do número total de respostas, seguido pelas transportadoras com frota mista (28,7%), motoristas autônomos (17,1%) e transportadora com 100% de frota própria (11,6%). Juntos, cooperativas de transporte, motoristas agregados e agenciadores representam 10% das respostas.

Tabela 1 – Participação dos tipos de agentes do TRC na pesquisa

Agente	Número de respostas	Participação (%)
Embarcador	42	32,6%
Transportadora com frota mista	37	28,7%
Motorista autônomo (TAC)	22	17,1%
Transportadora com 100% de frota própria	15	11,6%
Cooperativa de transporte	7	5,4%
Motorista agregado	4	3,1%
Agenciador	2	1,6%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A Tabela 2 mostra a distribuição das respostas em função das regiões de atuação dos agentes participantes da pesquisa. A maior parte dos agentes que responderam ao questionário atua principalmente na região Sudeste (36,0%), seguida pela região Sul (22,9%), Centro-Oeste (20,9%), Nordeste (13,8%) e Norte (6,3%).

Tabela 2 – Região de atuação principal dos respondentes

Região	Número de respostas	Participação (%)
Sudeste	91	36,0%
Sul	58	22,9%
Centro-Oeste	53	20,9%
Nordeste	35	13,8%
Norte	16	6,3%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A Tabela 3 consolida as respostas em função do grupo de carga predominante dos respondentes, divididos entre: neogranel, carga geral, granel sólido, carga perigosa, carga fracionada, granel líquido e carga frigorificada. A maior quantidade de respostas disse respeito ao grupo de carga geral, com 36,4% dos questionários, seguido pelo grupo de granel sólido. O grupo com o menor número de respostas foi o granel líquido, com apenas 2 observações.

Tabela 3 – Respostas por grupo de carga

Grupo de carga	Respostas	Participação
Carga geral	47	36,4%
Granel sólido	40	31,0%
Neogranel	15	11,6%
Carga perigosa	15	11,6%
Carga fracionada	5	3,9%
Carga frigorificada	5	3,9%
Granel líquido	2	1,6%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

3.3.2 Impactos da PNPM-TRC nos preços dos fretes

Conforme citado na seção 3.1, havia sido identificados, a partir de pesquisa qualitativa realizada previamente, efeitos da PNPM-TRC nos preços de fretes que vinham sendo negociados no mercado. Mais especificamente, foram relatados: i) aumento dos preços dos fretes da origem para o destino; ii) aumento dos preços dos fretes de retorno; e iii) redução dos preços dos fretes da origem para o destino. Neste sentido, o questionário estruturado com enfoque quantitativo mencionado na seção 3.2 buscou captar a variação percentual dos fretes por faixa de distância, em cada um dos três efeitos.

Segundo os questionários recebidos, um total de 61 respostas indicou que os fretes reajustaram para cima após a entrada em vigor da PNPM-TRC; 48 respostas indicaram um aumento de preços dos fretes de retorno; e 38 respostas mencionaram uma redução nos valores de frete em comparação aos patamares que vinham sendo praticados anteriormente à política. Em alguns casos, observou-se que o agente que respondeu ao questionário percebeu aumento dos fretes para algumas faixas de distância e redução dos fretes para outras faixas de distância.

A Tabela 4, a Tabela 5 e a Tabela 6 detalham as variações percentuais nos preços dos fretes por faixa de distância, no caso dos agentes que perceberam, respectivamente, elevação do frete da origem para o destino, aumento do frete no retorno, e redução do valor do frete.

No caso dos agentes que afirmaram ter observado elevação nos valores de fretes após a PNPM-TRC (Tabela 4), o aumento ocorreu predominantemente na ordem entre 0% e 10% (27,5% das respostas). Em 21,7% das respostas, houve indicação de aumento entre 10% e 20% nos valores dos fretes, enquanto que em 20,5% das respostas indicaram aumento entre 20% e 30% nos fretes. Não há uma evidência forte da relação entre os aumentos nos fretes e as faixas de distância. Ou seja, os aumentos nos fretes ocorreram de forma relativamente homogênea para todas as faixas de distância. Chama a atenção apenas as rotas mais curtas, de até 100 km, nas quais houve maior frequência de respostas para os casos extremos, ou seja, ou predominantemente não houve aumento dos valores de fretes nesta faixa, ou os aumentos foram expressivos, acima de 50%.

GRUPO 2
PRODUTO 2

ENCAMINHADO NA DATA: 14/08/2020

Tabela 4 – Distribuição do aumento do preço do frete da origem para o destino por faixa de distância.

Dimensão do aumento	Até 100km	De 100km a 500km	De 500km a 1000km	Mais de 1000km	Respostas	Participação (%)
Não aumentou	13	6	6	8	33	13,5%
De 0% a 10%	16	19	17	15	67	27,5%
De 10% a 20%	8	15	14	16	53	21,7%
De 20% a 30%	13	12	14	11	50	20,5%
De 30% a 40%	2	2	4	4	12	4,9%
De 40% a 50%	2	5	4	3	14	5,7%
Mais de 50%	7	2	2	4	15	6,1%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

O impacto da PNPM-TRC nos fretes de retorno foram semelhantes aos observados nos fretes da origem para o destino, conforme descrito anteriormente. Assim como na Tabela 4, a maior quantidade de respostas concentrou na faixa de aumento entre 0% e 10% (25,8%). Também houve relatos de aumentos nos valores dos fretes de retorno principalmente na ordem de 10% a 20% (22,1% das respostas) e de 20% a 30% (22,7% das respostas). Interessante observar que neste caso, todos os agentes que afirmaram ter percebido aumento nos fretes de retorno indicaram que o aumento ocorreu para todas as faixas de distância. Ou seja, não houve faixas de distância nas quais não se verificou aumento do frete de retorno. O aumento ocorreu em todas elas, sendo que o que mudou foi a intensidade do aumento, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Distribuição do aumento do preço do frete de retorno por faixa de distância.

Dimensão do aumento	Até 100km	De 100km a 500km	De 500km a 1000km	Mais de 1000km	Respostas	Participação (%)
Não aumentou	0	0	0	0	0	0,0%
De 0% a 10%	6	11	13	12	42	25,8%
De 10% a 20%	7	13	8	8	36	22,1%
De 20% a 30%	11	8	12	6	37	22,7%
De 30% a 40%	4	4	3	3	14	8,6%
De 40% a 50%	1	2	2	6	11	6,7%
Mais de 50%	8	5	5	5	23	14,1%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Além dos aumentos nos fretes, alguns agentes também indicaram que a PNPM-TRC resultou em redução nos valores que vinham sendo observados no mercado. Na Tabela 6, observa-se que houve majoritariamente uma redução de 10% a 20% nos preços de frete entre a origem e o destino (30,9% das respostas), seguida por uma redução de 0% a 10% (28,9%). Não é possível evidenciar uma relação entre redução do valor do frete e faixa de distância.

Tabela 6 – Distribuição da redução do preço do frete da origem para o destino por faixa de distância.

Dimensão do aumento	Até 100km	De 100km a 500km	De 500km a 1000km	Mais de 1000km	Respostas	Participação (%)
Não reduziu	11	8	8	6	33	21,7%
De 0% a 10%	11	11	11	11	44	28,9%
De 10% a 20%	9	13	12	13	47	30,9%
De 20% a 30%	3	3	3	4	13	8,6%
De 30% a 40%	2	1	1	0	4	2,6%
De 40% a 50%	1	1	2	2	6	3,9%
Mais de 50%	1	1	1	2	5	3,3%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Em suma, os efeitos da PNPM-TRC sobre a variação para cima ou para baixo nos preços dos fretes são evidentes e concentram-se majoritariamente no intervalo de até 10%, podendo também ser relevantes as variações da ordem de até 30% nos casos de aumento dos fretes e de até 20% nos casos de redução dos fretes. Apesar de não ser possível evidenciar uma correlação entre as variações nos valores de fretes por faixa de distância, a partir das respostas recebidas, nota-se que os efeitos da PNPM-TRC nos fretes foram majoritariamente sentidos em rotas acima de 100 km.

3.4 Avaliação dos Riscos da PNPM-TRC

Este tópico dedica-se à avaliação dos riscos da PNPM-TRC, finalizando com a Matriz de riscos. Para tanto, inicia descrevendo os níveis de impacto e probabilidade de ocorrência dos efeitos da PNPM-TRC (as categorias de classificação definidas bem como os resultados da pesquisa), segue para um detalhamento dos procedimentos metodológicos adotados para a construção da matriz de riscos, e finaliza com a Matriz de riscoc propriamente dita.

3.4.1 Níveis de impacto e probabilidade dos desdobramentos da PNPM-TRC

Para contornar os efeitos da PNPM-TRC nas variações nos valores de fretes, foi possível identificar 14 eventos ou estratégias já estabelecidas ou planejadas por parte dos agentes do TRC, aqui denominadas como possíveis “desdobramentos” da PNPM-TRC. Tais desdobramentos, citados a seguir, podem implicar diferentes graus de risco para o segmento se implementados.

1. **Aquisição de caminhões/ampliação de frota própria:** este evento remete a uma possível estratégia relacionada à aquisição de caminhões por parte de embarcadores que terceirizam as operações de transporte ou por parte de transportadoras frotistas;
2. **Priorização da contratação de transportadoras frotistas:** o evento remete a um possível aumento da preferência da contratação de transportadoras frotistas pelos embarcadores, em detrimento aos demais agentes ofertantes de transporte, como motoristas autônomos de carga e/ou motoristas agregados;
3. **Priorização da contratação de agregados:** o evento remete a um possível aumento da preferência pela contratação de motoristas agregados em relação aos demais ofertantes do serviço de transporte, tanto por parte dos embarcadores quanto por parte das transportadoras mistas;

4. **Priorização da contratação de transportadores autônomos de cargas (TAC):** o evento remete a um potencial aumento da preferência pela contratação de transportadores autônomos de cargas em detrimento dos demais agentes ofertantes do serviço de transporte rodoviário de cargas;
5. **Aumento do uso de outras modalidades de transporte:** o evento remete a um potencial aumento do uso de outras modalidades de transporte em detrimento do transporte rodoviário de cargas;
6. **Aumento das negociações de frete via contrato:** o evento remete a um possível aumento das negociações de frete via contrato por parte dos embarcadores, o que pode acarretar uma redução das negociações no mercado *spot*;
7. **Aumento das negociações de frete no mercado spot:** o evento remete a um possível aumento das negociações de frete no mercado *spot* por parte dos embarcadores, o que pode acarretar uma redução das negociações via contrato;
8. **Preferência por veículos de transporte de maior capacidade:** o evento remete à possibilidade de priorização do uso de veículos de maior capacidade, visando maior economia de escala e maior produtividade nas operações de transporte, em detrimento da frota já existente de menor capacidade de carga;
9. **Melhor nível de serviço de transporte no setor:** o evento remete à possibilidade de maior nível de exigência do contratante em relação ao nível de serviço oferecido pelo ofertante de transporte, em detrimento dos ofertantes de menor qualidade;
10. **Diminuição do nível de serviço de transporte no setor:** o evento remete à possibilidade de menor nível de exigência do contratante em relação ao nível de serviço oferecido pelo ofertante de transporte, em detrimento dos ofertantes de maior qualidade;
11. **Maior contratação do transporte CIF:** o evento remete à possibilidade de os agentes do transporte rodoviário de cargas ampliarem as negociações na modalidade *Cost, Insurance and Freight* (CIF);

12. Maior contratação do transporte FOB: o evento remete à possibilidade de os agentes do transporte rodoviário de cargas ampliarem as negociações na modalidade *Free on Board* (FOB);

13. Aumento da competitividade da empresa no setor: o evento remete à possibilidade de a PNPM-TRC resultar numa maior competitividade para a empresa respondente;

14. Redução da competitividade da empresa no setor: o evento remete à possibilidade de a PNPM-TRC resultar numa menor competitividade para a empresa respondente.

Para cada um destes eventos, foram identificados seus respectivos graus de impacto e probabilidades de ocorrência sob a ótica do agente que respondeu ao questionário. Tais informações são importantes para embasar a construção da Matriz de riscos da PNPM-TRC.

Assim, para avaliar os impactos dos eventos associados aos desdobramentos da PNPM-TRC para o setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil, os agentes utilizaram-se dos seguintes critérios:

- **Impacto nulo:** o evento não deve trazer nenhum impacto para o setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil;
- **Impacto muito baixo:** a ocorrência do evento representa um impacto muito baixo para o setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil;
- **Impacto baixo:** a ocorrência do evento representa um impacto baixo para o setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil;
- **Impacto moderado:** a ocorrência do evento representa um impacto considerável para o setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil;
- **Impacto alto:** a ocorrência do evento representa um impacto relevante para o setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil;
- **Impacto muito alto:** a ocorrência do evento represente um impacto muito relevante para o setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil.

**GRUPO 2
PRODUTO 2**

ENCAMINHADO NA DATA: 14/08/2020

Conforme os questionários respondidos, tem-se que a maioria dos eventos foi considerada como tendo um impacto “Moderado”, em função dos desdobramentos que pode gerar (vide

Tabela 7). Além disso, são majoritariamente avaliadas como tendo impacto “Nulo” e “Muito Baixo” os eventos “Priorização de contratação de TAC” e “Diminuição do nível de serviço de transporte do setor”. Na outra ponta, os eventos “Priorização de contratação de transportadora frotista” e “Preferência por veículos de transporte de maior capacidade” receberam um maior número de respostas indicando um impacto “Alto” e “Muito Alto”.

Tabela 7 – Avaliação dos impactos dos eventos

Impacto/Evento	Nulo	Muito baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
Aquisição de caminhões/ampliação de frota própria	18%	13%	10%	22%	17%	22%
Priorização de contratação de transportadora frotista	5%	5%	7%	21%	24%	38%
Priorização de contratação de agregados	18%	11%	18%	26%	13%	14%
Priorização de contratação de TAC	21%	21%	17%	20%	12%	9%
Aumento do uso de outras modalidades de transporte	12%	13%	13%	26%	15%	21%
Aumento das negociações de frete via contrato	10%	16%	14%	26%	18%	15%
Aumento das negociações de frete no mercado spot	14%	19%	20%	23%	18%	6%
Preferência por veículos de transporte de maior capacidade	16%	5%	12%	20%	24%	23%
Melhor nível de serviço de transporte no setor	11%	17%	17%	30%	14%	11%
Diminuição do nível de serviço de transporte no setor	21%	20%	19%	21%	10%	9%
Maior contratação do transporte CIF	18%	14%	19%	24%	17%	8%
Maior contratação do transporte FOB	21%	14%	21%	23%	13%	8%
Aumento da competitividade da empresa no setor	16%	17%	18%	25%	15%	8%
Redução da competitividade da empresa no setor	20%	18%	14%	14%	12%	21%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Com relação à avaliação da probabilidade de ocorrência dos eventos associados aos desdobramentos da PNPM-TRC para o setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil, os agentes utilizaram-se dos seguintes critérios:

- **Nula:** não existem chances de o evento ocorrer em função da PNPM-TRC;
- **Improvável:** existe uma chance mínima de o evento ocorrer em função da PNPM-TRC;
- **Pouco provável:** existe uma chance pequena de o evento ocorrer em função da PNPM-TRC;
- **Provável:** existe uma chance considerável de o evento ocorrer em função da PNPM-TRC;
- **Muito provável:** existe uma chance grande de o evento ocorrer em função da PNPM-TRC.

Conforme as respostas dos agentes que participaram do preenchimento dos questionários, observa-se pela Tabela 8 que a maioria dos eventos foi avaliada como “Pouco provável” e “Provável”. Além disso, sob a ótica dos agentes que responderam a pesquisa, os eventos “Priorização da contratação de TAC” e “Diminuição do nível de serviço de transporte no setor” são “Improváveis” de ocorrer. Já os eventos “Aquisição de caminhões/ampliação de frota própria”, “Priorização de contratação de transportadora frotista” e “Preferência por veículos de transporte de maior capacidade” apresentaram um maior número de respostas na categoria “Muito provável”.

Tabela 8 – Avaliação da probabilidade de ocorrência dos eventos

Probabilidade/Evento	Nula	Improvável	Pouco provável	Provável	Muito provável
Aquisição de caminhões/ampliação de frota própria	19%	18%	20%	18%	26%
Priorização de contratação de transportadora frotista	7%	2%	10%	37%	44%
Priorização de contratação de agregados	20%	18%	17%	31%	14%
Priorização de contratação de TAC	25%	29%	20%	19%	6%
Aumento do uso de outras modalidades de transporte	11%	18%	24%	24%	23%
Aumento das negociações de frete via contrato	13%	10%	24%	31%	22%
Aumento das negociações de frete no mercado spot	12%	24%	20%	29%	15%
Preferência por veículos de transporte de maior capacidade	12%	9%	14%	28%	37%
Melhor nível de serviço de transporte no setor	14%	17%	21%	30%	18%
Diminuição do nível de serviço de transporte no setor	16%	31%	27%	15%	12%
Maior contratação do transporte CIF	16%	20%	24%	27%	13%
Maior contratação do transporte FOB	19%	27%	28%	18%	8%
Aumento da competitividade da empresa no setor	16%	22%	29%	22%	11%
Redução da competitividade da empresa no setor	18%	21%	24%	21%	16%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

3.4.2 Procedimentos para Construção da Matriz de Riscos da PNPM-TRC

O processo de avaliação de riscos da PNPM-TRC se deu por meio de um processo de inferência *fuzzy* a partir da combinação entre a probabilidade de ocorrência dos eventos (ou desdobramentos) analisados e os seus impactos, de acordo com a avaliação dos agentes do TRC que responderam ao questionário. Assim, esta etapa seguiu os procedimentos metodológicos para elaboração de matrizes de risco *fuzzy* (MARKOWISKI; MANNAN, 2008). A partir da agregação das respostas de probabilidade e impacto dos eventos associados aos desdobramentos da PNPM – TRC, aplicou-se um sistema de inferência *fuzzy* que tem como precedentes os valores associados à

probabilidade e ao impacto de cada evento, e como consequente uma classificação de riscos.

Neste sentido, a avaliação de riscos foi dividida nos seguintes passos principais:

i) agregação das avaliações dos agentes que responderam o questionário para os níveis de probabilidade e impacto dos possíveis desdobramentos da PNPM-TRC, considerando números *fuzzy* associados a cada elemento linguístico; ii) aplicação do algoritmo de inferência *fuzzy* proposto por Mandani e Assilian (1975) para obtenção do nível de risco de cada possível desdobramento; e iii) classificação dos eventos em classes de risco a partir dos resultados do passo (ii). A Figura 11 ilustra o processo de avaliação de riscos a partir da inferência *fuzzy*.

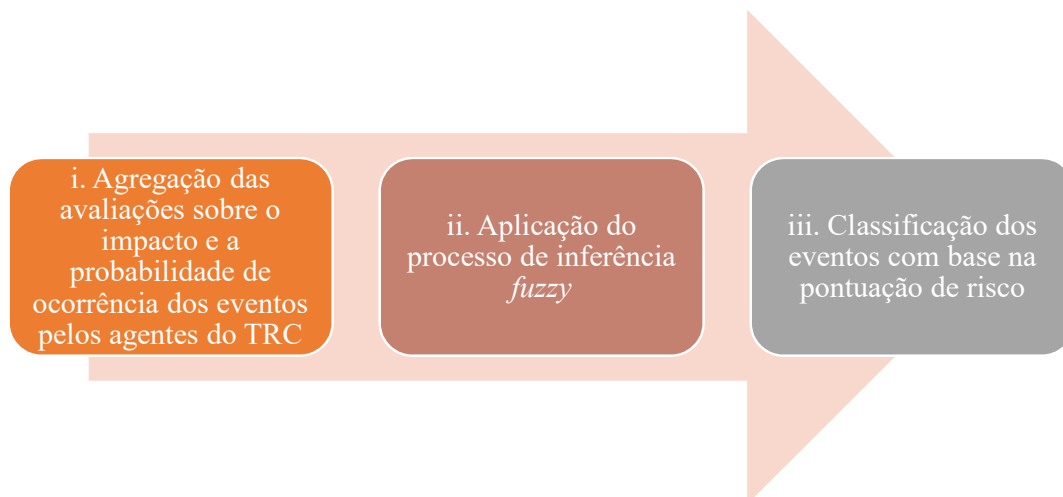


Figura 11 – Processo de avaliação de riscos de cada possível desdobramento da PNPM-TRC

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

i. Agregação das avaliações dos respondentes

Cada um dos agentes do TRC que respondeu o questionário avaliou, sob sua perspectiva, a probabilidade de ocorrência e o grau de impacto dos possíveis desdobramentos da PNPM-TRC de acordo com os termos linguísticos mencionados na seção 4.2.1. Este tópico detalha os procedimentos metodológicos² adotados para realização da agregação das avaliações contidas nos questionários. Cada um dos termos linguísticos de probabilidade de ocorrência e de impacto são associados a números *fuzzy* triangulares de valores “l”, “m” e “u” (ZIMMERMAN, 2001), apresentados na Tabela 9 e na Tabela 10.

Tabela 9 – Números fuzzy associados aos elementos linguísticos da probabilidade de ocorrência do evento

Probabilidade	l	m	u
Nula	0,00	0,00	0,15
Improvável	0,00	0,15	0,40
Pouco provável	0,15	0,40	0,75
Provável	0,40	0,75	1,00
Muito provável	0,75	1,00	1,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Tabela 10 - Números fuzzy associados aos elementos linguísticos do impacto do evento

Impacto	l	m	u
Nulo	0,00	0,00	0,15
Muito baixo	0,00	0,15	0,40
Baixo	0,15	0,40	0,60
Moderado	0,40	0,60	0,80
Alto	0,60	0,80	1,00
Muito alto	0,80	1,00	1,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

² Para mais detalhes sobre a metodologia, consulte o ANEXO.

Para a agregação das respostas de avaliação de cada evento, foi utilizada a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** que consta no ANEXO I, e foram consideradas as avaliações de acordo com a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** (para a probabilidade) e **Erro! Fonte de referência não encontrada.** (para os impactos). Após a agregação, foi utilizada a Equação 13 (também no ANEXO I) para obter o número *crisp* associado à probabilidade e ao impacto de cada evento. Esses números *crisp* de cada evento estão dispostos na

Tabela 11.

Tabela 11 – Valores *crisp* da probabilidade e impacto dos eventos a partir da avaliação dos respondentes

Evento	Impacto	Probabilidade
Aquisição de caminhões/ampliação de frota própria	0,53	0,50
Priorização de contratação de transportadora frotista	0,72	0,73
Priorização de contratação de agregados	0,49	0,46
Priorização de contratação de TAC	0,41	0,34
Aumento do uso de outras modalidades de transporte	0,55	0,53
Aumento das negociações de frete via contrato	0,53	0,55
Aumento das negociações de frete no mercado spot	0,46	0,48
Preferência por veículos de transporte de maior capacidade	0,59	0,63
Melhor nível de serviço de transporte no setor	0,50	0,51
Diminuição do nível de serviço de transporte no setor	0,41	0,39
Maior contratação do transporte CIF	0,46	0,46
Maior contratação do transporte FOB	0,43	0,38
Aumento da competitividade da empresa no setor	0,46	0,43
Redução da competitividade da empresa no setor	0,48	0,45

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

ii. Aplicação do processo de inferência fuzzy

O processo de inferência *fuzzy* de Mandani e Assilian (1975) seguiu o passo a passo proposto por Lima-Junior (2016). A agregação das respostas das avaliações de probabilidade e impacto, bem como a obtenção dos valores *crisp*, foram operacionalizados no MS Excel 365, e foi utilizado o *software* MatLab para a operacionalização do processo de inferência.

Como *input*, foram utilizados os valores *crisp* do impacto e da probabilidade associados a cada um dos eventos avaliados no questionário. O operador de agregação das regras ativadas foi o Operador Máximo, e o método de desfuzzificação utilizado foi o Centro de Área (CoA).

Para a construção da Matriz de Risco, foram definidas as seguintes classes de risco:

- **Insignificante:** o evento representa um risco irrelevante para o setor, e não deve resultar em nenhuma mudança no comportamento do mercado em decorrência da PNPM-TRC;
- **Pouco relevante:** o evento representa um risco pouco relevante para o setor, e tem uma pequena chance de resultar em mudanças no comportamento do mercado em decorrência da PNPM-TRC;
- **Medianamente relevante:** o evento representa um risco medianamente relevante para o setor, indicando uma chance médio de mudança no mercado em decorrência da PNPM-TRC;
- **Relevante:** o evento representa um risco relevante para o setor, indicando uma mudança considerável no comportamento dos agentes do mercado em função da PNPM-TRC;
- **Muito relevante:** o evento representa um risco muito relevante para o setor, indicando uma mudança significativa para o comportamento do mercado em decorrência da PNPM-TRC.

Os números *fuzzy* associados aos riscos utilizados no processo de inferência constam na Tabela 12.

Tabela 12 – Números fuzzy associados aos termos linguísticos do risco

Classe de risco	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
Insignificante	0,00	0,10	0,30
Pouco relevante	0,10	0,30	0,50
Medianamente relevante	0,30	0,50	0,75
Relevante	0,50	0,75	1,00
Muito relevante	0,75	1,00	1,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A base de regras utilizada na modelagem consta no Quadro 2, e pode ser representada como uma matriz de riscos resultante da combinação entre os níveis de impacto e probabilidade dos eventos analisados, de acordo com a

		PROBABILIDADE				
		Nula	Improvável	Pouco provável	Provável	Muito provável
IMPACTO	Nulo	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante
	Muito baixo	Insignificante	Pouco relevante	Pouco relevante	Mediamente relevante	Mediamente relevante
	Baixo	Insignificante	Pouco relevante	Mediamente relevante	Mediamente relevante	Relevante
	Moderado	Insignificante	Mediamente relevante	Mediamente relevante	Relevante	Relevante
	Alto	Insignificante	Mediamente relevante	Relevante	Muito relevante	Muito relevante
	Muito alto	Insignificante	Relevante	Relevante	Muito relevante	Muito relevante

Figura 12.

Quadro 2 - Base de regras do sistema de inferência fuzzy

Impacto	Probabilidade	Risco
Nulo	Nula	Insignificante
Muito baixo	Nula	Insignificante
Baixo	Nula	Insignificante
Moderado	Nula	Insignificante
Alto	Nula	Insignificante
Muito alto	Nula	Insignificante
Nulo	Improvável	Insignificante
Muito baixo	Improvável	Pouco relevante
Baixo	Improvável	Pouco relevante
Moderado	Improvável	Mediamente relevante

PROJETO: REVISÃO DE METODOLOGIA DE DEFINIÇÃO, MONITORAMENTO E ATUALIZAÇÃO DE DADOS E INFORMAÇÕES COM VISTAS À IMPLEMENTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE PISOS MÍNIMOS DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS E À ADEQUAÇÃO DA TABELA DE FRETES

**GRUPO 2
PRODUTO 2**

ENCAMINHADO NA DATA: 14/08/2020

Alto	Improvável	Mediamente relevante
Muito alto	Improvável	Relevante
Nulo	Pouco provável	Insignificante
Muito baixo	Pouco provável	Pouco relevante
Baixo	Pouco provável	Mediamente relevante
Moderado	Pouco provável	Mediamente relevante
Alto	Pouco provável	Relevante
Muito alto	Pouco provável	Relevante
Nulo	Provável	Insignificante
Muito baixo	Provável	Mediamente relevante
Baixo	Provável	Mediamente relevante
Moderado	Provável	Relevante
Alto	Provável	Muito relevante
Muito alto	Provável	Muito relevante
Nulo	Muito provável	Insignificante
Muito baixo	Muito provável	Mediamente relevante
Baixo	Muito provável	Relevante
Moderado	Muito provável	Relevante
Alto	Muito provável	Muito relevante
Muito alto	Muito provável	Muito relevante

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

		PROBABILIDADE				
		Nula	Improvável	Pouco provável	Provável	Muito provável
IMPACTO	Nulo	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante
	Muito baixo	Insignificante	Pouco relevante	Pouco relevante	Mediamente relevante	Mediamente relevante
	Baixo	Insignificante	Pouco relevante	Mediamente relevante	Mediamente relevante	Relevante
	Moderado	Insignificante	Mediamente relevante	Mediamente relevante	Relevante	Relevante
	Alto	Insignificante	Mediamente relevante	Relevante	Muito relevante	Muito relevante
	Muito alto	Insignificante	Relevante	Relevante	Muito relevante	Muito relevante

Figura 12 – Matriz de riscos proposta no estudo

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

iii. Classificação dos eventos com base nas pontuações de risco

Neste tópico, são detalhados os procedimentos relativos à classificação dos eventos com base nas pontuações de risco. A Tabela 13 mostra as pontuações da probabilidade de ocorrência e do impacto de cada um dos eventos. Para a agregação das respostas obtidas através do questionário foi utilizada a Equação 12, e para a obtenção dos números *crisp* foi utilizada a Equação 13 (ambas as equações encontram-se no ANEXO I). O nível de risco foi obtido a partir do processo de inferência *fuzzy*.

A partir das pontuações dos riscos de cada um dos eventos, observa-se que a “Preferência por veículos de transporte de maior capacidade” (E2) apresentou o maior valor de risco (0,771), a partir de uma probabilidade mensurada em 0,730 e impacto medido em 0,720, a partir da avaliação dos entrevistados.

O evento “Priorização de contratação de agregados” (E8) apresentou a segunda maior pontuação de risco (0,675), com uma probabilidade de ocorrência de 0,630 e impacto de 0,590. Já o terceiro evento com maior pontuação de risco foi o de “Aquisição de caminhões/ampliação de frota própria” (E6), com níveis de probabilidade e impacto de 0,550 e 0,530, respectivamente.

Tabela 13 – Pontuações de probabilidade, impacto e risco de cada um dos eventos, obtidos a partir dos questionários

Evento	Código Evento	Probabilidade	Impacto	Risco
Priorização de contratação de transportadora frotista	E1	0,500	0,530	0,601
Preferência por veículos de transporte de maior capacidade	E2	0,730	0,720	0,771
Aumento das negociações de frete via contrato	E3	0,460	0,490	0,586
Melhor nível de serviço de transporte no setor	E4	0,340	0,410	0,466
Aumento do uso de outras modalidades de transporte	E5	0,530	0,550	0,617
Aquisição de caminhões/ampliação de frota própria	E6	0,550	0,530	0,632
Aumento das negociações de frete no mercado spot	E7	0,480	0,460	0,588
Priorização de contratação de agregados	E8	0,630	0,590	0,675
Maior contratação do transporte CIF	E9	0,510	0,500	0,620
Redução da competitividade da empresa no setor	E10	0,390	0,410	0,507
Aumento da competitividade da empresa no setor	E11	0,460	0,460	0,574
Diminuição do nível de serviço de transporte no setor	E12	0,380	0,430	0,495
Maior contratação do transporte FOB	E13	0,430	0,460	0,552
Priorização de contratação de TAC	E14	0,450	0,480	0,568

Fonte: Elaborado pelos autores.

Já os eventos com menores pontuações de risco foram “Melhor nível de serviço de transporte no setor” (E4), com 0,466; “Diminuição do nível de serviço de transporte no setor” (E12), com 0,495; e “Redução da competitividade da empresa no setor” (E10), com 0,507. Considerando estes três eventos, observa-se que os valores de probabilidade de ocorrência se mostraram menores em comparação com os seus respectivos valores

GRUPO 2
PRODUTO 2

ENCAMINHADO NA DATA: 14/08/2020

de impacto, indicando que o risco atribuído a cada um deles apresentou valores baixos pela menor probabilidade, mas, caso ocorram, tendem a ter um impacto mais elevado.

Na sequência, são detalhados os passos que relacionam o grau de pertencimento dos valores das probabilidades de ocorrência e dos impactos de cada evento às devidas classificações linguísticas, ou seja, que relacionam: Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 11.

Os eventos com maior valor de impacto em relação à probabilidade foram E1, E3, E4, E5, E10, E11, E12, E13 e E14. Em contrapartida, os eventos E2, E6, E7, E8 e E9 apresentaram uma maior probabilidade de ocorrência em comparação com os seus impactos. A partir da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, disposta no ANEXO I, pode-se obter o grau de pertencimento dos valores da probabilidade (Tabela 9) e impacto (Tabela 10) de cada evento nas classificações linguísticas das Tabela 8 e

Tabela 7 respectivamente. A classificação linguística e o grau de pertencimento dos eventos nas classes de probabilidade são descritos na Tabela 14.

Tabela 14 – Pertencimento dos eventos nas classes de probabilidade

Evento	Classificação principal	Pertencimento	Classificação secundária	Pertencimento
E1	Pouco provável	0,629	Provável	0,371
E2	Provável	0,914	Pouco provável	0,086
E3	Pouco provável	0,743	Provável	0,257
E4	Pouco provável	0,971	Provável	0,029
E5	Pouco provável	0,571	Provável	0,429
E6	Pouco provável	0,629	Provável	0,371
E7	Pouco provável	0,829	Provável	0,171
E8	Provável	0,543	Pouco provável	0,457
E9	Pouco provável	0,714	Provável	0,286
E10	Pouco provável	0,971	Provável	0,029
E11	Pouco provável	0,829	Provável	0,171
E12	Pouco provável	0,914	Provável	0,086
E13	Pouco provável	0,829	Provável	0,171
E14	Pouco provável	0,771	Provável	0,229

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

De forma semelhante, a classificação linguística e o grau de pertencimento dos eventos nas classes de impacto são descritos na Tabela 15.

Tabela 15 – Pertencimento dos eventos nas classes de impacto

Evento	Classificação principal	Pertencimento	Classificação secundária	Pertencimento
E1	Moderado	0,650	Baixo	0,350
E2	Alto	0,600	Moderado	0,400
E3	Baixo	0,550	Moderado	0,450
E4	Baixo	0,950	Moderado	0,050
E5	Moderado	0,750	Baixo	0,250
E6	Moderado	0,650	Baixo	0,350
E7	Baixo	0,700	Moderado	0,300
E8	Moderado	0,950	Baixo	0,050
E9	Baixo	0,500	Baixo	0,500
E10	Baixo	0,950	Moderado	0,050
E11	Baixo	0,700	Moderado	0,300
E12	Baixo	0,850	Moderado	0,150
E13	Baixo	0,700	Moderado	0,300
E14	Baixo	0,600	Moderado	0,400

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Já a Tabela 16 mostra a classificação dos eventos nas suas respectivas classes de risco. Nela, observa-se que o evento E2, com a maior pontuação de risco, foi classificado majoritariamente na classe de risco “Relevante” (0,916 de pertencimento), e minoritariamente na classe “Muito relevante” (0,084 de pertencimento). Dentre os 14 eventos, o E2 foi o único classificado entre as classes de risco “Relevante” e “Muito relevante”. Além do E2, os eventos E6 e E8 também foram classificados majoritariamente na classe de risco “Relevante”, com pertencimentos de 0,528 e 0,700, respectivamente. Entretanto, a classificação minoritária destes eventos foi na classe de risco “Medianamente relevante”, indicando um menor risco para o TRC em comparação ao E2.

Por outro lado, os eventos E4 e E12 foram aqueles classificados nas classes de risco “Mediamente relevante” e “Pouco relevante”. Os demais eventos foram classificados majoritariamente como “Mediamente relevante” e minoritariamente

como “Relevante”, indicando que os eventos E4 e E12 representam um menor risco para o setor de transporte rodoviário de cargas em relação aos demais.

Tabela 16 – Pertencimento dos eventos nas classes de risco

Evento	Classificação principal	Pertencimento	Classificação secundária	Pertencimento
E1	Mediamente relevante	0,596	Relevante	0,404
E2	Relevante	0,916	Muito relevante	0,084
E3	Mediamente relevante	0,656	Relevante	0,344
E4	Mediamente relevante	0,830	Pouco relevante	0,170
E5	Mediamente relevante	0,532	Relevante	0,468
E6	Relevante	0,528	Mediamente relevante	0,472
E7	Mediamente relevante	0,648	Relevante	0,352
E8	Relevante	0,700	Mediamente relevante	0,300
E9	Mediamente relevante	0,520	Relevante	0,480
E10	Mediamente relevante	0,972	Relevante	0,028
E11	Mediamente relevante	0,704	Relevante	0,296
E12	Mediamente relevante	0,975	Pouco relevante	0,025
E13	Mediamente relevante	0,792	Relevante	0,208
E14	Mediamente relevante	0,728	Relevante	0,272

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

3.4.3 A Matriz de Riscos da PNPM-TRC

A partir da Tabela 16 é possível construir a Matriz de Riscos do TRC proposta anteriormente na

		PROBABILIDADE				
		Nula	Improvável	Pouco provável	Provável	Muito provável
IMPACTO	Nulo	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante
	Muito baixo	Insignificante	Pouco relevante	Pouco relevante	Mediamente relevante	Mediamente relevante
	Baixo	Insignificante	Pouco relevante	Mediamente relevante	Mediamente relevante	Relevante
	Moderado	Insignificante	Mediamente relevante	Mediamente relevante	Relevante	Relevante
	Alto	Insignificante	Mediamente relevante	Relevante	Muito relevante	Muito relevante
	Muito alto	Insignificante	Relevante	Relevante	Muito relevante	Muito relevante

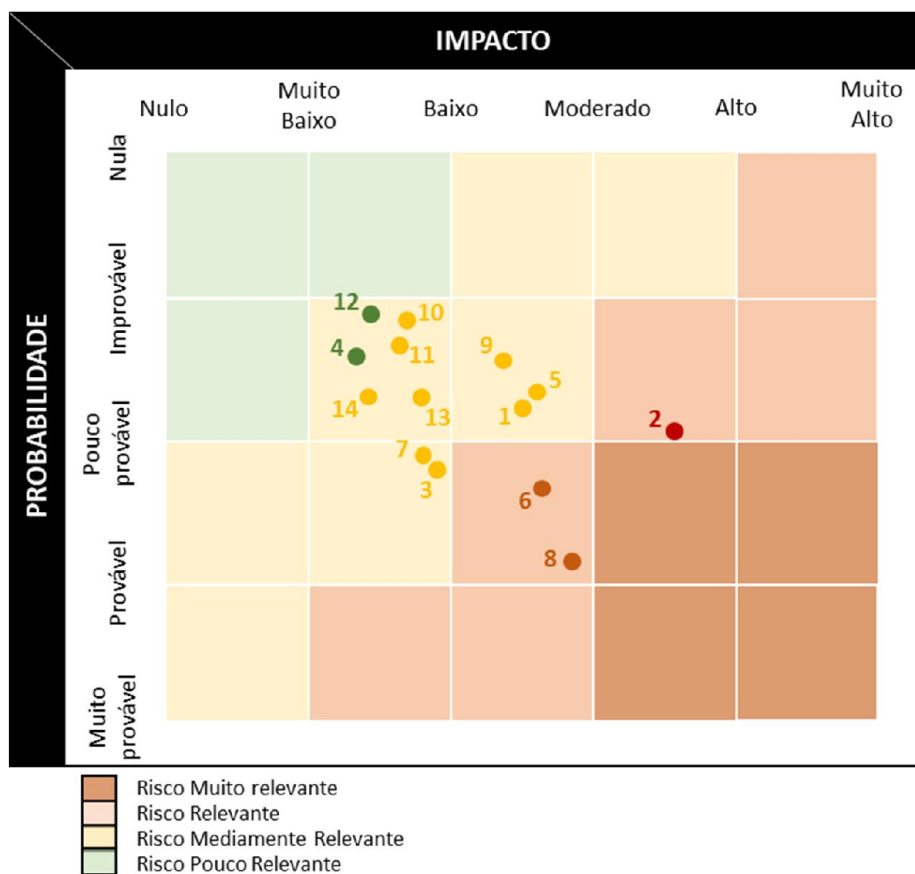


Figura 12. A

Figura 13 ilustra a disposição de cada um dos eventos na matriz de riscos. Nela, os eventos foram classificados de acordo com os seus respectivos pertencimentos em cada classe de risco de acordo com a cor, a saber:

- **Cor verde:** pertencentes majoritariamente à classe de risco “Mediamente relevante” e minoritariamente à classe de risco “Pouco relevante”;
- **Cor amarela:** pertencentes majoritariamente à classe de risco “Mediamente relevante” e minoritariamente à classe de risco “Relevante”;
- **Cor laranja:** pertencentes majoritariamente à classe de risco “Relevante” e minoritariamente à classe de risco “Mediamente relevante”;
- **Cor vermelha:** pertencentes majoritariamente à classe de risco “Relevante” e minoritariamente à classe de risco “Muito relevante”.

A partir da matriz de riscos, observa-se que os eventos com maior probabilidade de ocorrência e com maior impacto potencial ao setor de transporte rodoviário de cargas no país são “Preferência por veículos de maior capacidade” (E2), “Priorização de contratação de agregados” (E8) e “Aquisição de caminhões/ampliação da frota própria” (E6). Por outro lado, os eventos “Melhoria do nível de serviço de transporte do setor” (E4) e “Diminuição do nível de serviço de transporte do setor” (E14) são aqueles que, na opinião dos agentes, apresentam um menor risco para o setor de transporte rodoviário de cargas brasileiro.

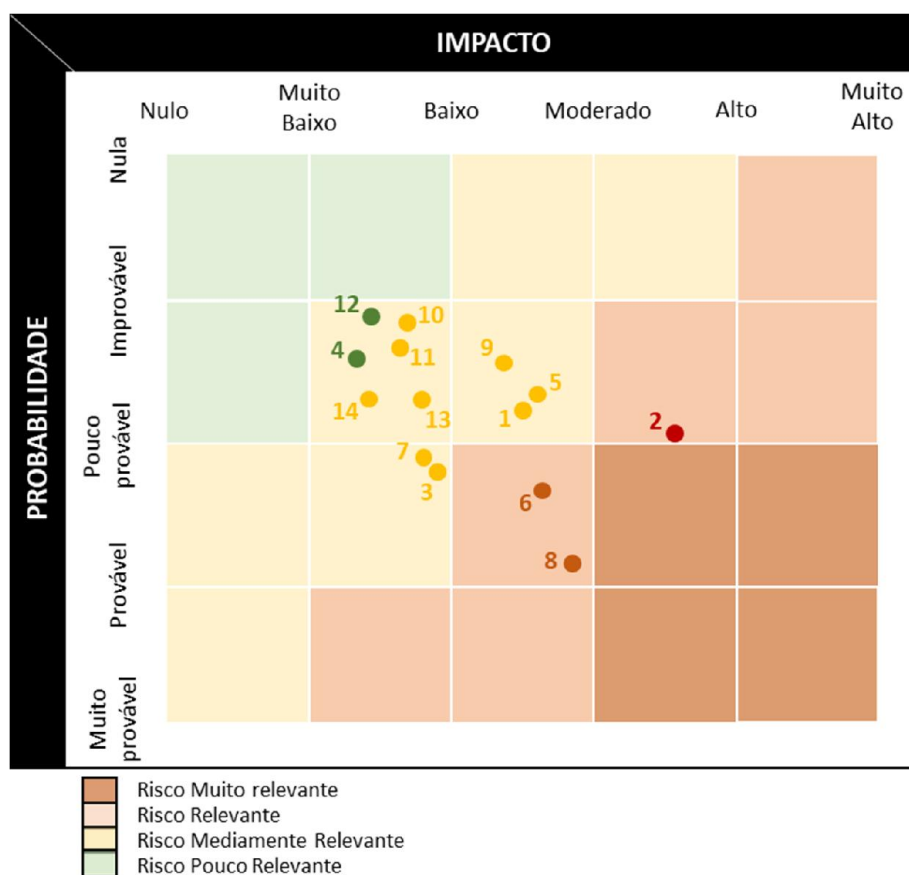


Figura 13 – Matriz de riscos com os eventos associados à PNPM-TRC

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

3.5 Discussões e recomendações a respeito da matriz de riscos

Neste tópico são discutidos os principais resultados obtidos com a metodologia aplicada no processo de avaliação de riscos do presente trabalho, bem como sugeridas recomendações de políticas e ações em função dos potenciais riscos apresentados por cada evento.

A matriz de riscos tem se mostrado uma ferramenta para dar suporte à tomada de decisão por agentes de diversos setores, e vem sendo amplamente utilizada por órgãos públicos brasileiros (como Ministério da Justiça, Ministério da Infraestrutura, Inmetro, IBGE, EPL, ANP, dentre outros) para gestão de riscos dos seus processos

internos. Além da gestão dos processos internos, alguns estudos se propuseram a aplicar a ferramenta também no setor de transportes (FAMUREWA et al, 2014; HSU; HUANG; TSENSG, 2016; SKORUPSK, 2016; KADIR et al., 2020).

Os riscos dos eventos avaliados podem ser identificados a partir da combinação da sua probabilidade de ocorrência e do seu potencial impacto no setor/processo analisado. A probabilidade e o nível de impacto podem ser obtidos a partir de registros históricos e/ou análises qualitativas de especialistas do setor/processo.

A partir da classificação dos eventos em níveis de risco, pode-se identificar aqueles que devem ser priorizados, a fim de elaborar possíveis medidas de mitigação dos seus efeitos. Nesse sentido, a partir da classificação dos riscos dos eventos associados à PNPM-TRC, pretende-se: i) identificar aqueles que devem ser priorizados em função do seu risco para o setor; e ii) propor discussões a respeito dos seus efeitos para o setor de transporte rodoviário de cargas.

A prioridade das ações e políticas deve estar atrelada ao nível de risco que o evento representa para o TRC. Assim, quanto maior o nível de risco de um determinado evento, maior o grau de prioridade do evento. A Tabela 17 apresenta a classificação dos eventos associados à PNPM-TRC em função dos seus níveis de risco. Nela, observa-se que os eventos que representam maiores riscos para o TRC e, portanto, que merecem maior grau de prioridade são, respectivamente: “Preferência por veículos de transporte de maior capacidade” (E2); “Priorização de contratação de agregados” (E8), e “Aquisição de caminhões/ampliação de frota própria” (E6). Outros eventos que vêm na sequência são: “Maior contratação do transporte CIF” (E9); “Aumento do uso de outras modalidades de transporte” (E5); e “Priorização de contratação de transportadora frotista” (E1), e assim sucessivamente.

Tabela 17 – Classificação dos eventos por nível de risco

Evento	Código Evento	Risco	Prioridade
--------	------------------	-------	------------

PROJETO: REVISÃO DE METODOLOGIA DE DEFINIÇÃO, MONITORAMENTO E ATUALIZAÇÃO DE DADOS E INFORMAÇÕES COM VISTAS À IMPLEMENTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE PISOS MÍNIMOS DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS E À ADEQUAÇÃO DA TABELA DE FRETES

**GRUPO 2
PRODUTO 2**

ENCAMINHADO NA DATA: 14/08/2020

Preferência por veículos de transporte de maior capacidade	E2	0,771	1
Priorização de contratação de agregados	E8	0,675	2
Aquisição de caminhões/ampliação de frota própria	E6	0,632	3
Maior contratação do transporte CIF	E9	0,620	4
Aumento do uso de outras modalidades de transporte	E5	0,617	5
Priorização de contratação de transportadora frotista	E1	0,601	6
Aumento das negociações de frete no mercado spot	E7	0,588	7
Aumento das negociações de frete via contrato	E3	0,586	8
Aumento da competitividade da empresa no setor	E11	0,574	9
Priorização de contratação de TAC	E14	0,568	10
Maior contratação do transporte FOB	E13	0,552	11
Redução da competitividade da empresa no setor	E10	0,507	12
Diminuição do nível de serviço de transporte no setor	E12	0,495	13
Melhor nível de serviço de transporte no setor	E4	0,466	14

Fonte: Elaborado pelos autores.

O evento de maior prioridade (E2), dentre os analisados, tem como principais desdobramentos a redução da contratação de veículos de menor capacidade, enquanto os eventos E8, E6 e E1 podem resultar em uma redução dos níveis de contratação de motoristas autônomos. Analisando os quatro eventos (classificados como majoritariamente como “Relevantes”), observa-se que a sua combinação tende a trazer uma maior verticalização do setor, a partir da aquisição/ampliação de frota própria, tanto por parte dos embarcadores, mas também por parte das transportadoras mistas que devem ampliar a participação da frota própria e contratação de motoristas dedicados. Estes movimentos, de maneira geral, devem gerar desdobramentos que afetam negativamente os detentores de veículos de menor capacidade e os motoristas autônomos, em decorrência de uma menor preferência por estes tipos de equipamentos e prestadores de serviço de transporte rodoviário de cargas. Espera-se, assim, uma tendência de redução da demanda pela contratação dos serviços de transporte de motoristas autônomos, com destaque para aqueles com veículos de menor capacidade.

Neste contexto, espera-se também um movimento simultâneo de renovação ou substituição de frota por parte dos transportadores, priorizando a aquisição de veículos

de maior capacidade de carga. Isto deve gerar ganhos de economia de escala e aumento da produtividade no transporte rodoviário ao longo do tempo. Por outro lado, tal movimento merece atenção em função dos riscos que representa para transportadores (empresas de transporte de carga e motoristas autônomos) menos capitalizados e com baixo poder de aquisição de novos veículos. Deve haver, portanto, uma atenção para este segmento, de tal forma que as ações e políticas visem garantir a participação de todos os interessados (motoristas autônomos, pequenas, médias e grandes empresas de transporte de cargas) neste processo de maneira igualitária. Um programa de renovação de frota que permita condições a todos os segmentos do TRC participarem de maneira efetiva poderia ser uma alternativa para planejar este processo de migração. Entretanto, além de priorizar a igualdade nas condições de participação, um programa desta natureza deve não só estimular a renovação de veículos, mas é imprescindível que sejam previstos mecanismos de retirada dos veículos sucateados do mercado. Deve haver um cuidadoso planejamento para que tal programa, além de efetivamente contribuir para inserção de veículos mais produtivos no mercado, contribua para a redução da idade média da frota circulante e evite um excesso de oferta de veículos no mercado que tende a pressionar os fretes para baixo, dificultando a implementação da PNPM-TRC.

O evento “Aumento do uso de outras modalidades de transporte” (E5) (classificado majoritariamente como “Medianamente relevante”) tende a provocar como desdobramento uma redução na demanda pelo serviço de transporte rodoviário brasileiro, principalmente para as rotas envolvendo distâncias maiores. No entanto, este impacto depende da capacidade de oferta das outras modalidades de transporte. Ou seja, a migração das cargas das rodovias para hidrovias, ferrovias, dutovias e cabotagem deve acontecer no ritmo da expansão da capacidade destas infraestruturas. Assim, na realidade, a PNPM-TRC aumenta ainda mais a demanda reprimida por maior infraestrutura multimodal no país. Neste contexto, uma política estratégica de investimento em infraestrutura multimodal se torna ainda mais necessária para aumentar a eficiência e produtividade do transporte de cargas no país.

Já o evento “Maior contratação do transporte CIF” (classificado majoritariamente como “Medianamente relevante”) indica uma menor adesão dos compradores das cargas a arcarem com os custos de transporte das mercadorias. No entanto, dependendo do tipo de produto, esses custos logísticos tendem a ser repassados nos preços da mercadoria, o que pode resultar em: i) aumento dos preços dos produtos para os consumidores finais, caso haja manutenção da margem dos consumidores intermediários que optaram por realizar a negociação na modalidade CIF; ii) redução das margens dos consumidores intermediários, caso haja uma manutenção dos preços dos produtos comercializados para os consumidores finais.

Os eventos E7 (“Aumento das negociações de frete no mercado *spot*”) e E3 (“Aumento das negociações de frete via contrato”) apresentaram níveis de risco semelhantes, e foram classificados como eventos medianamente relevantes. O risco semelhante de ambos os eventos indica uma tendência de maior adesão por negociações no mercado spot por uma parcela do setor de transporte rodoviário de cargas brasileiro que busca se apropriar das flutuações dos preços dos fretes ao longo do ano, enquanto a outra parcela do setor se mostrou mais aderente aos fretes firmados via contrato. Os impactos desses eventos devem trazer mudanças nas formas de negociações distintas de acordo com os produtos.

Os eventos “Aumento da competitividade da empresa no setor” (E11) e “Redução da competitividade da empresa no setor” (E10) foram classificados como medianamente relevantes, e indicam mudanças na estrutura competitiva dos agentes do setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil. Ambos os eventos foram classificados com menor risco em relação aos demais, indicando que, sob a ótica dos agentes de transporte, a PNPM-TRC não tende a trazer mudanças significativas nos níveis de competitividade das empresas do setor.

Os eventos E14 e E13 tendem a ter desdobramentos nas formas de negociação dos agentes, e foram classificados como medianamente relevantes. O primeiro deles (“Priorização de contratação de TAC”) resulta em uma maior contratação de transportes autônomos de carga, e conseqüentemente uma menor contratação de transportadoras

e agregados, e tende a gerar uma maior demanda pelos serviços do primeiro tipo de agente e uma menor demanda pelos serviços dos demais. Já o segundo evento (“Maior contratação do transporte FOB”) representa uma tendência de os compradores das cargas arcarem com os custos de transporte.

Em relação aos eventos que podem impactar no nível de serviço do setor (E12 e E4), observou-se que eles apresentaram um menor nível de risco (classificados como pouco relevantes) em relação aos demais. Essa classificação indica que, na visão dos agentes, a PNPM-TRC representa um baixo risco para o nível do serviço prestado pelos agentes que atuam no setor de transporte rodoviário de cargas, pois eles consideram que, no geral, é pouco provável que haja uma alteração (aumento ou diminuição) nos níveis de serviço de transportes e, se isso ocorrer, terá um baixo impacto para o setor.

Em suma, observa-se que existem maiores riscos de verticalização do setor, principalmente com a aquisição de frota por parte dos embarcadores, assim como de uma mudança na composição da frota nacional, com a substituição de veículos de menor capacidade por veículos de maior capacidade, a partir do elevado risco dos eventos E2, E8, E6 e E1. Assim, recomenda-se um enfoque maior em políticas que possam amenizar os potenciais efeitos negativos dessa verticalização para os setores mais frágeis, assim como políticas de incentivo para a substituição da frota daqueles motoristas que trabalham com veículos de menor capacidade.

Além disso, destaque é dado para a intensificação da demanda por outras modalidades de transporte de cargas. Este movimento de migração das cargas das rodovias para outros modos de transporte acaba, no entanto, sendo limitado à baixa capacidade disponível destas alternativas no território brasileiro. Assim, torna-se mais evidente ainda a importância de políticas que promovam o investimento em infraestruturas de transporte multimodais.

Os demais eventos remetem às modalidades de negociação entre os agentes do setor (E7, E6, E14, E13), a mudanças na competitividade das empresas (E10 e E11) e nos níveis dos serviços prestados pelos agentes (E4 e E12). Na visão dos entrevistados, existe

um maior risco de ocorrer mudanças nos processos de negociação, seguido por mudanças na competitividade das empresas e, por fim, nos níveis de serviço. Entretanto, em comparação com os demais eventos (E2, E8, E6, E5 e E1), eles representam um menor risco para o setor de transporte rodoviário de cargas brasileiro, e a mitigação dos seus efeitos tende a ser realizada pelos próprios agentes, através de estratégias de mercado que vão sendo implementadas, testadas e validadas neste novo contexto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A entrada em vigor da Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas (PNPM-TRC) provocou algumas mudanças no setor. De uma maneira mais direta, a PNPM-TRC alterou os preços de equilíbrio em vários segmentos de carga, conforme indicado pelos agentes. Essas mudanças nos fretes (para cima ou para baixo) tendem a ter efeitos distintos para os diversos agentes do setor, impactando as suas dinâmicas de negociação, oferta e demanda dos serviços de transporte, competitividade dos agentes e no nível dos serviços prestados.

Alguns desdobramentos da Política podem trazer consequências para o setor de transportes que podem ser mitigadas a partir de medidas por parte dos agentes reguladores, e até mesmo por iniciativas dos demandantes e ofertantes dos serviços de transporte.

Para avaliar o risco desses potenciais desdobramentos, foi utilizada uma matriz de riscos, que combina diferentes níveis de “Probabilidade de ocorrência” e “Nível de impacto” dos eventos, avaliados nessas dimensões pelos agentes atuantes no setor de transporte rodoviário de cargas no Brasil. Para cada um desses níveis, foram considerados:

- **Probabilidade:** Nula, Improvável, Pouco Provável, Provável e Muito Provável;
- **Impacto:** Nulo, Muito Baixo, Baixo, Moderado e Muito Alto;
- **Risco:** Insignificante, Pouco Relevante, Medianamente Relevante, Relevante e Muito Relevante.

Já para os possíveis desdobramentos da PNPM-TRC, foram considerados quatorze eventos para serem avaliados nos níveis de probabilidade e impacto pelos agentes do setor. Dentre eles, observou-se que os agentes identificam como maiores riscos a “Preferência por veículos de maior capacidade”, “Priorização de contratação de agregados”, “Aquisição de caminhões/ampliação de frota própria”. Esses três eventos, em conjunto com a “Priorização de contratação de transportadora frotista” (quinto

evento com maior risco, dentre os quatorze), tendem a trazer uma maior verticalização para o setor e mudanças na composição das frotas dos ofertantes do serviço de transporte.

Esses eventos de maior risco podem resultar em uma menor demanda pelo serviço prestado pelos motoristas autônomos, principalmente por aqueles que possuem veículos de menor capacidade. Assim, como possível mitigação desse efeito, recomenda-se o estabelecimento de políticas que incentivem e, ao mesmo tempo proporcionem um planejamento do processo de substituição de frota, permitindo condições igualitárias de acesso a todos os agentes do TRC. Além disso, importante que tais políticas não somente ajudem a estimular a renovação da frota, tornando-a mais nova e produtiva, mas também preveja ações de retirada de veículos sucateados do mercado, evitando uma nova situação de excesso de oferta de caminhões e uma consequente pressão para redução dos fretes (o que poderia colocar em risco a própria manutenção da PNPM-TRC).

Do ponto de vista ainda de políticas e ação do estado, torna-se ainda mais evidente a necessidade de ampliar a disponibilidade de infraestrutura multimodal no país, de modo a absorver a demanda reprimida já existente e também a potencializada pela própria PNPM-TRC, conforme ficou evidenciado pelo estudo. Neste sentido, programas de estímulo a investimentos em infraestrutura (seja através de concessão, parcerias público-privadas ou de investimento público ou privado direto) devem ser elaborados de acordo com a realidade da região, da modalidade de transporte e do perfil do investidor, de modo que as soluções mais adequadas sejam oferecidas a cada um dos investimentos.

Os eventos que podem impactar nas modalidades de negociação, na competitividade das empresas e no nível de serviço dos agentes apresentaram riscos medianamente relevantes ou baixos, conforme os agentes que participaram da pesquisa. Esses eventos tendem a ser regulados pelos próprios agentes, inseridos em cada mercado, e os seus riscos variam de acordo com o produto movimentado por eles. Assim, ajustes devem acontecer naturalmente nos mercados de transporte de

PROJETO: REVISÃO DE METODOLOGIA DE DEFINIÇÃO, MONITORAMENTO E ATUALIZAÇÃO DE DADOS E INFORMAÇÕES COM VISTAS À IMPLEMENTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE PISOS MÍNIMOS DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS E À ADEQUAÇÃO DA TABELA DE FRETES

GRUPO 2

PRODUTO 2

ENCAMINHADO NA DATA: 14/08/2020

diferentes tipos de carga, de modo a aproveitar potenciais efeitos positivos ou mitigar possíveis danos decorrentes da PNPM-TRC.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO. **ISO 31000 Gestão de riscos: Princípios e diretrizes**. ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ, 2009.
- ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Metodologia de Gestão de Riscos** ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2019, v 2.
- BANCO MUNDIAL. **Análise dos Riscos e Custos da Agrologística no Brasil**. 2016. Série de Gestão de Riscos Agropecuários no Brasil.
- BAO, C. et al. Aggregating risk matrices under a normative framework. **Journal of Risk Research**, p. 1-17, 2019.
- CAMPOS, L. M.; LIMA, A. S. Um método Fuzzy para a análise qualitativa de riscos em projetos de desenvolvimento de software. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 16, n. 2, 2016.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. Política de Gestão de Riscos, Conformidades e Controles Internos. **Companhia Nacional do Abastecimento**. S.d.
- COX, L. A. What's wrong with risk matrices?. **Risk Analysis: An International Journal**, v. 28, n. 2, p. 497-512, 2008.
- DUIJM, N. J. Recommendations on the use and design of risk matrices. **Safety science**, v. 76, p. 21-31, 2015.
- Empresa de Planejamento e Logística. Política de Gestão de Riscos e Controles Internos EPL. **Empresa de Planejamento e Logística**. 2019.

FAMUREWA, S. M. et al. Maintenance analysis for continuous improvement of railway infrastructure performance. **Structure and Infrastructure Engineering**, v. 11, n. 7, p. 957-969, 2015.

HSU, W. K.; HUANG, S. S.; TSENG, W. Evaluating the risk of operational safety for dangerous goods in airfreights—A revised risk matrix based on fuzzy AHP. **Transportation research part D: transport and environment**, v. 48, p. 235-247, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Metodologia de Gestão de Riscos do IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2019.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Política de Gestão de Riscos**. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia INMETRO. 2019.

KADIR, Z. A. et al. Risk Management Framework for Handling and Storage of Cargo at Major Ports in Malaysia towards Port Sustainability. **Sustainability**, v. 12, n. 2, p. 516, 2020.

LEE, E. S.; LI, R.-J. Comparison of fuzzy numbers based on the probability measure of fuzzy events. **Computers & Mathematics with Applications**, v. 15, n. 10, p. 887-896, 1988.

LIMA-JUNIOR, F. R. **Avaliação da adequabilidade de redes neurais artificiais e sistemas neuro-fuzzy no apoio à predição de desempenho de cadeias de suprimento baseada no SCOR®**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MANDANI, E. H.; ASSILIAN, S. An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller, Int. **Journal of Man-machine Studies**, v. 7, p. 1, 1975.

MARGARIDA, Caroline. **Sistema de Informações como Apoio à Gestão de Risco no Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos**. Florianópolis, 2008. 169p.

Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Matriz de Riscos** - Gestão de Integridade, Riscos e Controles Internos da Gestão. 2017. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/assuntos/gestao/controle-interno/matriz-de-riscos>. Acesso em: 11 de dezembro de 2019.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. **Manual de Gestão Integrada de Riscos Corporativos Frente Gestão de Riscos** SGE/SE-MF–AECI/GMF-MF – segunda edição. 2016. Disponível em: <http://www.fazenda.gov.br/pmimf/frentes-de-atuacao/gestao-de-riscos/arquivos/manual-de-gerenciamento-de-riscos-2016-12-22.pdf>. Acesso em: 14 de dezembro de 2019.

MARKOWSKI, A. S.; MANNAN, M. S. Fuzzy risk matrix. **Journal of hazardous materials**, v. 159, n. 1, p. 152-157, 2008.

MARTINS, M. R.; NATACCI, F. B. Metodologia para análise preliminar de riscos de um navio de transporte de gás natural comprimido. In: **Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária**. 2009. p. 1-15.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA. Gestão de risco do Ministério da Justiça. **Ministério da Justiça**. Brasília, 2018, v 1.

MOELLER, R. R. **COSO enterprise risk management**: understanding the new integrated ERM framework. John Wiley & Sons, 2007.

NI, H.; CHEN, A.; CHEN, N. Some extensions on risk matrix approach. **Safety Science**, v. 48, n. 10, p. 1269-1278, 2010.

SKORUPSKI, J. The simulation-fuzzy method of assessing the risk of air traffic accidents using the fuzzy risk matrix. **Safety science**, v. 88, p. 76-87, 2016.

GRUPO 2
PRODUTO 2

ENCAMINHADO NA DATA: 14/08/2020

STJ - SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA. **Gestão de riscos**. Ed. rev. e atual. dezembro/2016. Brasília: STJ, 2016. 35 p.

TAKAGI, T., SUGENO, M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. **IEEE transactions on systems, man, and cybernetics**, n. 1, p. 116-132, 1985.

Tribunal de Contas da União. Referencial básico de gestão de riscos. **Tribunal de Contas de União**, 2018.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and control**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

ZIMMERMANN, H. Fuzzy set theory—and its applications. **Springer Science & Business Media**, 2011.

ANEXO 1 – DETALHAMENTO DA INFERÊNCIA FUZZY

a. Teoria dos números fuzzy

A teoria dos números fuzzy foi inicialmente proposta por Zadeh (1965), sendo a primeira a contrapor os paradigmas da teoria clássica dos conjuntos. Na teoria clássica, o pertencimento de um elemento a um determinado conjunto é mensurado de forma binária, com o número 1 indicando o pertencimento do elemento ao conjunto, e o número 0 indicando o não pertencimento do elemento ao conjunto.

Para fins ilustrativos, pode-se tomar como exemplo um conjunto numérico X, representado pelos números 5 a 10, na Equação 1.

$$X = \{1; 2; 3; 4; 5\} \quad \text{Eq. 1}$$

Para a teoria clássica dos conjuntos, o número 2 está contido no conjunto X e, portanto, o seu pertencimento ao conjunto X é igual a 1. Já o número 6, por exemplo, não está contido no conjunto X e, portanto, o seu pertencimento é igual a 0.

No entanto, para Zadeh (1965), muitas das situações que vivemos no cotidiano não tem um caráter 100% binário. Um exemplo é a sensação de temperatura de cada pessoa em um determinado ambiente: pela ótica binária, considera-se que existem apenas os dois extremos: quente e frio. Entretanto, além do quente e o frio, as pessoas podem ter a sensação de um clima mais ameno, ou seja, um valor intermediário entre os extremos “quente” e “frio”.

De acordo com Zadeh (1965), a mesma lógica pode ser aplicada à teoria dos conjuntos. Assim, na teoria *fuzzy*, entende-se que um único elemento tem a possibilidade de pertencer parcialmente à um conjunto, e parcialmente a outro. Tomando a avaliação da temperatura como exemplo, uma pessoa pode afirmar que o clima está em uma temperatura amena, ou seja, a temperatura pertence parcialmente ao clima frio, e parcialmente ao clima quente.

Após a publicação de Zadeh (1965), a teoria dos números fuzzy vem sendo amplamente utilizada por programadores e, atualmente, ela se faz presente na maioria das tecnologias (ZIMMERMAN, 2001).

De acordo com Zimmerman (2001), um conjunto *fuzzy* é matematicamente definido pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, que representa um conjunto *fuzzy* A qualquer.

$$\tilde{A} = \{x, \mu_A(x)\}, x \in X \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$$

$\tilde{A}$ representa a função de pertinência e $\mu_A(x)$ é o grau de pertinência de x em $\tilde{A}$. Tomando com base essa afirmação, um conjunto *fuzzy* formado por valores discretos pode ser representado pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

$$\tilde{A} = \mu_A(x_1)|x_1 + \mu_A(x_2)|x_2 + \dots + \mu_A(x_n)|x_n = \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)|x_i \quad \text{Eq. 1}$$

Ainda conforme Zimmerman (2001), um conjunto *fuzzy* contínuo pode ser representado pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

$$\tilde{A} = \int \mu_A(x_i)|x_i \quad \text{Eq. 2}$$

Para Zimmerman (2001), um conjunto *fuzzy* deve satisfazer as condições de normalidade e convexidade. Um conjunto *fuzzy* é convexo quando ele satisfaz a seguinte condição:

$$\mu_A[\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2] \geq \min[\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)] \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

$$\lambda \in [0,1] \text{ e } x_1, x_2 \in X$$

Já a condição de normalidade é atendida quando pelo menos um dos elementos deve ter grau de pertinência igual a 1, como indicado pela Equação 6.

$$\sup_{x \in X} \tilde{A}(x) = 1 \quad \text{Eq. 4}$$

Normalmente, os números *fuzzy* são representados pelas suas respectivas funções de pertinência. As funções de pertinência mais utilizadas para os números *fuzzy* discretos são as de tipo triangular e trapezoidal (ZIMMERMAN, 2001). Os números *fuzzy* triangulares são representados numericamente pelos termos “l”, “m” e “u”, onde “l” representa o limite inferior da função de pertencimento ao conjunto; “m” representa o pertencimento total ao conjunto e “u” representa o limite superior da função de pertencimento ao conjunto.

Considerando a função de pertencimento de um número *fuzzy* triangular $\mu(x)$, o seu grau de pertencimento a um conjunto *fuzzy* pode ser obtido a partir da seguinte representação, dada pela Equação 7.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \leq l \\ \frac{x-l}{m-l}, & \text{se } x \in [l, m] \\ \frac{u-x}{u-m}, & \text{se } x \in [m, u] \\ 0, & \text{se } x \geq z \end{cases} \quad \text{Eq. 5}$$

Tomando como exemplo um conjunto *fuzzy* triangular representado pelos números {0,3; 0,5; 0,8}, é possível representá-lo graficamente de acordo com a Figura 14. Pela representação algébrica acima, tomando como exemplo um número

correspondente ao valor de 0,4, o seu grau de pertencimento ao conjunto *fuzzy* triangular [0,3; 0,5; 0,8] é calculado conforme a Equação 6.

$$\mu(0,4) = \frac{0,4-0,3}{0,5-0,3} = 0,5 \quad \text{Eq. 7}$$

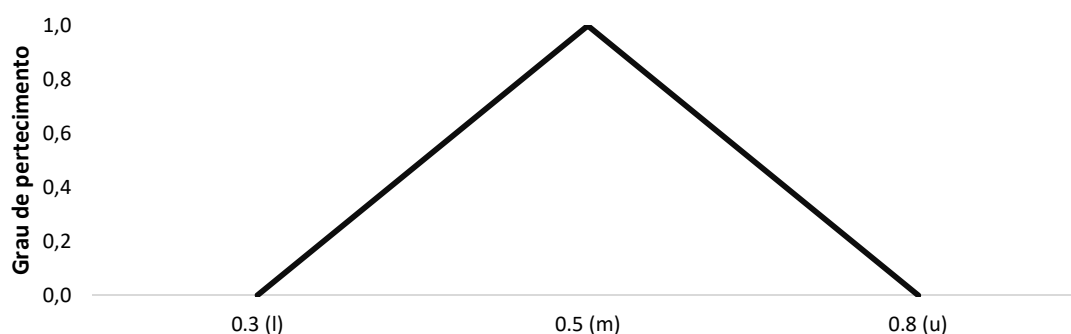


Figura 14 – Representação gráfica de um conjunto fuzzy discreto do tipo triangular.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O número *fuzzy* do tipo trapezoidal é representado numericamente pelos termos “a”, “m”, “n” e “b”, sendo: “a” o limite inferior da função de pertencimento ao conjunto; “m” o valor inferior da função de pertencimento total ao conjunto; “n” o valor superior da função de pertencimento total ao conjunto; e “b” o limite superior da função de pertencimento ao conjunto (ZIMERMANN, 2001).

Considerando a função de pertencimento de um número *fuzzy* trapezoidal $\mu(x)$, o seu grau de pertencimento a um conjunto fuzzy pode ser obtido a partir da **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, se\ x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a}, se\ x \in [a, m] \\ 1, se\ x \in [m, n] \\ \frac{b-x}{b-m}, se\ x \in [n, b] \\ 0, se\ x \geq b \end{cases} \quad \text{Eq. 8}$$

Tomando como exemplo um número *fuzzy* trapezoidal representado pelos números [0,3; 0,4; 0,5; 0,8], podemos representá-lo graficamente de acordo com a Figura 15. Pela representação algébrica acima, tomando como exemplo um número correspondente ao valor de 0,4, o seu grau de pertencimento ao conjunto *fuzzy* triangular [0,3; 0,4; 0,5; 0,8] é calculado a partir da Equação 10.

$$\mu(0,4) = 0,4 \in [0,4; 0,5] = 1 \quad \text{Eq. 9}$$

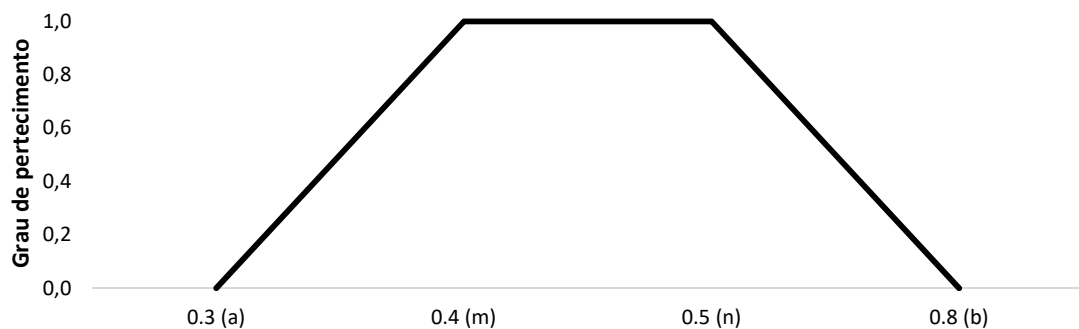


Figura 15 – Representação gráfica de um conjunto fuzzy discreto do tipo trapezoidal.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma das vantagens dos números *fuzzy* é a sua associação a valores linguísticos, utilizados para captar, dentre outras, informações subjetivas de pessoas em aplicações de questionários, por exemplo. Dentre os exemplos de termos linguísticos que podem ser associados aos números *fuzzy*, pode-se tomar como exemplo: {quente; morno; frio},

que representa o conjunto das sensações térmicas; e {baixo; médio; alto}, que representa o conjunto dos níveis de, por exemplo, desempenho.

Dentre as aplicações dos números *fuzzy*, pode-se destacar o seu vasto uso nas linguagens de programação, bem como no processo de inferência *fuzzy* para problemas decisórios (ZIMERMANN, 2001). A próxima seção detalha o processo de inferência *fuzzy*, ressaltando a sua origem e detalhando o seu algoritmo de execução.

b. Sistemas de inferência *fuzzy*

Para Zimermann (2001), os números *fuzzy* vem sendo amplamente utilizados como auxílio no processo decisório a partir de sistemas de inferência *fuzzy* (FIS). Os FIS foram inicialmente propostos por Mandani e Assilian (1975), e uma variação foi também apresentada por Takagi e Sugeno (1985).

De acordo com Lima-Junior (2016), os sistemas de inferência propostos em ambos os artigos apresentam, em sua maioria, semelhanças no processo de execução. No entanto, no sistema de Mandani e Assilian (1975), a base de regras leva em consideração as representações linguísticas dos números *fuzzy*, e ela pode ser modelada de acordo com o julgamento de especialistas que já detém o conhecimento do problema. Já o sistema de Takagi e Sugeno (1985) define os consequentes³ das regras como funções polinomiais e que são ajustadas de acordo com uma amostra extraída dos dados de entrada do problema.

Assim, conforme exposto por Lima-Junior (2016), o sistema de Mandani e Assilian (1975) é o mais indicado para tratar problemas de tomada de decisão, enquanto o de Takagi e Sugeno (1985) é mais indicado para tratar problemas com aproximação funcional.

³ Maior detalhamento dos “consequentes” é dado ao longo desta seção.

Graficamente, um sistema de inferência *fuzzy* pode ser representado de acordo com a Figura 16.

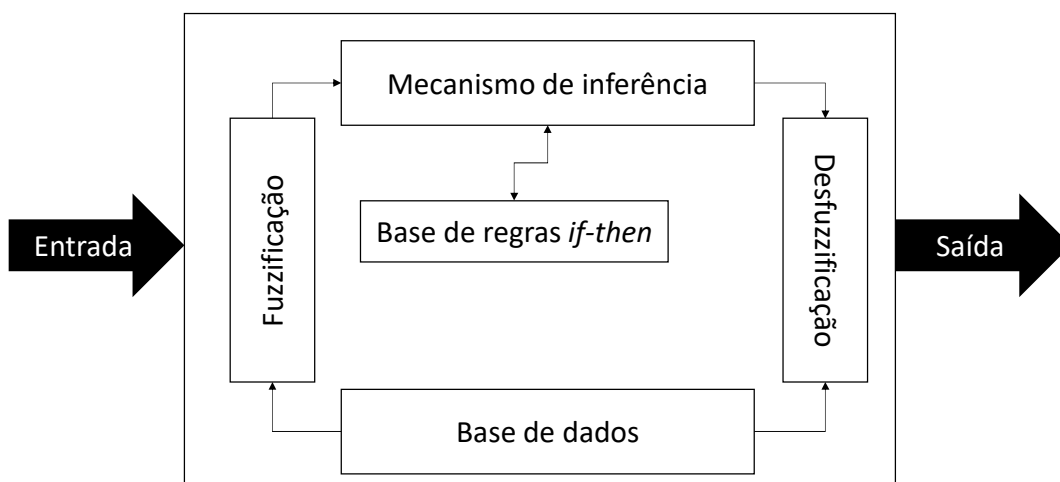


Figura 16 – Representação gráfica de um sistema de inferência fuzzy.

Fonte: Lima-Junior (2016).

Para realizar a avaliação dos riscos associados à PNPM-TRC, o presente trabalho segue o passo a passo do sistema de inferência de Mandani e Assilian (1975). Conforme apresentado por Lima-Junior (2016), o algoritmo de um sistema de inferência *fuzzy* proposto por Mandani e Assilian (1975) segue os seguintes passos: i) apresentar um conjunto de valores *crisp* como variáveis de entrada; ii) *fuzificar* os valores de entrada; iii) verificar as regras ativadas pelos valores de entrada; iv) determinar a saída de cada regra ativada usando os consequentes; v) combinar as regras ativadas; vi) desfuzzificar o conjunto *fuzzy* resultante do passo v); e vii) Apresentar os valores de saída no formato *crisp* e obtenção do grau de pertencimento no conjunto resultado. Cada um destes passos está detalhado abaixo:

Passo 1 - Apresentar um conjunto de valores *crisp* como variáveis de entrada

De acordo com Lima-Junior (2016), os valores *crisp* são números *fuzzy* convertidos em um número único. Por exemplo, um número *fuzzy* triangular representado por valores “l”, “m” e “u” pode ser desfuzzificado em valores *crisp*, que correspondem às variáveis de entrada de um sistema de inferência.

Para Lee e Li (1988), o valor *crisp* de um número *fuzzy* triangular, chamado de $m_p(A)$, qualquer pode ser obtido aplicando a Equação 10.

$$m_p(A) = \frac{l+(2*m)+u}{4} \quad \text{Eq. 11}$$

Para ilustrar esse processo de desfuzzificação, pode-se considerar um exemplo fictício de avaliação de temperatura, onde 3 avaliadores julgam a sensação térmica do ambiente em que eles estão inseridos. A temperatura pode ser avaliada de acordo com os termos linguísticos “quente”, “morna” e “fria”, representados, respectivamente, por números *fuzzy* triangulares [0,50; 1,00; 1,00], [0,25; 0,50; 1,00] e [0,00; 0,25; 0,50].

Neste caso, supondo que as respostas dos três avaliadores foram “quente”, “morna” e “morna”, a avaliação média será representada por um número *fuzzy* médio, e pode ser obtido de acordo com a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, que faz a agregação de números *fuzzy* triangulares pela média.

$$\tilde{A}_m = \left(\frac{\sum_{i=1}^3 l_i}{n}; \frac{\sum_{i=1}^3 m_i}{n}; \frac{\sum_{i=1}^3 u_i}{n} \right) \quad \text{Eq.12}$$

Onde “i” representa a nota atribuída pelo avaliador “n”, e “n” representa o número de avaliadores. No exemplo apresentado, a avaliação média da temperatura é representada por um número *fuzzy* triangular [0,33; 0,66; 1,00], que pode ser convertido para um valor *crisp* de acordo com a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

$$m_p(A) = \frac{0,33+(2*0,66)+1}{4} = 0,6625 \quad \text{Eq. 13}$$

Passo 2 - Fuzzificar os valores de entrada

Uma vez que o sistema de inferência *fuzzy* recebe um valor *crisp*, um processo de fuzzificação converte o valor nos seus conjuntos ativados. Para o exemplo acima, o valor *crisp* de 0,6625 pertence aos números *fuzzy* associados aos termos “quente” e “morna”, com grau de pertinência de 0,675 ao conjunto “morna” e 0,325 ao conjunto “quente”.

Passo 3 - Verificar as regras ativadas pelos valores *crisp* de entrada

No sistema de inferência de Mandani e Assilian (1975), a base de regras é formada por regras do tipo “SE-ENTÃO”, e usam como condições e consequentes termos linguísticos associados aos números *fuzzy*. Um exemplo hipotético para o caso da avaliação da temperatura seria:

Regra 1: **SE** Temperatura = Morna **ENTÃO** Condição = Agradável

Regra 2: **SE** Temperatura = Fria **ENTÃO** Condição = Desgradável

Regra 3: **SE** Temperatura = Quente **ENTÃO** Condição = Desgradável

No caso, o valor de entrada pertence tanto aos conjuntos “morna” quanto “quente” e, portanto, as regras 1 e 3 são ativadas.

Passo 4 - Determinar a saída de cada regra ativada usando os consequentes

Como indicado no passo 3, as saídas de cada uma das regras ativadas correspondem, respectivamente, ao termo “agradável” e “desagradável”.

Passo 5 - Combinar as regras ativadas

No sistema de Mandani e Assilian (1975), os consequentes das regras ativadas são combinados a partir dos operadores de agregação utilizados nos números *fuzzy*. De acordo com Zimmerman (2001), esses operadores são utilizados de acordo com os conectores da lógica booleana (como o AND e o OR, por exemplo), e são chamados de operadores “T-Norma” e “T-Conorma”.

Os operadores “T-Norma” são utilizados para operações de agregação dos números *fuzzy* que se baseiam no conector booleano AND. Conforme Zimmerman (2001), os operadores “T-Norma” se dividem entre:

Operador mínimo:

$$\min\{\mu_A(x), \dots, \mu_B(Y)\}$$

Operador da diferença limitada, também chamado de operador “Lukasiewicz t-norma”:

$$\min\{\mu_A(x) + \mu_B(Y), 1, 0\}$$

Operador do produto drástico:

$$\min\{\mu_A(x), \mu_B(Y)\} \text{ if } \max\{\mu_A(x), \mu_B(Y)\} = 1, \text{ else } = 0$$

Operador do produto algébrico:

$$\mu_A(x) * \mu_B(Y)$$

Operador do produto Hamacher:

$$\frac{\{\mu_A(x) * \mu_B(Y)\}}{\{\mu_A(x) + \mu_B(Y) - \mu_A(x) * \mu_B(Y)\}}$$

Operador do produto “Einstein T-Norma”:

$$\frac{\{\mu_A(x) * \mu_B(Y)\}}{1 + \{1 - \mu_A(x)\} * \{1 - \mu_B(x)\}}$$

Os operadores “T-Conorma” são utilizados para operações de agregação dos números *fuzzy* que se baseiam no conector booleano OR. Conforme Zimmerman (2001), os operadores “T-Conorma” se dividem entre:

Operador máximo:

$$\max\{\mu_A(x), \dots, \mu_B(Y)\}$$

Operador da soma limitada:

$$\max\{\mu_A(x) + \mu_B(Y) - 1, 0; 0, 0\}$$

Operador da soma drástica:

$$\max\{\mu_A(x), \mu_B(Y)\} \text{ if } \min\{\mu_A(x), \mu_B(Y)\} = 0, \text{ else } = 1$$

Operador da soma probabilística:

$$\mu_A(x) + \mu_B(Y) - \mu_A(x) * \mu_B(Y)$$

Operador “Einstein T-Conorma”:

$$\frac{\{\mu_A(x) + \mu_B(Y)\}}{\{1 + \mu_A(x) * \mu_B(x)\}}$$

De acordo com Lima-Junior (2016), o uso dos operadores “T-Norma” em problemas de tomada de decisão remete a um comportamento mais pessimista dos decisores, enquanto o uso dos operadores “T-Conorma” remete a um comportamento mais otimista. Após a ativação dos consequentes, o sistema de inferência *fuzzy* cria as relações de implicação entre eles, e posteriormente realiza uma operação de agregação

entre as implicações que resulta em conjunto *fuzzy* resultante. Geralmente, no sistema de inferência de Mandani e Assilian (1975), é utilizado o operador de agregação máximo (LIMA-JUNIOR, 2016).

Passo 6 - Defuzzificar o conjunto *fuzzy* resultante do Passo 5

O processo de defuzzificação do conjunto resultante pode ser realizado a partir de algumas equações, conforme explicado por Zimmerman (2001). Para o autor, os principais métodos de defuzzificação são:

Centro de área (CoA): A defuzzificação pelo método do Centro de Área (CoA) é dada pela Equação 14.

$$CoA = \frac{\sum_{k=1}^n \mu_c(x_k) * x_k}{\sum_{k=1}^n \mu_c(x_k)} \quad \text{Eq. 15}$$

Onde $\mu_c(x_k)$ refere-se ao grau de pertinência do conjunto resultante no ponto de discretização k , para todo $k = 1, \dots, n$.

Média dos máximos (MoM): A defuzzificação pelo método da Média dos Máximos (MoM) é dada pela Equação 16.

$$MoM = \left(\frac{1}{m}\right) * \sum_{k=1}^m x_k \quad \text{Eq. 17}$$

Onde m corresponde ao número de pontos com pertinência máxima.

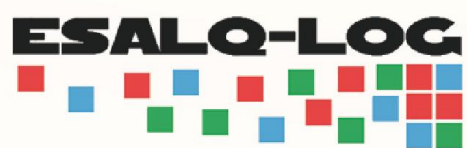
Primeiro dos máximos (FoM): A defuzzificação pelo método Primeiro dos Máximos (FoM) é dada pela Equação 18.

$$FoM = \min_x \{\max\{\mu\}\} \quad \text{Eq. 19}$$

Passo 7 - Apresentar os valores de saída no formato *crisp* e obtenção do grau de

pertencimento no conjunto resultado

Após o processo de desfuzzificação (Passo 6), o resultado é um valor *crisp* no contido no intervalo numérico dos números *fuzzy* associados aos termos linguísticos consequentes. Para a obtenção do grau de pertinência, utiliza-se a EQUAÇÃO X para o caso dos números *fuzzy* do tipo triangular, e a EQUAÇÃO Y para o caso dos números *fuzzy* do tipo trapezoidal (ZIMMERMAN, 2001).



FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ

Avenida Centenário, 1080 • 13416-000 • Piracicaba, SP
Tel.: (19) 3417-6617 • Fax : (19) 3434-7217
www.fealq.com.br • projetos@fealq.com.br
CNPJ: 48.659.502/0001-55