Caíque de Abreu Nascimento

Modelagem e identificação de riscos em cadeias de suprimentos com base na ontologia COVeR: Uma aplicação no setor de energia eólica *offshore*

PROJETO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
APRESENTADO AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL
DA PUC-RIO, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO

Orientadora: Fernanda Araujo Baião Amorim

Departamento de Engenharia Industrial

Rio de Janeiro, 12 de Junho de 2024.

RESUMO

A análise de riscos é uma atividade complexa e multifacetada. De modo a alcançar um modelo que estende o Gerenciamento de Riscos tradicional presente na literatura, uma abordagem ontológica do tema oferece uma compreensão abrangente dos elementos envolvidos no contexto do risco. Este projeto final de conclusão de curso apresenta a modelagem e identificação de riscos aplicadas em cadeias de suprimentos de energia eólica *offshore* baseado na Ontologia Comum a Valor e Riscos (*The Common Ontology of Value and Risk* – COVeR). O estudo explora a sinergia entre os temas Gestão da Cadeia de Suprimentos, Gerenciamento de Riscos, Gerenciamento de Riscos em Cadeias de Suprimentos e Ontologias. Baseado em uma revisão de literatura, este estudo desenvolve e propõe a aplicação de um *framework* conceitual em um estudo de caso. Esta estrutura integra etapas de Gerenciamento de Riscos, incluindo identificação, classificação, avaliação e controle de riscos, com a modelagem fornecida pela COVeR. O objetivo é compreender os benefícios dessa abordagem em comparação aos métodos tradicionais de gestão de incertezas.

Palavras-chave: Gerenciamento de Riscos em Cadeias de Suprimentos, Ontologia, Modelagem de Riscos, Avaliação de Riscos, Gerenciamento de Riscos, Cadeias de Suprimentos.

ABSTRACT

Risk analysis is a complex and multifaceted activity. In order to achieve a model that extends traditional Risk Management found in the literature, an ontological approach to the subject offers a comprehensive understanding of the elements involved in the context of risk. This final paper presents modeling and risk identification applied to Offshore Wind Energy Supply Chains based on The Common Ontology of Value and Risk (COVeR). The paper explores the synergy among Supply Chain Management, Risk Management, Supply Chain Risk Management and Ontologies. Based on a literature review, this study develops and proposes the application of a conceptual framework in a case study. This framework integrates Risk Management stages, including risk identification, classification, assessment and mitigation, with modeling provided by COVeR. The aim is to understand the benefits of this approach compared to traditional methods of uncertainty management.

Keywords: Supply Chain Risk Management, Ontology, Risk Modeling, Risk Assessment, Risk Management, Supply Chain.

SUMÁRIO

1. Introdução 6

2. Conceitos e fundamentação teórica 9

2.1. Gestão de Cadeias de suprimento (*Supply Chain Management* - SCM) 9

2.2. Gerenciamento de riscos 11

2.2.1. Etapas comuns ao gerenciamento de riscos 11

2.3. Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade (FMECA).....12

2.4. Gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos (Supply Chain Risk Management - SCRM).....13

2.5 Ontologias 17

2.6. Definição de riscos segundo a Ontologia COVeR 18

2.6.1. Modelagem de riscos na ferramenta conceitual Archimate 22

3. Metodologia.....25

4. Proposta de identificação e modelagem de riscos no domínio da energia eólica *offshore*.....27

4.1. Energias renováveis 27

4.2. Energia eólica 28

4.2.1. Energia eólica *offshore* 29

4.2.2. Cadeia de suprimentos de energia eólica *offshore* 30

4.2.3. Riscos presentes em cadeias de suprimentos de energia eólica *offshore* 31

4.3. Proposta e aplicação do *framework* conceitual de identificação e modelagem de riscos 34

5. Resultados e Discussões 47

6. Conclusão 50

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....52

Lista de Figuras

Figura 1 – Etapas de gerenciamento de riscos....12

Figura 2 – "Experiências de valor, suas partes e participantes" 20

Figura 3 – "Experiências de risco, suas partes e participantes" 20

Figura 4 – "Modelando atribuições de valor" 21

Figura 5 – "Modelando avaliações de risco" 21

Figura 6 – Experiências de valor, suas partes e participantes modelados no Archimate....23

Figura 7 – Experiências de risco, suas partes e participantes modelados no Archimate....23

Figura 8 – Modelando atribuições de valor no Archimate....24

Figura 9 – Modelando avaliações de risco no Archimate....24

Figura 10 – Relações entre referências utilizadas para avaliação de indicadores....26

Figura 11 – Fluxo logístico de energia eólica offshore....30

Figura 12 – Etapas e referências utilizadas para gerenciamento de riscos....34

Figura 13 – Recorte da modelagem da experiência de risco....35

Figura 14 – Recorte da modelagem da vulnerabilidade....35

Figura 15 – Modelagem do risco "Condições meteorológicas adversas" 41

Figura 16 – Modelagem do risco "Danos físicos relacionados a desgastes, acidentes, negligência e falhas operacionais" 42

Figura 17 – Modelagem do risco "Dificuldades de sincronização com o sistema elétrico" 43

Figura 18 – Modelagem do risco "Instabilidade financeira do fornecedor" 44

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Exemplos de *Key Risk Indicators*.....16

Tabela 2 – "Indicadores de energia renovável entre os anos de 2019 e 2021 e a capacidade global de energia entre diferentes setores de energia renovável" 28

Tabela 3 – Riscos associados à energia eólica.....33

Tabela 4 – Primeira triagem de fatores de riscos relacionados a energia eólica.....36

Tabela 5 – Segunda triagem de riscos associados à energia eólica *offshore*.....36

Tabela 6 – Descrição das experiências risco de cada fator.....38

Tabela 7 – Avaliação do fator Ocorrência.....39

Tabela 8 – Avaliação do fator Severidade.....40

Tabela 9 – Avaliação do fator Dificuldade de Detecção.....41

Tabela 10 – Decisão final de modelagem.....42

1. INTRODUÇÃO

A transformação digital é um desafio para 89% das empresas brasileiras quando se trata de gestão de riscos, conforme revelado pela Pesquisa Global de Riscos 2022 da empresa PricewaterhouseCoopers (PwC). Segundo o estudo, nas entrevistas com cerca de 4 mil líderes empresariais foi possível identificar a crescente importância dos investimentos em digitalização, com as empresas brasileiras aumentando em 68% os recursos destinados à análise de dados, automação de processos e tecnologias de monitoramento de riscos, algo que tem sido cada vez mais incorporado às estratégias de Gestão do Negócios. Globalmente, 74% das organizações seguem essa tendência, sublinhando a necessidade de adaptação rápida e resiliência para uma tomada de decisão mais ágil e fundamentada. No Brasil, 77% das empresas priorizam a automação de processos, 72% focam na análise de dados e 70% investem na detecção de riscos, alinhando-se às preocupações globais. Além disso, 54% das empresas brasileiras já incorporam o gerenciamento de riscos no planejamento estratégico desde o início dos projetos, visando decisões mais acertadas e resultados duradouros (PRICEWATERHOUSECOOPERS, 2022).

Khan et al. (2016 apud ANTON e NUCU, 2020) afirmam que alguns motivos para o engajamento em um processo de gerenciamento de riscos corporativos podem ser a probabilidade de dificuldades financeiras, custos associados a crises, baixas receitas e independência do conselho administrativo, além das oportunidades de crescimento, que se configuram como uma vantagem competitiva interessante. Tais razões seguem a definição de Rosa (1998), que aborda a noção de “riscos positivos”, ou seja, riscos relacionados a eventos que podem impactar objetivos de forma positiva. Os autores Khan et al. (2016) também mencionam que é possível obter uma conexão sólida entre gerenciamento de riscos, estratégia de negócios, atribuição de objetivos e tomada de decisão.

Além de todos os fatores que envolvem estratégia e gestão, é importante citar a relevância do gerenciamento de riscos em um nível de conduta empresarial, de forma a prezar por transparência e ética, dois fatores fundamentais a partir da grande circulação de informações com a globalização dos mercados. Segundo Trivelato et al. (2017), a busca pela integridade e manutenção da preservação da reputação perante seus clientes e *stakeholders* é mais um fator que ressalta a importância do reconhecimento de suas fragilidades e ameaças, e, portanto, de seus riscos. Uma empresa que não apresenta conformidade em suas práticas não tem dimensão dos riscos aos quais está exposta, o que consequentemente a torna vulnerável e compromete a confiabilidade e perenidade do negócio.

Um setor corporativo que não foge da realidade descrita é a cadeia de suprimentos, que tem seu uso mais comum na literatura na tradução para a expressão em inglês, a *Supply Chain*. As cadeias de suprimentos são uma rede complexa composta por fornecedores, fábricas, depósitos, centros de distribuição e varejistas, pelas quais as matérias primas são adquiridas, transformadas, transportadas e entregues aos clientes finais (FOX et al., 2001). As cadeias de suprimento são compostas essencialmente por três níveis de gestão: (i) o nível estratégico, que lida com a seleção de fornecedores, rotas, posicionamento das fábricas e depósitos; (ii) o nível tácito, que correlaciona demanda e disponibilidade de produtos; e (iii) o nível operacional, que executa os planos (FOX et al., 2001). Tal setor lida com as mais variáveis formas de risco, a depender da atividade fim da empresa. Além de agregar valor ao negócio, a gestão de riscos nesta área contribui para a definição, controle e mitigação da exposição de risco ao longo de todas as etapas da cadeia de suprimento (FOX et al., 2001).

Neste contexto, a implantação de um gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos (*Supply Chain Risk Management* - SCRM) em grandes empresas é prejudicada pela falta de informações sobre riscos, fator cuja ocorrência está ligada à existência de barreiras departamentais, tão comuns em corporações de grande escala. Os termos selecionados para representar os riscos são inconsistentes ou definidos de forma imprecisa, e assim resultam em problemas de interpretação que levam a falhas de comunicação na divulgação das ameaças que estão presentes nos negócios, ou em sua prevenção (DIEHL; SPINLER, 2013 apud CAO et al., 2020).

Em função dos potenciais problemas com as definições de termos e da análise da complexidade de um risco, um recurso que pode ser empregado para uma definição semanticamente mais precisa de um risco é a ontologia. Segundo os autores Brank, Grobelnik e Mladenic (2005), uma ontologia é definida como uma conceituação formal explícita de algum domínio de interesse, sendo utilizada em campos como gestão do conhecimento e extração de informações da internet. Na perspectiva computacional, uma ontologia é comumente abordada como uma estrutura que capta conhecimento e fornece conceitos relevantes de uma área, assim como suas relações de interdependência (GRUBER, 1993 apud BREITMAN et al., 2007), e que é materializada em uma estrutura de dados computacionalmente interpretável, viabilizando consultas e inferências lógicas sobre ela. Segundo Jüttner, Peck, and Christopher (2003 apud CAO, BRYCESSON e HINE, 2020), a principal valência da ontologia é a identificação e a definição clara e precisa dos conceitos, oferecendo definições inequívocas para termos utilizados, reduzindo assim a confusão terminológica, promovendo uso e troca de dados,

informações e conhecimentos entre indivíduos e organizações, contribuindo para a interdependência setorial de sistemas inteligentes e informatizados.

A partir desta constatação, Sales et al. (2018) propuseram a COVeR (*Common Ontology of Value and Risk*), uma ontologia comum que engloba as definições de "valor" e "risco", investigando suas relações, interdependências, definições e compreensão clara de suas naturezas. A COVeR será adotada como arcabouço conceitual para a aplicação de um desenho do gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos no domínio de energia eólica *offshore*, de modo a entender precisamente todos os seus fatores de todas as cadeias de propagação de riscos presentes.

Neste contexto, o propósito do trabalho é responder às seguintes questões de pesquisa (QP):

QP1: Qual a importância do gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos?

QP2: Qual o grau de aderência da COVeR nas etapas de identificação e modelagem de riscos em um caso real de SCRM?

QP3: Quais os benefícios trazidos pela COVeR em comparação às etapas de identificação e modelagem em um gerenciamento de riscos comum?

Para responder adequadamente a essas questões, será realizada a aplicação do *framework* proposto, que faz uso da ontologia comum a valor e riscos (COVeR) em conjunto com outras técnicas metodologias, examinando a sinergia e as interdependências das informações coletadas.

O trabalho está organizado conforme a seguinte estrutura. O capítulo 2 de fundamentação teórica apresenta o conteúdo disponível em teses, artigos, revistas e livros de modo a permitir a compreensão dos principais conceitos, envolvendo gestão da cadeia de suprimentos, ontologias e gerenciamento de riscos. A metodologia utilizada na pesquisa, assim como a descrição do processo genérico de seleção dos riscos, estará presente no capítulo 3. No decorrer do capítulo 4 será apresentada a proposta de um *framework* conceitual de identificação e modelagem de riscos em um cenário de energia eólica *offshore*. O Capítulo 5 abordará os resultados e discussões, no qual a modelagem será discutida e sua aderência devidamente avaliada, destacando as respostas das perguntas de pesquisa propostas. O capítulo 6 consiste em definir as principais conclusões resultantes do trabalho, limitações de estudo e futuras contribuições para o estado da arte.

2. CONCEITOS E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao longo desta seção, serão tratados os principais temas que estão relacionados com a pesquisa. Os conceitos serão abordados de forma individual, buscando suas principais teorias, de modo que ao final de cada seção sejam identificados os fatores que os diferem e os assemelham do contexto geral. Na parte referente ao SCM, serão vistos os contextos atuais de cadeia de suprimentos, além de suas caracterizações. Já na parte de Ontologia, serão abordados definições, conceitos e etapas para construção de uma estrutura ontológica. Em seguida, a seção de Gerenciamento de Riscos apresentará etapas comuns de gerenciamento, definições de riscos e justificativas das escolhas de modelagem. A seção de SCRM trará modelos de gestão de risco, monitoramento e indicadores, além de barreiras para controle. Por fim, parte de Energias Renováveis nos ajudará a compreender contexto, características de plantas *offshore* de turbinas eólicas, funcionamento da cadeia de suprimentos e os riscos relacionados à modalidade.

2.1. Gestão de Cadeias de Suprimento (*Supply Chain Management - SCM*)

O século XXI trouxe a transformação completa de todos os conceitos relacionados à Logística. Se antes o *status quo* de um serviço logístico consistia em estratégias voltadas para a *performance* de pontos físicos de venda, a realidade atual entrega novos métodos de venda, como o comércio eletrônico, por exemplo. A partir das evoluções tecnológicas foi possível a expansão comercial de empresas que não precisam nem mesmo estarem próximas fisicamente ao cliente, podendo ter sua matriz a milhares de quilômetros de distância, em outros países. As barreiras geográficas, que antes eram verdadeiras muralhas, hoje não passam de parte do processo. A partir do momento em que a logística passou a ser tratada como parte estratégica fundamental para a manutenção da competitividade, que se tornou global e não mais local, o cliente passou a confiar mais no recebimento da sua mercadoria certa, na porta da sua casa, de forma rápida. Tal cenário é responsável pelo alto investimento e rápido desenvolvimento logístico das companhias. (DA SILVA, 2022).

A globalização e o processo de evolução tecnológica também são responsáveis pela gigantesca disponibilidade de informações na internet, permitindo assim a comparação de produtos de maneira fácil e veloz. As plataformas de vendas online permitem que o consumidor tenha a possibilidade de avaliar o produto comprado, o que influencia na tomada de decisão do próximo comprador que está à procura do mesmo produto. Tal fato torna os clientes mais exigentes, passando a buscar diversidade, flexibilidade, boa relação custo vs. benefício, flexibilidade, qualidade e, claro, menor preço. De modo a se adaptarem de forma mais rápida

às mudanças do comportamento do consumidor, as organizações buscam melhorar os seus serviços, as obrigando a planejar melhor os seus recursos e processos, aproximando áreas estratégicas como *marketing*, vendas, operações, suprimentos, compras, finanças, entre outras. O objetivo principal desse planejamento estruturado é obter o melhor nível de serviço possível, com a finalidade de fortalecer suas estratégias competitivas. (DA SILVA, 2022).

A gestão logística nas corporações é a área estratégica responsável por garantir que os clientes recebam o nível desejado de serviço de forma eficiente e eficaz. Esse processo inclui uma série de operações importantes, desde o planejamento até a distribuição, com o objetivo de otimizar o uso dos recursos e minimizar os custos associados. Isso envolve a coordenação cuidadosa de atividades como aquisição de matérias-primas, controle de estoque, armazenagem, atendimento de pedidos, transporte e comunicação de informações ao longo da cadeia de suprimentos. O principal objetivo é encontrar um equilíbrio entre a satisfação do cliente e a eficiência operacional. Portanto, a logística corporativa concentra-se não apenas na entrega de produtos no prazo, mas também na gestão de cada etapa do processo para garantir que os recursos sejam usados de forma ótima, o que contribui para a lucratividade e competitividade da empresa no mercado (BALLOU, 1993, p.17 apud DA SILVA, 2022).

O uso correto de viabilizadores da cadeia é um fator crítico de sucesso da gestão. Esses elementos devem ser considerados na Implementação da Cadeia de Suprimentos, sendo eles (SCAVARDA; SCAVARDA, 2004):

(i) Nível de Relacionamento com outros membros da cadeia: identificação dos membros externos relevantes e definição de seus papéis no processo, estabelecendo o modelo de relacionamento adequado para cada membro. Os modelos variam entre arm's lenght (relacionamento de mercado, ou seja, transações independentes entre fornecedor e cliente), integração vertical (controle próprio do fornecimento, abertura de joint venture (entidade criada e compartilhada entre duas ou mais empresas) e parceria (confiança mútua e compartilhamento de informações e riscos)

(ii) Integração dos processos de negócios: coordenação interfuncional entre os processos de negócio, fornecendo uma visão sistemática (e não departamental) da empresa. Criação de processos interorganizacionais com clientes, fornecedores e provedores de serviço, aumentando assim a competitividade;

(iii) Tecnologia da informação: conjunto de infraestrutura, ferramentas, técnicas e métodos que auxiliam a melhora de operações rotineiras e estratégicas,

realizando captação, processamento, armazenamento e transferência de informações para melhoria na tomada de decisões;

(iv) Gestão de recursos humanos: seleção e treinamento adequado de funcionários da SCM, garantindo o uso correto da tecnologia empregada na gestão e manutenção da estratégia traçada, visando manter a confiança e cooperação entre membros da cadeia de suprimentos.

2.2. Gerenciamento de Riscos

É fundamental compreender que os riscos estão presentes em qualquer contexto social, ambiental, econômico, corporativo, político, judiciário, entre outros. Mesmo que apresentem natureza e graus de intensidade diferentes, as incertezas sobre estados futuros é algo que devem ser analisadas em todos os contextos (TRIVELATO et al., 2017). Conhecer e compreender perigos, controlar situações de risco, consolidar técnicas de proteção, aplicar de forma holística conhecimentos adquiridos e evitar ou mitigar eventos indesejáveis foram transformações fundamentais para o desenvolvimento da sociedade (RUPPENTHAL, 2013).

A partir deste contexto, entende-se que o gerenciamento de riscos é uma ferramenta utilizada para conhecimento e prevenção, de modo que um planejamento sólido para os contornar viabiliza o conhecimento sobre seus possíveis impactos e torná-los possivelmente solucionáveis. O gerenciamento de riscos engloba metodologias cujo objetivo é agregar capacidade em prevenção, priorização, controle e superação, buscando sempre evitar que uma determinada meta seja impactada por um evento de risco. Aplicado no contexto corporativo, tal modelo de gestão busca proteger recursos humanos, materiais e financeiros de uma empresa, pensando que certos eventos aleatórios possuem potencial de prejudicar rentabilidade e responsabilidades. O processo de gerenciamento envolve identificar, analisar, estimar, categorizar, priorizar e tratar os riscos de forma que se tenha um equilíbrio entre a minimização de perdas e os resultados de oportunidades de ganhos (RUPPENTHAL, 2013).

2.2.1. Etapas comuns ao gerenciamento de riscos

O processo de gerenciamento de riscos padrão na literatura é usualmente composto por 5 etapas básicas, em um caminho cíclico. Sobre as etapas de tal processo, podemos afirmar que:

> O primeiro e mais crucial passo é a identificação de riscos orientada por causas. Apenas os riscos identificados podem ser gerenciados. O segundo passo, idealmente, é a avaliação do efeito monetário dos riscos identificados. O terceiro passo é a classificação de riscos, que visa priorizar os riscos identificados e avaliados. O quarto

> passo, mitigação de riscos, analisa quais alternativas de mitigação são aplicáveis para cada risco identificado e quais combinações de ações minimizam a situação de risco geral do projeto. O quinto e último passo é o controle de riscos, que exige que um participante compare a situação real do projeto com o plano original do projeto para controlar a eficácia das ações de mitigação de riscos (Firmenich, 2016, p. 73).

A figura 1 ilustra as etapas destacadas.

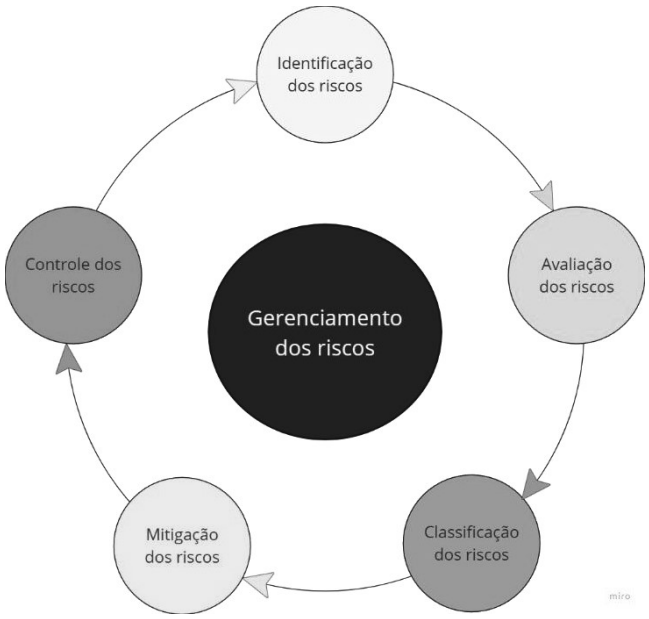

Figura 1 – Etapas de gerenciamento de riscos.

Fonte: Firmenich (2016). (adaptado)

2.3. Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade (FMECA)

Uma etapa crucial no processo de gerenciamento de riscos é a avaliação das possíveis falhas presentes em um sistema e seus impactos. Uma vez os riscos sejam identificados, a análise de risco deve considerar quais são as probabilidades de ocorrência de uma falha ser desencadeada por uma determinada causa, de acordo com fontes de dados do processo, controle de qualidade, monitoramento de tráfego, estatísticas de seguros e avaliações de desempenho operacional. Além de considerar a Ocorrência, deve-se compreender qual a severidade e importância relativa dos efeitos, entendendo se dentro de um sistema a dificuldade de detectar a falha é maior ou menor de acordo com o contexto. É este o método utilizado por Tuncel e Alpan (2010) para realizar uma análise, chamado de Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade (*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* – FMECA). A FMECA é um método bem documentado utilizado para quantificar e analisar preocupações de segurança para um produto e um processo (TUNCEL; ALPAN apud MIL-STD-1629A, 1980), utilizando

diagramas, probabilidades e frequências baseada em dados e conhecimentos históricos, fornecendo uma lista dos riscos mais críticos e ações de mitigação sugeridas para controlá-los.

A abordagem da FMECA tem como ponto de partida a base de um sistema e se estende até o topo, dividindo o processo em componentes fundamentais para detectar todos os potenciais modos de falha e os classifica em ordem de importância, de acordo com o cálculo do *Risk Priority Number,* que é a combinação dos cálculos das notas atribuídas de ocorrência (O), severidade (S) e detectabilidade (D) de uma ameaça (de acordo com a equação 1). A rastreabilidade empregada através do uso dessa ferramenta é fundamental para o gerenciamento do fluxo de informações e materiais, além do registro e recuperação de toda a documentação necessária para a gestão. A capacidade de coletar as informações necessárias e utilizá-las como parte do processo pode resultar no ganho de vantagem competitiva (BERTOLINI; BEVILACQUA; MASSINI, 2006).

$$RPNi = Oi \; x \; Si \; x \; Di \qquad \forall i \qquad (1)$$

2.4. Gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos (*Supply Chain Risk Management* - SCRM)

Se qualquer atividade humana está sujeita a uma grande quantidade de incertezas, um ambiente corporativo não foge desta realidade (NAKANDALA; LAU; ZHAO, 2016). Mudanças imprevisíveis de contexto são comuns de ocorrerem, podendo resultar em situações positivas ou negativas. Por conta disso, a gestão de incertezas tem se tornado um tópico fundamental e recebido uma atenção considerável na literatura e na prática (NAKANDALA; LAU; ZHAO, 2016). Ainda que o gerenciamento de riscos seja implementado em um contexto geral de administração de uma empresa, existem segmentos dentro de uma companhia que lidam com riscos de forma mais específica e que são fundamentais para a execução da atividade fim de uma corporação. Uma das áreas que demandam um monitoramento adequado de incertezas é a Cadeia de Suprimentos, responsável por todos os processos envolvendo a análise da demanda e a distribuição de um produto, desde o fornecedor primário até o consumidor final. Um evento de risco pode implicar em consequências como ruído no fluxo de informações, falha na disposição de materiais para produção e disponibilidade de produtos em estoque, podendo assim causar falhas operacionais, táticas e estratégicas (HO et al. 2015 apud KALLA; SCARVARDA; HELLINGRATH, 2024).

Eventos como terremotos, enchentes, guerras, crises econômicas, epidemias, greves e ataques terroristas causam impactos altamente significativos em um curto prazo (WORLD

ECONOMIC FORUM, 2012, apud GIULIANI; PRADO; VIVALDINI, 2014). Tais eventos são considerados catastróficos e classificados por Nakandala, Lau e Zhau (2016) como riscos de nível macro, por serem totalmente alheios à operação em si. Outras duas classificações trazidas pelos autores são os riscos internos, que se referem a riscos de processo e riscos de controle, e os riscos operacionais, que retratam ameaças de eventos não planejados que impactam o fluxo normal de bens, serviços e informações, ocasionando no desencontro entre oferta e demanda.

De acordo com a ISO31000:2019, risco é definido como "o efeito da incerteza em objetivos", sendo sua gestão um conjunto coordenado de atividades e métodos que são usados para controle de cenários que podem impactar diretamente um objetivo (NAKANDALA; LAU; ZHAO, 2016). Gerenciamento de riscos em cadeias de suprimento pode ser definido como um processo de identificação, avaliação, tratamento e monitoramento de riscos em cadeias de suprimentos, sendo auxiliado por ferramentas, técnicas e estratégias, além do fundamental apoio interno e externo (membros da cadeia, como fornecedores) para garantir vantagem competitiva e um melhor preparo contra incertezas (FERREIRA et al., 2018; STEVENSON, 2018, p. 210 apud KALLA; SCARVARDA; HELLINGRATH, 2024).

A última etapa do processo de Gerenciamento dos Riscos, o monitoramento, se baseia em um rastreamento contínuo do desenvolvimento de um determinado evento de risco, utilizando de ferramentas de suporte como indicadores, plataformas e análise de dados (KALLA; SCARVARDA; HELLINGRATH, 2024). De modo a entender como o monitoramento pode ser aplicado em cadeias de suprimentos, Stampe e Hellingrath (2021) identificam métodos analíticos e indicadores de risco, buscando encontrar cenários que tenham impactos significativos no curto prazo e também possam ser monitorados em tempo real. Diversas empresas, como Cisco, Intel, e IBM utilizam métodos avançados de monitoramento de riscos, porém a porcentagem de profissionais que empregam tecnologia no processo de gravação, controle, medição e predição de um eventual rompimento de cadeia não é satisfatória (STAMPE; HELLINGRATH, 2021). A coleta automática de dados para monitoramento e sistemas de alerta podem resultar em uma grande vantagem de tempo para lidar com uma situação de risco. A escolha correta de indicadores de risco é de máxima importância para entender o nível das ameaças da cadeia, assim como monitorar e prevenir determinadas condições, podendo estes basearem-se em uma vasta quantidade de dados de originadores diferentes, compreendendo diferentes tipos de risco que envolvem desde a demanda até transporte e fornecimento (STAMPE; HELLINGRATH, 2021).

Os dados em tempo real, provenientes de fontes tanto internas (sensores e sistemas de tecnologia da informação) quanto externas (fornecedores, parceiros) são a chave para o monitoramento, permitindo que os sistemas de alerta identifiquem os riscos. Existem três tipos de indicadores considerados chave que descrevem propriedades intrínsecas à cadeia, sendo eles (STAMPE; HELLINGRATH, 2021):

- *Key Performance Indicators* (KPIs): utilizados para avaliação do desempenho de uma cadeia, baseados em dados de situações que já ocorreram;
- *Key Risk Indicators* (KRIs): utilizados para compreensão do nível de risco, baseados em projeções futuras;
- *Key Control Indicators* (KCIs): utilizados para monitorar controles da fase de tratamento dos riscos.

De acordo com Stampe e Hellingrath (2021), alguns exemplos de indicadores chave de risco se apresentam em diversos vetores da indústria e dos negócios, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Exemplos de Key Risk Indicators.

Fonte: Stampe e Hellingrath (2021) (adaptado).

Tipo de risco	Setor	Indicadores de risco (KRI) associados
Abastecimento	Fabricação de tubos de esgoto	Custo
	Fabricação de tubos de esgoto	Qualidade
	Fabricação de tubos de esgoto	Taxa de resposta
	Automotivo	Preço
	Automotivo	Prazo de entrega
	Automotivo	Tempo de ciclo
	Automotivo	Rendimento
Demanda	Automotivo	Propagação de risco
	Automotivo	Impacto do risco na performance
	Moda	Correlação entre dados textuais e de venda
Transporte	Geral	Custos de funcionamento inadequado da máquina
	Geral	Custos de transporte
	Geral	Atraso de fabricação
	Geral	Atraso de entrega
	Logística Aérea	Disponibilidade de peça de acordo com criticidade e custo
	Logística Aérea	Posicionamento geopolítico
	Produtos Frios	Temperatura
	Produtos Frios	Umidade
	Marítima	Hora de chegada
Financeiros	Finanças da Cadeia de Suprimentos	Solvência
	Finanças da Cadeia de Suprimentos	Rentabilidade
	Finanças da Cadeia de Suprimentos	Operações
	Finanças da Cadeia de Suprimentos	Produtos
Fabricação	Indústria alimentícia	Recursos necessários para fabricação
	Indústria alimentícia	Qualidade
Social	Indústria alimentícia	Monitoramento de veículos
	Indústria alimentícia	Segurança pessoal
	Indústria alimentícia	Comportamento antiético
	Indústria alimentícia	Preocupações ambientais
Múltiplos	Indústria siderúrgica	Vendas líquidas
	Indústria siderúrgica	Crescimento
	Indústria siderúrgica	Participação de mercado
	Geral	Nível de estoque
	Agricultura	Superprodução
	Agricultura	Eficiência organizacional
	Agricultura	Reputação
	Agricultura	Condições climáticas
	Indústria alimentícia	Compartilhamento de tecnologia e informações

2.5. Ontologias

Uma ontologia é uma descrição formal e explícita dos conceitos de um determinado domínio de interesse (NOY; MCGUINNESS, 2001). A ontologia auxilia na definição de um vocabulário comum que descreve conceitos e reúne informações importantes, estabelecendo as relações entre eles. É uma ferramenta que organiza o conhecimento e permite estudos de maneira mais eficiente e objetiva, é extensível a novos conhecimentos e define restrições (NOY; MCGUINNESS, 2001). Ao serem vinculadas a fontes de dados externas, possibilitam a interoperabilidade semântica, facilitando a interação entre diferentes ferramentas computacionais, o que promove a coleta, armazenamento, compartilhamento e consulta ao conhecimento descrito, além de apoiar o processo de tomada de decisão (HAGHIGHI; BURSTEIN; ZASLAVSKY, 2013 apud XING et al., 2019).

Os conceitos do domínio de conhecimento são comumente chamados de classes, descritas por seus atributos (características ou propriedades intrínsecas) e interligadas por meio de relacionamentos (propriedades relacionais). Os objetos, que são casos particulares das classes, são chamados de instâncias. De modo a permitir a melhor compreensão, os conceitos são organizados hierarquicamente de forma taxonômica, segundo a qual conceitos mais específicos (“Aluno” e “Professor”) especializam conceitos mais genéricos (“Pessoa”), definindo um relacionamento de natureza “é um” (*is a*), por exemplo “Aluno é uma Pessoa” (NOY; MCGUINNESS, 2001).

Noy e McGuinness (2001) usam, para descrever uma ontologia, um exemplo sobre vinhos. Uma classe de vinhos representa todos os vinhos, enquanto exemplificar um vinho em particular (o vinho que Caíque deu de presente de aniversário para João) é um processo de instanciação dessa classe. As instâncias são descritas por valores específicos para os atributos definidos na classe, como sabor “amadeirado”, corpo “encorpado”, ingredientes “uva merlot”, produtor “Casa Perini”, e nível de açúcar “baixo”, por exemplo. Uma possível taxonomia de vinhos criaria as classes “Vinho tinto”, “Vinho branco” e “Vinho rosé” como subclasses da superclasse vinhos, por serem uma especialização da classe mais genérica.

A metodologia de construção de uma ontologia deve determinar o escopo e o domínio estudados, identificando as perguntas a serem respondidas pela ontologia (comumente denominadas “questões de competência”), assim como quem a utilizará e a manterá. Uma lista de termos que se deseja abordar deve ser descrita. Classes e hierarquias devem ser definidas de modo a representar o domínio delineado pelas questões de competência definidas, assim como a descrição da estrutura interna de conceitos e propriedades (atributos e relacionamentos) de

cada classe. A ontologia também considera as restrições de relacionamento entre as instâncias, como tipo de valor permitido e suas cardinalidades. A criação das instâncias individuais das classes da hierarquia envolve, escolher uma classe, criar uma instância e preencher os atributos desta, criando um caso particular da classe de nível maior (NOY; MCGUINNESS, 2001).

2.6. Definição de riscos segundo a Ontologia COVeR

A compreensão completa de um risco pode não ser uma tarefa simples. Sales, Baião, Guizzardi, Almeida, Guarino e Mylopoulos (2018) afirmam que a compreensão do valor de um objeto facilita o entendimento do risco a ele relacionado, de modo que uma atribuição de um benefício transforma um objeto qualquer em um objeto de valor. A possibilidade de perda de tal objeto é uma maneira de se entender que este está em risco.

Para fundamentar essa ideia inicial, o estudo de Sales et al. (2018) relata que a forma mais comum de aplicação do conceito de valor na literatura de negócios é o valor de uso (*use value*), que nos ajuda a entender fenômenos interessantes a respeito do processo de decisões de compra e a diferenciação entre empresas concorrentes, por exemplo. Tal valor de uso possui algumas características implícitas, sendo a primeira a dependência de uma meta, na qual é dado valor a objetos que permitem as pessoas a atingir certas metas, considerando que um único objeto pode ter diferentes valores para diferentes pessoas. A segunda característica importante para entender o termo em questão é a relação do objeto com experiências por este entregues, de modo a analisar possíveis situações nas quais um objeto pode ter valor, pois cada experiência atribui o valor de um modo distinto para uma mesma pessoa. Além desses fatores, os autores afirmam que o valor é diretamente afetado pelas propriedades intrínsecas do objeto, que ditam o quanto tal artefato atinge o objetivo principal definido. Em resumo, o valor de um objeto está diretamente ligado às necessidades de um ator em um determinado contexto.

De forma análoga, os autores Sales et al. (2018) também analisam a noção de risco, suas avaliações e em que ponto há uma convergência sobre os dois temas. Por se tratar de um possível ofensor ao benefício atribuído ao objeto, o risco se configura como um caso particular de uma atribuição de valor (*value ascription*), onde este é a utilidade esperada de uma ação ou decisão, sendo o risco uma incerteza associada a tal valor. Como similaridades entre os conceitos de valor e de risco, é possível citar primeiro a dependência de um objetivo, isto é, algo possui valor ou está em risco de acordo com os objetivos de um agente, além de dependerem de caraterísticas intrínsecas dos objetos, que podem ser capacidades, de forma positiva, ou vulnerabilidades (*vulnerability*), de forma negativa. A segunda similaridade entre

eles é a dependência de um contexto, onde tanto valor quanto risco derivam de eventos que suas disposições permitem de acordo com o contexto em que tal objeto está envolvido. A terceira similaridade está na relação entre incerteza e impacto, na qual a dimensão e o cálculo destes estão associados a eventos indesejados (no caso do risco) e desejados (no caso do valor).

Risco pode ser entendido como uma situação ou evento em que algo de valor humano está em jogo, não se podendo imaginar o resultado desse evento. Para entendermos como essas ameaças podem ser definidas, é importante entender três caracterizações sobre o risco (SALES et al., 2018):

1. Está relacionado com um possível estado de realidade que afeta, seja de forma positiva ou negativa, os interesses de alguém;
2. Envolve incerteza sobre a continuidade deste possível estado da realidade;
3. Está relacionado com um possível estado da realidade, ou seja, exclui eventos impossíveis de acontecer.

É possível também enxergar o risco sob uma ótica de divisão em três elementos, sendo eles (i) um objeto de risco (*risk object*), considerado como a fonte do risco, (ii) um objeto em risco (*object at risk*), coisas que possuem um determinado valor para um agente e que são ameaçadas por esse objeto de risco, e (iii) a relação de risco que os conecta. A disposição desses elementos pode variar de acordo com o valor atribuído por esse agente à um objeto, sendo esse agente a pessoa que tem as intenções afetadas pelo evento de risco. Para conceituar o risco, é necessário fazer referência a:

i. Um agente, cujo objetivos e intenções são afetados por uma situação ou evento;
ii. Eventos, seus gatilhos e os impactos dos eventos nos objetivos;
iii. Incerteza.

A análise de risco é lida como uma atividade complexa e fundamental em determinadas áreas de uma empresa, como finanças, projetos, estratégia, desenvolvimento de software, cadeia de suprimentos, entre muitos outros exemplos. Tal análise emprega técnicas e ferramentas criadas para identificação, análise de impacto e projeção de estratégias de mitigação. Com o objetivo de criação de uma descrição clara e concisa de seus elementos e suas relações, o trabalho de Sales et al. (2018) propõe uma estrutura de análise através de uma modelagem ontológica aprofundada baseada nos princípios da *Unified Foundational Ontology* (UFO). A estrutura proposta pelos autores analisa valor e risco de acordo com suas relações sob a ótica de três diferentes perspectivas, a experiencial, a relacional e a quantitativa.

A perspectiva experiencial descreve valor e risco de acordo com eventos e suas causas, sendo de fundamental necessidade a consideração de todos os eventos relevantes envolvendo o objeto para basear as atribuições. Todos os eventos de valor e risco envolvem agentes chave, que possuem determinadas perspectivas e intenções (*intention*), que possuem total influência em como tal atribuição é realizada. Enquanto valor é atribuído de acordo com experiências passadas, atuais e previstas, o risco é atribuído apenas a experiências previstas (SALES et al., 2018). As figuras 2 e 3 demonstram visualmente a perspectiva experiencial e todos os seus componentes.

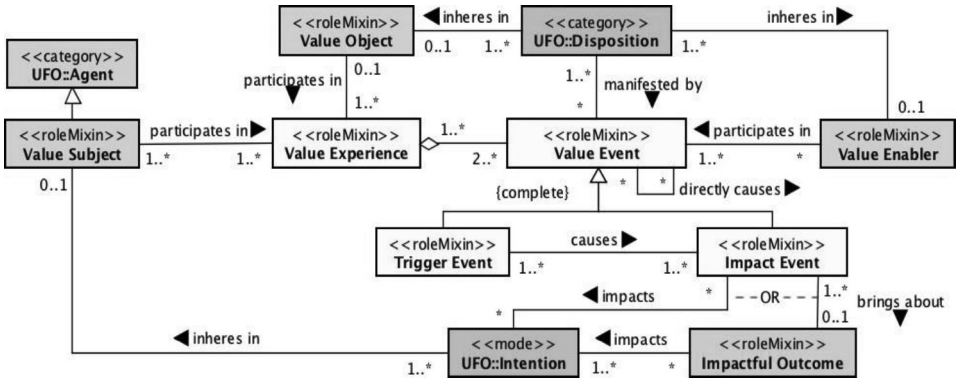

Figura 2 – "Experiências de valor, suas partes e participantes".

Fonte: Sales et al. (2018)

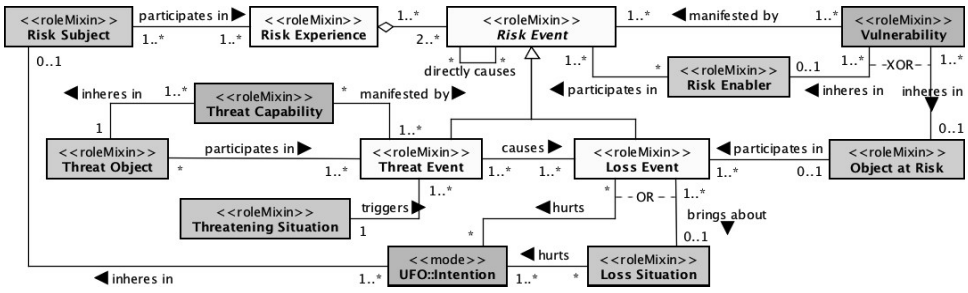

Figura 3 – "Experiências de risco, suas partes e participantes".

Fonte: Sales et al. (2018)

A perspectiva relacional busca identificar a natureza subjetiva de valor e de risco, estudando as relações intrínsecas à atribuição de valor (*value ascription*) e avaliação de risco (*risk assessment*), que envolvem um agente responsável pelo julgamento (*risk assessor*) e o alvo do julgamento, seja um objeto (*object risk assessment*) ou evento (*experience risk assessment*). A perspectiva quantitativa tem o objetivo de projetar valor e risco em escalas mensuráveis, sendo representados pela qualidade de valor e de risco, que pode ser diretamente projetada em escalas de valor, seja ela discreta (baixa, média e alta) ou contínua (entre 0,0 e

100,00, por exemplo) (SALES et al., 2018). As figuras 4 e 5 demonstram visualmente a perspectiva relacional e quantitativa, assim como os seus componentes.

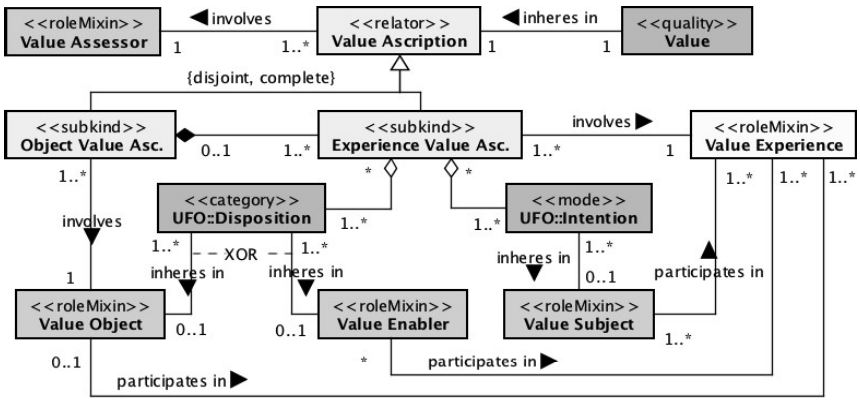

Figura 4 – "Modelando atribuições de valor."

Fonte: Sales et al. (2018)

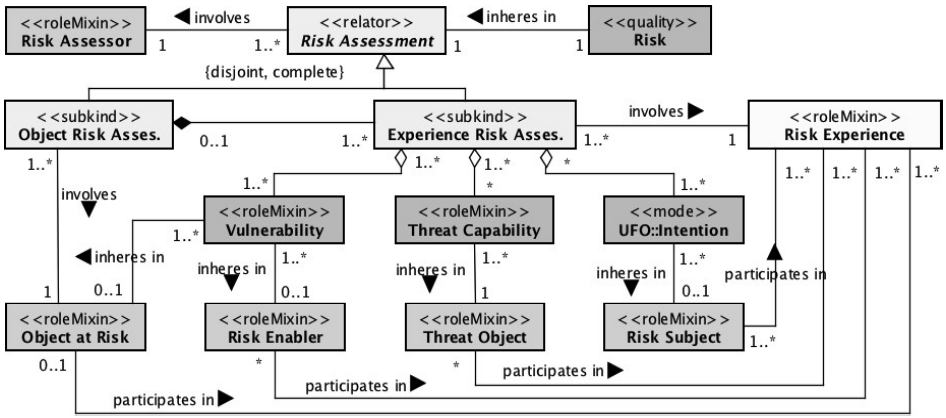

Figura 5 – "Modelando avaliações de risco."

Fonte: Sales et al. (2018)

A probabilidade de ocorrência de eventos (*likelihood*) é um conceito quantitativo que pertence a tipos de eventos e situações, sendo indispensável quando falamos sobre as experiências de valor e de risco. A probabilidade considera a frequência de eventos passados (*triggering likelihood*) e o grau de incerteza do avaliador, que é lida como a chance de uma situação causar um evento, e a probabilidade casual (*causal likelihood*), chance de um evento causar outro evento (SALES et al., 2018).

2.6.1. Modelagem de riscos na ferramenta de modelagem conceitual Archimate

Por desempenhar um papel fundamental no gerenciamento de riscos, a modelagem de riscos possui como característica representar de forma sistemática os elementos relacionados aos riscos em um contexto organizacional. Segundo Sales, Almeida, Santini, Baião e Guizzardi (2018), o principal objetivo da modelagem de riscos é compreender os diversos aspectos dos riscos, incluindo suas causas, efeitos e interrelações, a fim de facilitar uma análise e definição de estratégia de mitigação eficazes. Uma das bases da modelagem de riscos é entender que os riscos são eventos que podem ter impactos negativos nos objetivos e intenções da organização, sejam eles financeiros ou organizacionais. Parte disso envolve identificar diferentes tipos de eventos de risco, como ameaças, vulnerabilidades e eventos de perda, caracterizando suas relações e interações. Ao aplicar os princípios e técnicas adequados de modelagem de riscos, as organizações podem tomar decisões mais informadas e eficazes sobre como lidar com os riscos em seus projetos e operações (SALES et al., 2018).

Tal modelagem de riscos reconhece a importância do contexto organizacional na determinação da probabilidade e do impacto dos eventos de riscos. Isso significa considerar fatores como o setor em que a organização atua, a atividade-fim e suas regulamentações aplicáveis, além das características específicas do projeto em questão. Uma representação adequada dos elementos que envolvem um risco é fundamental na modelagem de riscos. Isso inclui diferenciar entre diferentes tipos de agentes de ameaça, vulnerabilidades e ativos em risco, bem como caracterizar suas relações (SALES et al., 2018).

A modelagem de riscos busca fornecer uma estrutura conceitual clara e precisa para entender e abordar os riscos organizacionais. De forma a se ter a melhor visualização do fluxograma, a ferramenta ArchiMate foi escolhida para representar os diferentes aspectos dos riscos de maneira consistente e compreensível. Como vantagens, o ArchiMate possui uma abordagem mais abrangente para a arquitetura empresarial (*enterprise architecture* – EA), com suporte para a representação de riscos, apoiando a identificação e análise sistemática de riscos nas organizações. Além disso, o software é utilizado em diversos outros *frameworks* de risco na literatura. Todos estes fatores diferenciam o ArchiMate de outras linguagens que não foram totalmente integrados em soluções de EA.

Como forma de exemplificar a abordagem do uso do ArchiMate para a modelagem, foram realizadas as adaptações das figuras 2, 3, 4 e 5 para o software, mostrando os diagramas resultantes utilizando esta ferramenta, apresentados nas figuras 6, 7, 8 e 9.

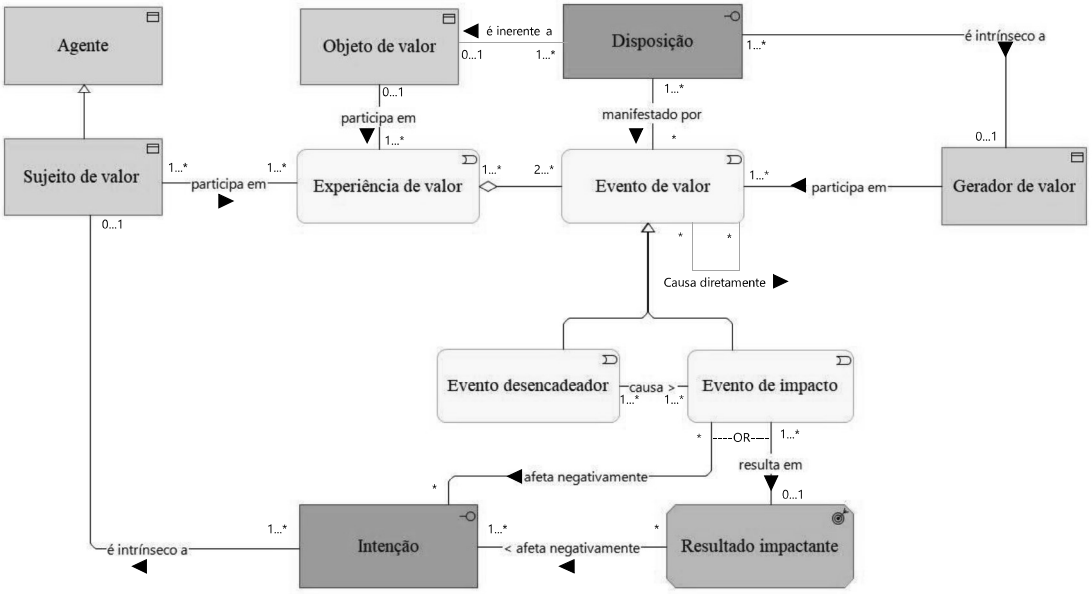

Figura 6 – Experiências de valor, suas partes e participantes modelados no Archimate. Traduzido e adaptado do original. Fonte: Sales et al. (2018)

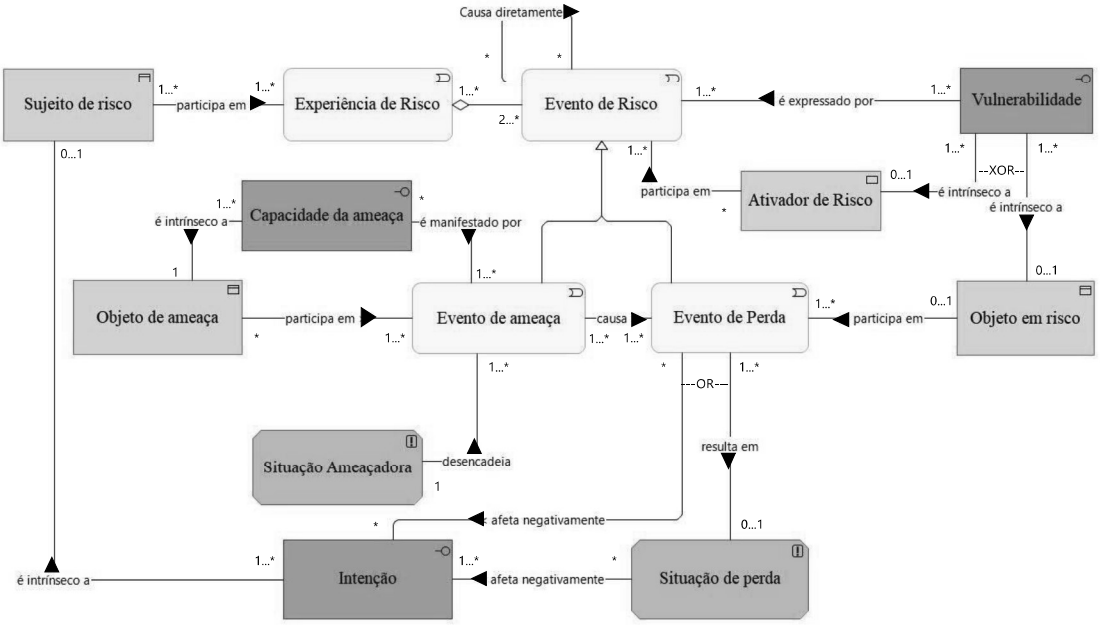

Figura 7 – Experiências de risco, suas partes e participantes modelados no Archimate. Traduzido e adaptado do original. Fonte: Sales et al. (2018)

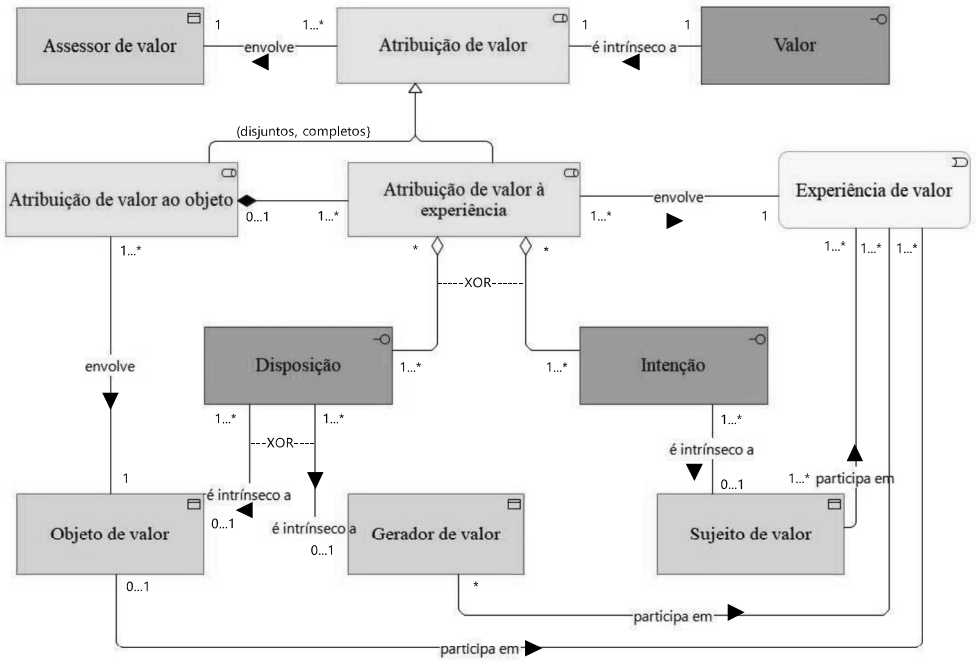

Figura 8 – Modelando atribuições de valor no Archimate. Traduzido e adaptado do original. Fonte: Sales et al. (2018)

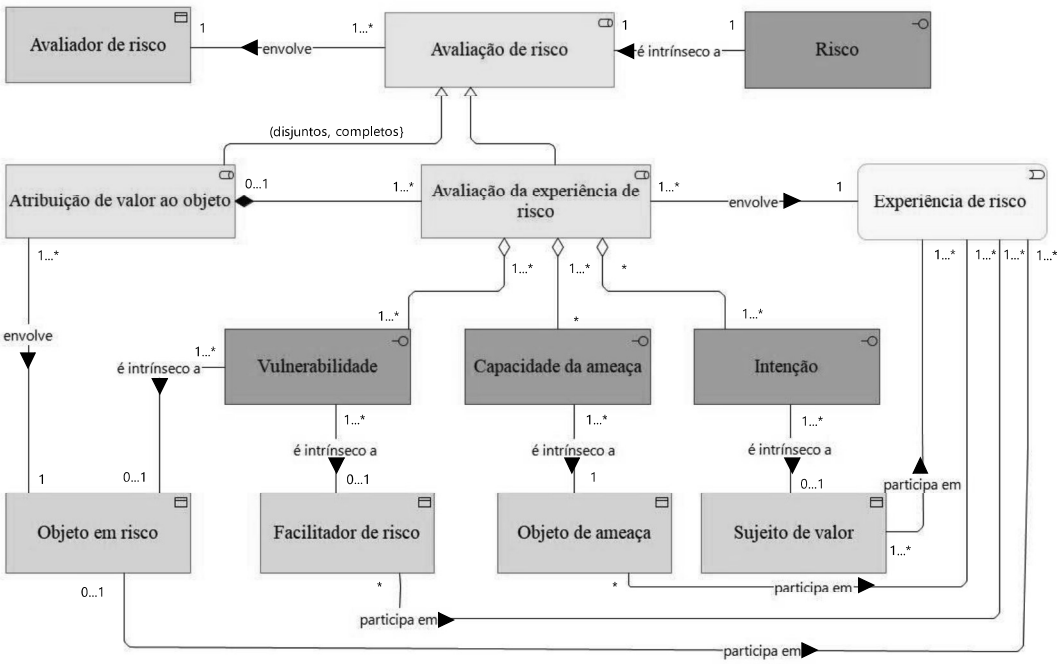

Figura 9 – Modelando avaliações de risco no Archimate. Traduzido e adaptado do original. Fonte: Sales et al. (2018)

3. METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa seguida neste trabalho inclui uma revisão de literatura sobre os conceitos e teorias relacionadas, identificando lacunas nos estudos existentes sobre ontologia de riscos. Para a busca de artigos, teses e livros usados como referências teóricas, foram utilizadas as bases de dados do *Scopus* e *Scholar Google*, através dos termos "*Supply Chain Ontology*", "*Supply Chain Management*", "*Supply Chain Risk Management*", "*Ontology*", "*Renewable Energy*" e "*Wind Offshore Energy*".

A partir das informações coletadas na revisão de literatura, foi identificado que a sinergia entre os temas Ontologia e Gerenciamento de Riscos em Cadeias de Suprimentos é pouco explorada. De modo a direcionar a pesquisa e preencher as lacunas existentes, este estudo propõe uma avaliação da intervenção que será realizada em um estudo de caso, aplicando os conceitos da Ontologia Comum a Valor e Riscos (COVeR) no mapeamento de riscos em um cenário descrito na literatura, no domínio de energia eólica *offshore*. O principal intuito deste estudo de caso é entender o grau de aderência e os benefícios entregues pelo uso da COVeR na etapa de modelagem em um caso real de SCRM. A pesquisa possui natureza aplicada, com objetivo exploratório e abordagem qualitativa.

A compreensão dos elementos presentes nos estudos de Sales et al (2018), Gatzert e Kosub (2016) e Tuncel e Alpan (2010), possibilitam conexões entre os temas utilizados como referências, fundamentando decisões e atribuições tanto quantitativas como qualitativas. A vulnerabilidade, por exemplo, auxilia a compreensão e qualificação da probabilidade de ocorrência do risco, uma vez que a chance de um evento de ameaça resultar em um evento de perda (que pode ser identificada a partir de dados e indicadores do processo como controle de qualidade, monitoramento de tráfego, avaliação de desempenho e estatísticas de sinistros de seguros) está diretamente relacionada a quanto o sistema apresentado está vulnerável a esta falha. A avaliação da severidade, que está relacionada à importância relativa dos impactos e pode ser qualificada de acordo com conhecimentos técnicos de engenharia e histórico de registros em bancos de dados, deve levar em consideração qual o evento de perda resulta de um evento de ameaça, assim como a intenção que é negativamente afetada pela situação de perda. O estudo realizado por Gatzert e Kosub (2016), além de apresentar os riscos presentes no negócio de energia eólica *offshore*, sugere estratégias de contingência de riscos, trazendo opções como transferência, mitigação e prevenção. Tais estratégias auxiliam a atribuição da dificuldade de detecção de uma falha, presente no estudo de Tuncel e Alpan (2010), definida como a probabilidade de identificação de uma falha antes que ocorra um impacto significativo.

A figura 10 abaixo ilustra as relações entre referências que serão utilizadas como base para Avaliação dos Riscos.

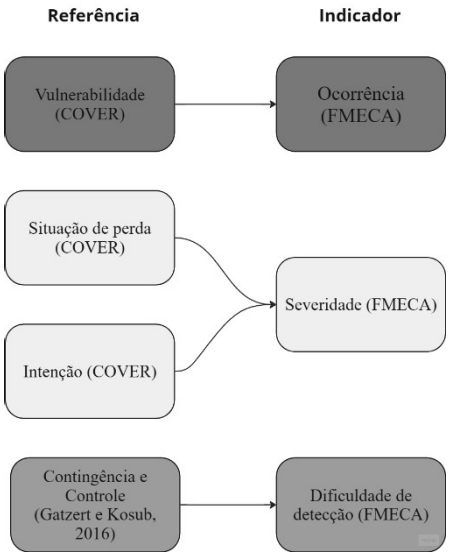

Figura 10 – Relações entre referências utilizadas para avaliação de indicadores.
Fonte: elaboração própria.

4. PROPOSTA DE IDENTIFICAÇÃO E MODELAGEM DE RISCOS NO DOMÍNIO DA ENERGIA EÓLICA *OFFSHORE*

A partir dos conceitos apresentados no Capítulo 2, busca-se compreender as interseções entre os temas e como eles colaboram com a proposta deste trabalho. Primeiramente, será abordado o contexto de energia renovável que representa o domínio de aplicação do trabalho, incluindo a contextualização dos temas de energia eólica e energia eólica *offshore*, bem como os riscos presentes em sua cadeia de suprimentos. Em seguida, a sessão apresentará a proposta do processo de gerenciamento de riscos, abrangendo as etapas de identificação, classificação, modelagem, avaliação, mitigação e controle dos riscos, detalhando como será realizada a integração entre as teorias usadas como referência.

4.1. Energias renováveis

O processo de exploração dos recursos naturais está ligado a fatores políticos, tecnológicos, sociais e econômicos, sendo fundamental que o acesso à energia atenda a novos conceitos de sustentabilidade, minimizando conflitos geopolíticos entre países pela alta demanda energética (HOSENUZZAMAN et al., 2015; LIU et al., 2022; GOLDEMBERG & CHU, 2010 apud ARAÚJO et al., 2022). O gradual aumento da temperatura da superfície da terra, conhecido como Aquecimento Global, desbloqueia severos eventos climáticos extremos, gerando diversos impactos no desenvolvimento sustentável de diversos países (WESSIER, 2007; PALMER, 2014; WIZELIUS, 2015; RAO et al., 2017 apud LUCENA; LUCENA, 2019).

Pensando na mudança de contexto de forma a garantir o equilíbrio entre sistemas socioeconômicos, condições ambientais e desenvolvimento sustentável, a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas de 2015 chegou ao chamado “Acordo de Paris”, um acordo em que 196 países concordaram com o cumprimento de certas condições, de acordo com cada contexto, para atingir o objetivo de reduzir as emissões de carbono. O Brasil, por exemplo, acordou que trabalharia na redução do desmatamento, no aumento do reflorestamento e na mudança da composição de sua matriz energética, de modo a atingir 45% de representação de energias renováveis até 2030 (LUCENA; LUCENA, 2019).

As fontes de energia renováveis utilizam recursos já disponíveis na natureza e que se renovam por si só, como sol, vento, água e biomassa, por exemplo (ARAÚJO et al., 2022). No Brasil, a predominância de nossa matriz energética é da energia hidrelétrica, que possui outros impactos ambientais não necessariamente ligados à emissão de carbono, mas à preservação da fauna e flora local, o que demanda a exploração de outras fontes renováveis menos impactantes

(ARAÚJO et al., 2022). As energias solar e eólica se destacam por terem menos impactos negativos, tornando-as grandes alvos de investimentos e pesquisas de forma global (MARQUES et al., 2022 apud ARAÚJO et al., 2022). Usinas de energias limpas possuem a menor emissão de poluentes, não interferindo de forma significativa no nível de poluição existente (LUCENA; LUCENA, 2019).

A partir do incentivo global para uso de energias mais limpas, os investimentos foram direcionados para a construção de usinas que fazem uso dos recursos renováveis. Mesmo com impactos gerados pela pandemia da COVID-19, que paralisou projetos por problemas logísticos, o setor teve uma notória evolução em termos de capacidade de geração de energia (em GW) entre 2019 e 2021, conforme pode ser visto na tabela abaixo. A capacidade de geração total cresceu cerca de 22% entre os 3 anos, sendo as maiores taxas de evolução presentes na Solar (51%) e Eólica (30%) (ARAÚJO et al., 2022).

Tabela 2 – "Indicadores de energia renovável entre os anos de 2019 e 2021 e a capacidade global de energia entre diferentes setores de energia renovável (Unidade: GW)".
Fonte: Araújo et al. (2022)

Capacidade de energia	Anos		
	2019	2020	2021
Fonte de energia renovável total	2581	2840	3146
Hidrelétrica	1150	1168	1195
Solar Fotovoltaica (FV)	621	767	942
Eólica	650	745	845
Bioenergia	137	133	143
Geotérmica	14.0	14.2	14.5
Concentração de energia solar térmica	6.1	6.2	6.0
Energia oceânica	0.5	0.5	0.5

4.2. Energia eólica

Neste contexto do desenvolvimento de energias renováveis, a energia eólica surge como uma solução interessante devido ao seu grande potencial de geração de energia cinética, que pode ser convertida em energia elétrica, térmica e mecânica pelas turbinas eólicas. Para se ter uma ideia do potencial de geração, as estruturas modernas das turbinas são capazes de gerar

7MW cada unidade, suficiente para abastecer 10.000 casas, de acordo com o padrão brasileiro de consumo (LUCENA; LUCENA, 2019).

Embora a energia hidrelétrica (62,5%) seja a principal fonte da matriz energética brasileira, a eólica (9,8%) é classificada como nossa terceira principal fonte, atrás também das energias não renováveis (15,9%). Estima-se, porém, que há um grande espaço de crescimento para tal setor devido às condições climáticas favoráveis para este tipo de geração (ARAÚJO et al., 2022). O Governo Federal estimou em 2022 que o país tinha 21,5 GW de potência instalada, com mais 13,5 GW em fase de construção. Atrás de Estados Unidos e China, o Brasil teve o terceiro maior crescimento de parques eólicos global entre 2001 e 2021 (Serviço de Informações do Brasil, 2022).

Como benefícios, é possível citar suas instalações que ocupam pouco espaço físico, é capaz de produzir energia em locais remotos, não compromete o uso do solo (LUCENA; LUCENA, 2019), manutenção mínima de componentes da turbina, alta rentabilidade e geração de renda através de arrendamento de terras (LAKATOS et al., 2011; MUNEER et al., 2022; RAHMAN et al., 2022 apud ARAÚJO et al., 2022). Os diferentes autores também retratam as suas desvantagens intrínsecas, como preço agregado de distribuição de energia mais caro que as hidrelétricas, intermitência de ventos e uma baixa geração individual de energia, o que gera uma necessidade de uma alta quantidade de turbinas para obter resultados parecidos com outros modelos de transformação em eletricidade (LUCENA; LUCENA, 2019). Araújo et al. (2022) também citam os altos custos para implantação e os impactos visuais e sonoros.

4.2.1. Energia eólica *offshore*

Embora lidem com o mesmo tipo de energia, parques eólicos *onshore* (terra firme) e *offshore* (oceanos) apresentam diferenças bastante significativas em termos de complexidade. O planejamento de aquisição, instalação, comissionamento e operação, assim como estudos de viabilidade, desenvolvimento de estratégias, estrutura e montagem exigem uma capacidade muito maior no modelo de exploração *offshore* (VOJDANI; LOOTZ, 2012) Os impactos intrínsecos à exploração da energia eólica também não devem ser ignorados. Lucena e Lucena (2019) apresentam que a instalação de turbinas em determinados locais em terra firme, como em manguezais, dunas e regiões costeiras podem resultar em uma erosão acentuada do solo, conflitos territoriais e modificação de dunas de areia, além do efeito eletromagnético que pode causar distúrbios em sistemas de comunicação.

Para a minimização de tais problemas, parques eólicos marítimos se apresentam como uma alternativa interessante. Além disso, os ventos nos oceanos costumam ser mais fortes e uniformes (LUCENA; LUCENA, 2019). Turbinas eólicas *offshore*, porém, requerem maiores quantidades de aço e cimento, o que aumenta significativamente as emissões para produção das estruturas quando comparadas com as turbinas *onshore* (LUCENA; LUCENA, 2019).

4.2.2. Cadeia de suprimentos de energia eólica *offshore*

Em razão da sua complexidade, a difusão de parques eólicos *offshore* está mais vulnerável aos gargalos presentes na cadeia do que os *onshore*, como infraestrutura portuária, escassez de embarcações e qualificação de pessoal, de modo que se torna imperativa uma grande transformação em toda a disposição da cadeia de suprimentos (VOJDANI; LOOTZ, 2012).

O processo logístico pode ser estruturado como dependentes dos processos da cadeia de valor. A engenharia dos componentes da turbina é um processo fundamental, pois terá impacto direto no custo de logística e de manutenção, devido ao tamanho e aos limites de desempenho. Portanto, a estrutura final das turbinas eólicas *offshore* estão associadas a várias variáveis importantes, como transporte, manuseio e armazenamento, possuindo diversas peculiaridades devido à complexidade inerente (VOJDANI; LOOTZ, 2012), podendo ser vista na figura 14 abaixo.

Figura 11 – Fluxo logístico de energia eólica offshore.

Fonte: Vojdani e Lootz (2012) (adaptado)

A descrição dos processos logísticos apresentados segue a seguinte lógica: (VOJDANI; LOOTZ, 2012):

I. Compras e entrada: inclui gestão de fornecedores, controle de estoque, operações de armazém, gestão de compras e liberação alfandegária.

II. Produção: envolve todas as atividades logísticas que apoiam diretamente o processo produtivo, incluindo gestão de compras, alimentação da linha de produção e manuseio de peças e resíduos. Uma ação estratégica que pode ser

citada é a instalação de parques fabris próximos aos portos, além da integração logística entre fabricantes e fornecedores.

III. Transporte: planejamento e execução de transporte dos componentes das turbinas por via terrestre ou marítima, selecionando rotas, analisando capacidades e otimizando do uso dos modos de transporte.

IV. Logística Portuária: inclui infraestrutura, agendamento de estruturas especiais para manuseio de equipamentos e controle de processos pré-montagem, este último como um importante vetor de redução custos. A disposição de áreas necessárias para armazenamento e pré-montagem é significativamente alta.

V. Logística Marítima: planejamento, execução e transporte marítimo, considerando a variedade de embarcações disponíveis e as atividades de suporte necessárias. O planejamento robusto e monitoramento contínuo do clima são essenciais para a administração do calendário, visto que a dependência das condições climáticas torna a logística marítima um importante gargalo na cadeia de suprimentos.

VI. Manutenção, Reparo e Operação: essencial para garantir a disponibilidade e rentabilidade de turbinas, envolve atividades complexas como gestão de peças de reposição, monitoramento intenso de condições climáticas, gerenciamento de estoque e planejamento de manutenção. A otimização de inventário, o uso de técnicas de previsão e simulação de logística reversa são pontos críticos do processo para lidar com o complexo ambiente operacional *offshore*.

VII. Descarte: relacionada ao fim do ciclo de vida das turbinas eólicas, consiste no desmantelamento, logística reversa, recuperação de ativos e seleções de locais para desmontagem e reciclagem.

Por fim, Vojdani e Lootz, (2012) destacam que certas atividades desta cadeia exigem interdependência e outras atividades de suporte, como gestão de projetos, contratos e fases, promovendo interação e conexões ao longo do ciclo de vida do projeto de modo a minimizar custos com documentações, inspeções, seguros e danos, por exemplo, com o objetivo de reduzir custos e complexidade da logística e operação.

4.2.3. Riscos presentes em cadeias de suprimentos de energia eólica *offshore*

Entre os principais benefícios da difusão de energia eólica *offshore* estão a eficiência e custos de geração mais baixos, além de contribuir com a perspectiva ambiental por se tratar de

um recurso renovável (GATZERT; KOSUB, 2016). Porém, por conta de toda a complexidade empregada no planejamento, transporte, operação e manutenção, além do contexto ambiental, os riscos intrínsecos também se tornam potencialmente altos, embora ainda não totalmente conhecidos, especialmente se realizarmos uma comparação entre a exploração *onshore* e *offshore* da energia proveniente dos ventos (GATZERT; KOSUB, 2016). Devido a esses fatos, uma correta gestão dos riscos presentes se torna fundamental para garantir o fluxo de caixa da operação, assim como sua sustentabilidade. Estudos da indústria mostram que a contratação de seguros é fundamental na estratégia da mitigação dos riscos (GATZERT; KOSUB, 2016).

A análise dos autores Gatzert e Kosub (2016) destaca quais são os riscos mais críticos e seus desafios associados às ferramentas de gerenciamento de riscos. O primeiro passo para avaliar os riscos e identificar lacunas é a classificação das ameaças mapeadas na literatura, os atores responsáveis pelas ameaças e as relações entre si. A classificação proposta se divide em 7 principais categorias, sendo eles:

I. Riscos de estratégias de negócio
II. Riscos de transporte e construção
III. Riscos de operações e manutenção
IV. Riscos legais e de responsabilidade
V. Riscos de mercado e de vendas
VI. Riscos de inadimplência
VII. Riscos políticos e regulatórios

Os principais riscos associados a cada categoria, assim como suas caracterizações, podem ser visualizados na tabela 3 abaixo.

Tabela 3: Riscos associados à energia eólica.
Fonte: Gatzert e Kosub, 2016. (adaptado)

Classificação dos riscos	Caracterizações	Riscos relacionados
Riscos de estratégias de negócio	Desafios relacionados ao gerenciamento e planejamento estratégico de projetos de energia eólica	Acesso insuficiente à capital
		Conhecimento insuficiente de gerenciamento
		Cooperação insuficiente
		Obsolescência tecnológica
		Complexo processo de aprovação
Riscos de transporte e construção	Dificuldades na fase inicial do ciclo de vida dos parques eólicos, especialmente durante o período de construção, considerado o mais problemático	Dificuldades de sincronização com o sistema elétrico
		Necessidade de transporte especializado de acordo com etapas
		Disnponibilidade limitada de embarcações
		Condições metereológicas adversas
		Profundidade da água
		Distância mínima para a costa
		Condições de solo e design das fundações
		Danos à componentes durante transporte e construção
Riscos de operações e manutenção	Complicações relacionadas à operação, como interrupção de funcionamento devido a danos estruturais, operação geral, manutenção de estrutura e catástrofes naturais	Danos físicos relacionados a desgastes, acidentes ou negligência
		Indisponibilidade de peças de manutenção
		Distância da costa e requisitos especiais de transporte de componentes
		Falhas de design
		Eventos climáticos extremos como ondas, marés, granizo, raios, terremotos, tsunamis e ventos fortes
		Altos custos de reparo
		Uso de tecnologias não comprovadas
		Interrupção de funcionamento e perdas de receita relacionadas
Riscos legais e de responsabilidade	Impasses associados à responsabilidade para terceiros	Danos ao meio ambiente e responsabilização legal resultante
		Danos materiais e lesões corporais
		Custos legais relacionados a litígios, contratos e conformidade regulatória
Riscos de mercado e de vendas	Adversidades relacionadas a variabilidade de receitas devido à variação dos preços de energia e	Variação de capacidade de geração devido a intermitência de ventos
		Produção de energia acima da capacidade de transmissão da rede
		Flutuações dos preços de energia
Riscos de inadimplência	Incertezas sobre a confiabilidade das partes envolvidas nos contratos	Instabilidade financeira do fornecedor dos serviços de operação e manutenção
		Qualidade de crédito do comprador de energia
		Governança corporativa e histórico operacional do comprador de energia
		Modelo de contratação de empreiteiros prestadores de serviço de O&M
Riscos políticos e regulatórios	Barreiras impostas por mudanças em políticas gorvenamentais, regulamentações e prioridades políticas	Modificações nos esquemas de apoio à energias renováveis, como benefícios fiscais
		Requisitos de capital de solvência
		Expropriação
		Guerra

4.3. Proposta e aplicação do *framework* conceitual de identificação e modelagem de riscos

Para desenvolver um framework robusto de identificação e modelagem de riscos em cadeias de suprimentos, é fundamental integrar diversas fontes de conhecimento. Além da COVeR na etapa de modelagem, outras duas principais fontes serão usadas para tratar outras etapas da gestão de riscos. A teoria aplicada para contextualização do cenário de riscos em energia eólica *offshore* é baseada no estudo feito por Gatzert e Kosub (2016), que auxilia a parte da identificação e classificação de todos os riscos presentes no negócio. Para a etapa de avaliação e controle dos riscos, é utilizado como base o estudo publicado por Tuncel e Alpan (2010). Esta estrutura facilita a compreensão do encaixe da etapa de Modelagem dos Riscos no processo genérico de Gerenciamento de Riscos proposto na Figura 1, realizando as modificações necessárias. A figura 12 ilustra visualmente as etapas propostas neste estudo, mencionando as respectivas referências abordadas em cada etapa.

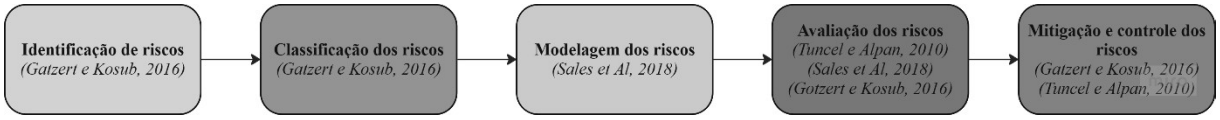

Figura 12 – Etapas e referências utilizadas no framework proposto para gerenciamento de riscos. Fonte: Elaboração própria.

A partir da seleção dos fatores de riscos que seguirão para as etapas de modelagem e avaliação, o passo seguinte consistirá em definir como a experiência de risco (*risk experience*) se desenha em cada evento, com o objetivo de analisar os principais elementos que participam desta cadeia. Conforme esquematizado na COVeR, tal experiência é iniciada por uma situação ameaçadora (*threatening situation*), que desencadeia um evento de ameaça (*threat event*), causando diretamente um evento de risco (*risk event*), que pode diretamente causar outros eventos de risco. O último evento de risco causa diretamente um evento de perda (*loss event*) que, por sua vez, resulta em uma situação de perda (*loss situation*) que afeta negativamente a intenção (*intention*) inerente ao sujeito que é afetado pelo risco (*risk subject*), este que participa de toda a experiência, conforme pode ser visualizado através da figura 13 abaixo.

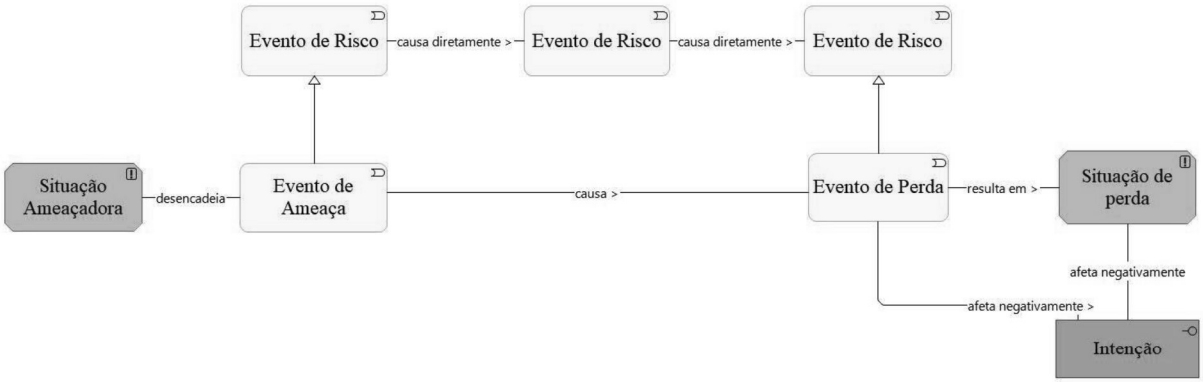

Figura 13 – Recorte ilustrativo da modelagem da experiência de risco segundo a COVeR.

Fonte: elaboração própria.

De forma a aprofundar os elementos da COVeR presentes no risco, a etapa subsequente inclui identificar e mapear a vulnerabilidade (*vulnerability*) que é manifestada por um evento de risco, sendo inerente ao objeto que está em risco (*risk object*). O processo de identificação desses elementos pode ser visualizado na figura 14.

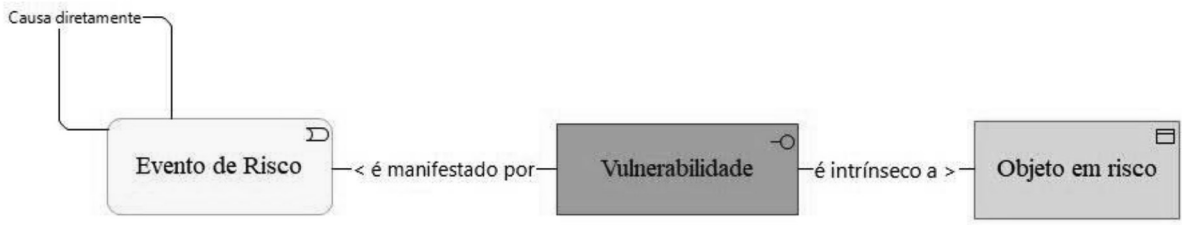

Figura 14 – Recorte da modelagem da vulnerabilidade segundo a COVeR.

Fonte: elaboração própria.

Os riscos identificados e classificados na tabela 3 passaram por uma triagem que facilitou a seleção dos riscos, dentre todos os presentes, os que atendiam ao critério de serem inerentes ao processo da cadeia de suprimentos em um contexto aplicado à energia eólica *offshore*, envolvendo os processos de construção, transportes, manutenção, operação e inadimplência. A tabela 4 lista os riscos que foram selecionados no presente trabalho para serem modelados.

Tabela 4 – Primeira triagem de fatores de riscos relacionados à energia eólica offshore. Fonte: elaboração própria

Classificação de risco	Fator de risco
Construção	Dificuldades de sincronização com o sistema elétrico
Transporte	Necessidade de transporte especializado de acordo com etapas
Transporte	Disnponibilidade limitada de embarcações
Transporte	Condições metereológicas adversas
Transporte	Danos à componentes durante transporte e construção
Manutenção	Danos físicos relacionados a desgastes, acidentes ou negligência
Manutenção	Indisponibilidade de peças de manutenção
Transporte	Distância da costa e requisitos especiais de transporte de componentes
Operação e Manutenção	Eventos climáticos extremos como ondas, marés, granizo, raios, terremotos, tsunamis e ventos fortes
Manutenção	Altos custos de reparo
Inadimplência	Instabilidade financeira do fornecedor dos serviços de operação e manutenção
Construção	Profundidade da água
Construção	Condições de solo e design das fundações
Transporte	Distância mínima para a costa
Operação	Falhas de design
Operação	Uso de tecnologias não comprovadas

Uma segunda triagem foi aplicada para selecionar os fatores de riscos da tabela 4 que atendiam aos seguintes critérios:

(i) Não eram inerentes a qualquer etapa logística de transporte de componentes (Exemplos: uso de tecnologias não comprovadas e falhas de design);

(ii) Não estavam ligados a incertezas, por não serem variáveis presentes no processo como um todo, (Exemplos: profundidade da água, distância mínima para a costa e condições do solo).

A tabela 5 relata os riscos qualitativamente selecionados para serem avaliados e seguirem para a etapa de modelagem dos riscos, dentro da SCRM.

Tabela 5 – Segunda triagem de riscos associados à energia eólica offshore. Fonte: elaboração própria.

Classificação de risco	Fator de risco
Manutenção	Indisponibilidade de peças de manutenção
Transporte	Condições meteorológicas adversas
Construção	Dificuldades de sincronização com o sistema elétrico
Transporte	Disnponibilidade limitada de embarcações
Transporte	Danos a componentes durante transporte e construção
Manutenção	Danos físicos a ativos relacionados a desgastes, acidentes, negligência e falhas operacionais
Operação e Manutenção	Eventos climáticos extremos como ondas, marés, granizo, raios, terremotos, tsunamis e ventos fortes
Inadimplência	Instabilidade financeira do fornecedor dos serviços de operação e manutenção

A modelagem dos riscos baseada em ontologia busca compreender todos os componentes presentes em uma determinada experiência de risco e investigar todas as suas relações, com o objetivo de facilitar o gerenciamento uma vez que se tenha disponíveis todas as informações relevantes de um risco. A proposta do estudo busca, além de entregar uma nova alternativa de estrutura para a literatura de gestão de riscos, compreender quais são as principais interseções entre todas as etapas que auxiliam a interrelação e interdependência processual. Portanto, a decisão final que irá contingenciar os riscos passa por buscar elementos presentes em cada uma das teorias que servem como referência para realizar as avaliações quantitativas e qualitativas.

Como exercício de avaliação dos riscos identificados e parcialmente modelados, foi atribuída a decisão de modelar as ameaças de forma completa baseada em uma estratégia de priorização dos riscos, selecionando as incertezas que representam de forma quantitativa e qualitativa as maiores combinações entre severidade, ocorrência e dificuldade de detecção, estas baseadas em elementos presentes na COVeR e na FMECA.

De modo a facilitar a visualização das avaliações qualitativas baseadas nos relacionamentos entre referências e contextos, o estudo propõe uma separação entre as atribuições de valor realizadas para cada um dos três indicadores. A tabela 6 apresenta as experiências de riscos mapeadas para todos os riscos. As tabelas 7, 8 e 9 demonstram as atribuições de valor para os três indicadores.

Tabela 6 – Descrição das experiências risco de cada fator.

Fonte: elaboração própria.

Numeração	Cenário (Gatzert, Kosub (2016))		COVER
	Classificação de risco	**Fator de risco**	**Experiência de risco**
FR1	Manutenção	Indisponibilidade de peças de manutenção	[Evento de ameaça] Indisponibilidade de peças de manutenção (causa diretamente) [Evento de risco] Falta de manutenção (causa diretamente) [Evento de risco] Quebra de componente (causa diretamente) [Evento de risco] Interrupção de funcionamento da turbina (causa diretamente) [Evento de perda] Redução da capacidade de geração de energia (resulta em) [Situação de perda] Perda de receita (afeta negativamente) [Intenção] Aumento de lucro
FR2	Transporte	Condições meteorológicas adversas	[Evento de ameaça] Condições meteorológicas adversas (causa diretamente) [Evento de risco] Inviabilidade de transporte de componentes (causa diretamente) [Evento de risco] Indisponibilidade de peças de manutenção (causa diretamente) [Evento de risco] Falta de manutenção (causa diretamente) [Evento de risco] Quebra de componente (causa diretamente) [Evento de risco] Interrupção de funcionamento da turbina (causa diretamente) [Evento de perda] Redução da capacidade de energia (resulta em) [Situação de perda] Perda de receita (afeta negativamente) [Intenção] aumento de lucro
FR3	Construção	Dificuldades de sincronização com o sistema elétrico	[Evento de ameaça] Dificuldades de sincronização com o sistema elétrico (causa diretamente) [Evento de risco] Impossibilidade na transmissão de energia gerada (causa diretamente) [Evento de perda] Atraso na conclusão do parque eólico (resulta em) [Situação de perda] Inviabilização de funcionamento do parque (afeta negativamente) [Intenção] Início de operações
FR4	Transporte	Disnponibilidade limitada de embarcações	[Evento de ameaça] Disponibilidade limitada de embarcações (causa diretamente) [Evento de risco] Gargalos no transporte de componentes (causa diretamente) [Evento de perda] Interrupção da construção do parque (resulta em) [Situação de perda] Atraso do início da operação (afeta negativamente) [Intenção] Cumprimento do cronograma do projeto
FR5	Transporte	Danos a componentes durante transporte e construção	[Evento de ameaça] Danos a componentes durante transporte (causa diretamente) [Evento de risco] Necessidade de reparo ou substituição de componentes (causa diretamente) [Evento de perda] Altos custos de reparo e deslocamento de peças sobressalentes (resulta em) [Situação de perda] Aumento dos custos do projeto (afeta negativamente) [Intenção] Viabilidade financeira do projeto
FR6	Manutenção	Danos físicos a ativos relacionados a desgastes, acidentes, negligência e falhas operacionais	[Evento de ameaça] Negligência no manuseio de ativos (causa diretamente) [Evento de risco] Desgastes estruturais prematuros (causa diretamente) [Evento de risco] Falha súbita em componentes críticos (causa diretamente) [Evento de risco] Danos físicos a ativos (causa diretamente) [Evento de perda] Altos custos de reparo e deslocamento de peças sobressalentes (resulta em) [Situação de perda] Aumento dos custos do projeto (afeta negativamente) [Intenção] Viabilidade financeira do projeto
FR7	Operação e Manutenção	Eventos climáticos extremos como ondas, marés, granizo, raios, terremotos, tsunamis e ventos fortes	[Evento de ameaça] Eventos climáticos extremos (causa diretamente) [Evento de risco] Inviabilidade de reparo durante condições climáticas adversas (causa diretamente) [Evento de risco] Danos estruturais à turbina eólica (causa diretamente) [Evento de risco] Interrupção de funcionamento da turbina (causa diretamente) [Evento de perda] Redução da capacidade de energia (resulta em) [Situação de perda] Perda de receita (afeta negativamente) [Intenção] Aumento de lucro
FR8	Inadimplência	Instabilidade financeira do fornecedor dos serviços de operação e manutenção	[Evento de ameaça] Instabilidade financeira do fornecedor (causa diretamente) [Evento de risco] Insolvência do fornecedor (causa diretamente) [Evento de risco] Demissão em massa de técnicos e trabalhadores (causa diretamente) [Evento de risco] Paralisação de serviços prestados de manutenção regular (causa diretamente) [Evento de perda] Redução gradual de capacidade geracional (resulta em) [Situação de perda] Paralisação de operações (afeta negativamente) [Intenção] Continuidade operacional

Tabela 7 – Avaliação do fator Ocorrência.

Fonte: elaboração própria.

Cenário (Gatzert, Kosub (2016))		COVER	FMECA	
Numeração	**Fator de risco**	**Vulnerabilidade**	**Ocorrência**	**Justificativa avaliação**
FR1	Indisponibilidade de peças de manutenção	[Evento de risco] Interrupção de funcionamento da turbina (manifesta) [Vulnerabilidade] Dependência de disponibilidade de peças (é inerente a) [Objeto em risco] turbina eólica	5	A indisponibilidade de peças de manutenção por si só é um evento que resulta de uma cadeia de acontecimentos.
FR2	Condições meteorológicas adversas	[Evento de risco] Inviabilidade de transporte de componentes (manifesta) [Vulnerabilidade] logística sensível a condições climáticas (é inerente a) [Objeto em risco] Parque eólico offshore	6	A ocorrência de intempéries climáticas, apesar de terem suas previsões monitoradas, ocorrem com maior ou menor intensidade de acordo com as estações do ano, o que pode impactar a logística de reposição.
FR3	Dificuldades de sincronização com o sistema elétrico	[Evento de risco] Impossibilidade na transmissão de energia gerada (manifesta) [Vulnerabilidade] fragilidade na infraestrutura de transmissão (é inerente a) [Objeto em risco] Funcionamento do parque eólico	5	Existem evidências de ocorrências diretas do evento.
FR4	Disnponibilidade limitada de embarcações	[Evento de risco] Gargalos no transporte de componentes (manifesta) [Vulnerabilidade] Dependência crítica de logística especializada (é inerente a) [Objeto em risco] Transporte de componentes	5	Existem evidências de ocorrências diretas do evento.
FR5	Danos a componentes durante transporte e construção	[Evento de risco] Necessidade de reparo e substituição de componentes (manifesta) [Vulnerabilidade] Deficiência de procedimentos de transporte seguro (é inerente a) [Objeto em risco] Componentes da turbina eólica	4	Os danos podem ser evitados com o uso de embarcações especializadas e seguras, porém não há garantias de que todas as embarcações adotem as mesmas práticas de segurança.
FR6	Danos físicos a ativos relacionados a desgastes, acidentes, negligência e falhas operacionais	[Evento de risco] Falha súbita de componentes críticos (manifesta) [Vulnerabilidade] Fragilidade de controle de qualidade e inspeção (é inerente a) [Objeto em risco] Turbina Eólica	4	O funcionamento de componentes pode ser identificado em um sistema de monitoramento adequado, embora limitações tecnológicas do sistema possam ser ativadores de risco.
FR7	Eventos climáticos extremos como ondas, marés, granizo, raios, terremotos, tsunamis e ventos fortes	[Evento de risco] Inviabilidade de reparo durante condições climáticas adversas (manifesta) [Vulnerabilidade] Alta dependência de situação climática (é inerente a) [Objeto em risco] capacidade de geração de energia	3	Eventos climáticos extremos acontecem com baixa frequência e uma localização estratégica pode evitar que este aconteça e gere altos impactos.
FR8	Instabilidade financeira do fornecedor dos serviços de operação e manutenção	[Evento de risco] Insolvência do fornecedor de serviços (manifesta) [Vulnerabilidade] alta dependência operacional de terceiros (é inerente a) [Objeto em risco] Manutenção estrutural preventiva e corretiva da turbina eólica	6	A dimensão da complexidade da operação enfrenta uma baixa disponibilidade de fornecedores especializados disponíveis, restringindo o poder de escolha e aumentando a exposição à problemas.

Tabela 8 – Avaliação do fator Severidade.

Fonte: elaboração própria.

	Cenário (Gatzert, Kosub (2016))	COVER		FMECA	
Numeração	**Fator de risco**	**Loss Situation**	**Intention**	**Severidade**	**Justificativa avaliação**
FR1	Indisponibilidade de peças de manutenção	perda de receita	aumento de lucro	4	A indisponibilidade de peças de manutenção está relacionada a impactos de curto prazo que podem ser resolvidos em uma velocidade aceitável, não impactando severamente a receita de geração de energia.
FR2	Condições meteorológicas adversas	perda de receita	aumento de lucro	6	O desencadeamento das condições climáticas pode resultar em reduções e paralisações de geração de energia, que impacta na venda da energia gerada e, portanto, nas receitas.
FR3	Dificuldades de sincronização com o sistema elétrico	inviabilização de funcionamento do parque	início das operações	9	O atraso no início das operações pode ser altamente impactante em receita, fluxo de caixa e payback, além da taxa de geração de energia e índices de geração de energia elétrica por fontes renováveis.
FR4	Disnponibilidade limitada de embarcações	atraso no início da operação	cumprimento do cronograma do projeto	7	As limitações de embarcações disponíveis para transporte podem ser cruciais no calendário do projeto, causando atrasos e postergando o início da operação.
FR5	Danos a componentes durante transporte e construção	aumento dos custos do projeto	viabilidade financeira do projeto	5	Os danos decorrentes de contexto de transporte não causam impactos de longo prazo nem de descontinuidade do negócio.
FR6	Danos físicos a ativos relacionados a desgastes, acidentes, negligência e falhas operacionais	aumento dos custos do projeto	viabilidade financeira do projeto	7	O aumento de custos do projeto pode ser crucial na manutenção da viabilidade financeira de um projeto de construção de uma usina eólica marítima devido aos altos custos envolvidos em uma operação complexa.
FR7	Eventos climáticos extremos como ondas, marés, granizo, raios, terremotos, tsunamis e ventos fortes	perda de receita	aumento de lucro	6	Danos severos a componentes podem impactar a operação e demandar altos tempos de reparo, impactando a receita.
FR8	Instabilidade financeira do fornecedor dos serviços de operação e manutenção	paralisação de operações	continuidade operacional	8	A insolvência do fornecedor pode significar a paralisação de operações de uma turbina eólica, além de demandar tempo para substituição e correção dos impactos.

Tabela 9 – Avaliação do fator Dificuldade de Detecção.

Fonte: elaboração própria.

	Cenário (Gatzert, Kosub (2016))	Gatzert, Kosub (2016)	FMECA	
Numeração	**Fator de risco**	**Contigência e Controle**	**Dificuldade de detecção**	**Justificativa avaliação**
FR1	Indisponibilidade de peças de manutenção	Transferência: garantias contratuais de fornecimento, substituição, serviços e manutenção; cobertura de seguro contra perdas de receita	4	O problema de indisponibilidade das peças pode ser rastreado a partir de previsões adequadas de abastecimento, assim como contingenciada com garantias contratuais e seguros.
FR2	Condições meteorológicas adversas	Transferência: seguro cobrindo perdas com condições climáticas, acordo de suporte integral Mitigação: monitoramento do clima para adequação do local de instalação e construção	6	Pela natureza do contexto da localização, coberturas de seguro podem não ser tão abrangentes e as condições do acordo não evitam a falta de manutenção e limitações de transporte proveniente desses eventos.
FR3	Dificuldades de sincronização com o sistema elétrico	Transferência: seguro contra atrasos no projeto de construção Mitigação: definições de responsabilidade; harmonização de interesses com o fornecedor de transmissão de energia	4	Durante o planejamento e execução da construção do projeto é possível acompanhar possíveis atrasos do sistema de transmissão. A definição de responsabilidades e contratação de seguro contra atrasos podem ser efetivos na contingência do problema. Alheio à operação.
FR4	Disnponibilidade limitada de embarcações	Mitigação: Gerenciamento efetivo de projetos e de SLA; Planejamento sólido e preparação contra cenários impactantes	3	Embora um planejamento sólido de transporte seja de fundamental execução, transportes pontuais de componentes podem impactar no abastecimento da cadeia por conta da limitação.
FR5	Danos a componentes durante transporte e construção	Transferência: seguro contra danos acidentais Mitigação: acordos de suporte integral	3	As estratégias de contingência transferem os riscos de modo aceitável, não sendo de tão difícil identificação devido à fácil responsabilização.
FR6	Danos físicos a ativos relacionados a desgastes, acidentes, negligência e falhas operacionais	Mitigação: sistema de monitoramento de condições estruturais; uso de tecnologias comprovadas, planos confiáveis de recuperação; integração de fornecedor como stakeholder do projeto (sócio minoritário); diversificação de fornecedores de componentes	5	A probabilidade de detecção dos danos é razoável a partir do uso dos sitemas de monitoramento. Falhas operacionais podem não ser facilmente identificadas dependendo da tecnologia empregada.
FR7	Eventos climáticos extremos como ondas, marés, granizo, raios, terremotos, tsunamis e ventos fortes	Mitigação: sistemas de monitoramento de condições climáticas; uso de embarcações modernas	5	Eventos climáticos extremos podem ser previstos em sistemas de monitoramento. Porém, nem sempre os danos podem ser previstos em planejamento.
FR8	Instabilidade financeira do fornecedor dos serviços de operação e manutenção	Mitigação: contratação de fornecedores com experiência de mercado, alto índice de crédito financeiro; Rastreamento de performance do fornecedor; Contratações de longo prazo; Contratações de fornecedores "reservas"	7	Problemas com insolvência de fornecedores fogem do controle do operador, sendo evitáveis apenas no início do planejamento. Podem ser imprevisíveis.

O resultado da combinação destas atribuições resultou em um índice de priorização de riscos, calculado através do produto entre os três fatores, conforme apresentado em Tuncan e Alpan (2010).

Para fins de desenvolvimento do presente estudo e demonstração da aplicação do modelo proposto na COVeR para modelar os riscos, a decisão final (última coluna da Tabela 10) é sobre modelar ou não cada fator de risco, selecionando os quatro com maiores índices dentre os oito disponíveis, sendo eles (i) Condições meteorológicas adversas, (ii) Dificuldades de sincronização com o sistema elétrico, (iii) Danos físicos relacionados a desgastes, acidentes, negligência e falhas operacionais e (iv) Instabilidade financeira do fornecedor dos serviços de operação e manutenção. Em um contexto real, este mesmo racional poderia ser aplicado para priorizar os riscos que mais podem impactar a operação da cadeia de suprimentos. A tabela 10 ilustra o resultado dos cálculos.

Tabela 10 – Decisão final de modelagem.
Fonte: elaboração própria.

Numeração	Fator de risco	Ocorrência	Severidade	Dificuldade de detecção	Índice de priorização (O*S*DD)	Decisão
FR1	Indisponibilidade de peças de manutenção	5	4	4	80	Não modelar
FR2	Condições meteorológicas adversas	6	6	6	216	Modelar
FR3	Dificuldades de sincronização com o sistema elétrico	5	9	4	180	Modelar
FR4	Disnponibilidade limitada de embarcações	5	7	3	105	Não modelar
FR5	Danos a componentes durante transporte e construção	4	5	3	60	Não modelar
FR6	Danos físicos a ativos relacionados a desgastes, acidentes, negligência e falhas operacionais	4	7	5	140	Modelar
FR7	Eventos climáticos extremos como ondas, marés, granizo, raios, terremotos, tsunamis e ventos fortes	3	6	5	90	Não modelar
FR8	Instabilidade financeira do fornecedor dos serviços de operação e manutenção	6	8	7	336	Modelar

As figuras 15, 16, 17 e 18 demonstram a aplicação da modelagem em cada um dos fatores selecionados para tal.

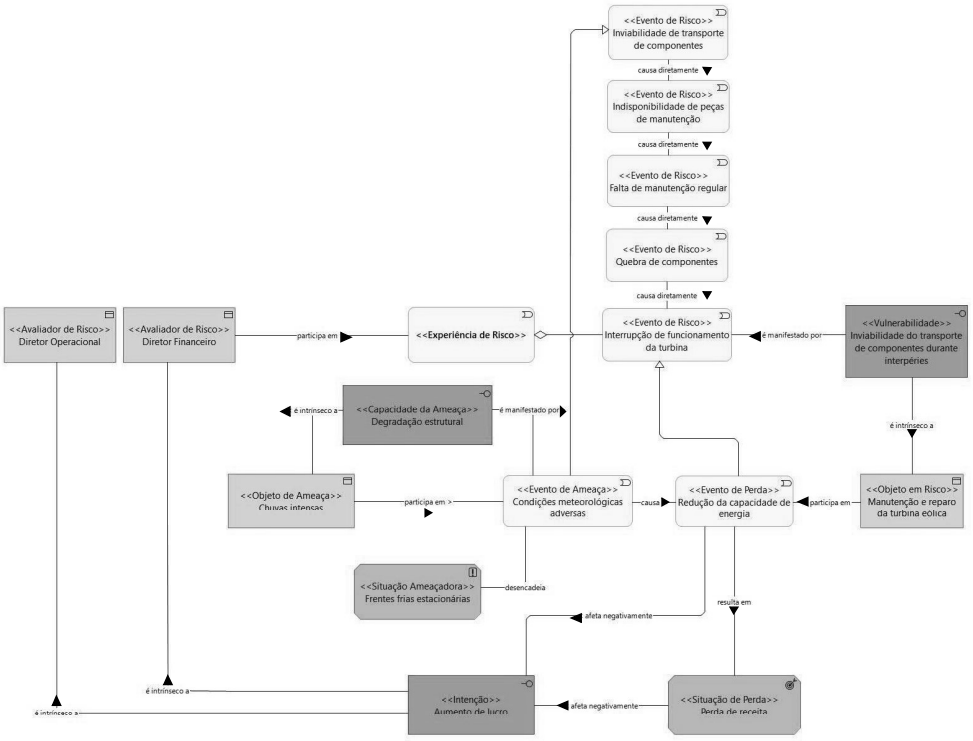

Figura 15 – Modelagem do risco "Condições meteorológicas adversas". Fonte: elaboração própria

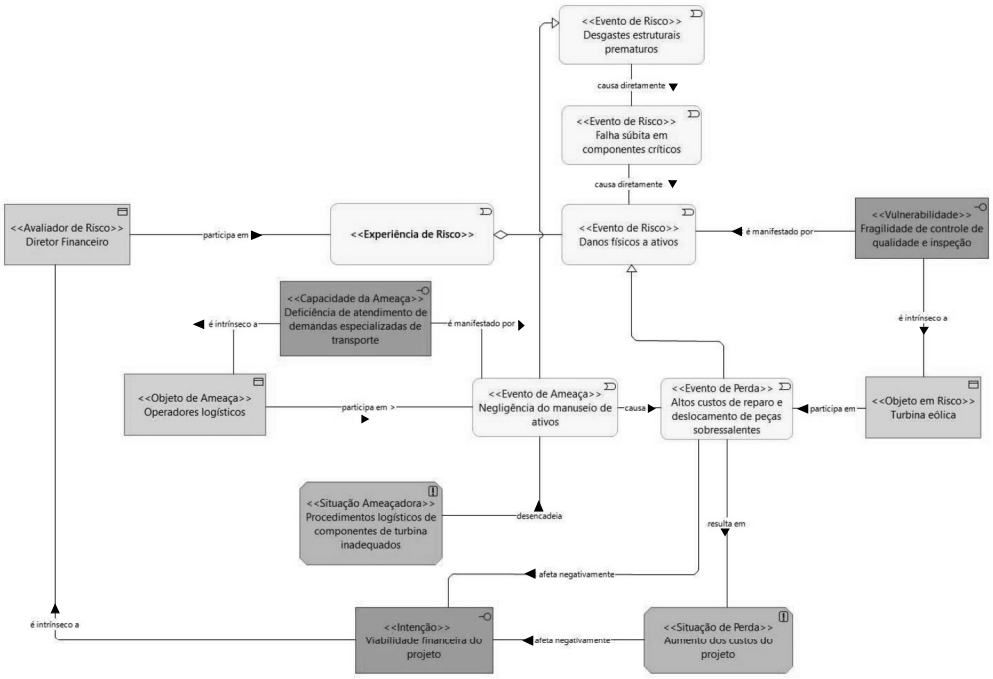

Figura 16 – Modelagem do risco "Danos físicos relacionados a desgastes, acidentes, negligência e falhas operacionais".

Fonte: elaboração própria

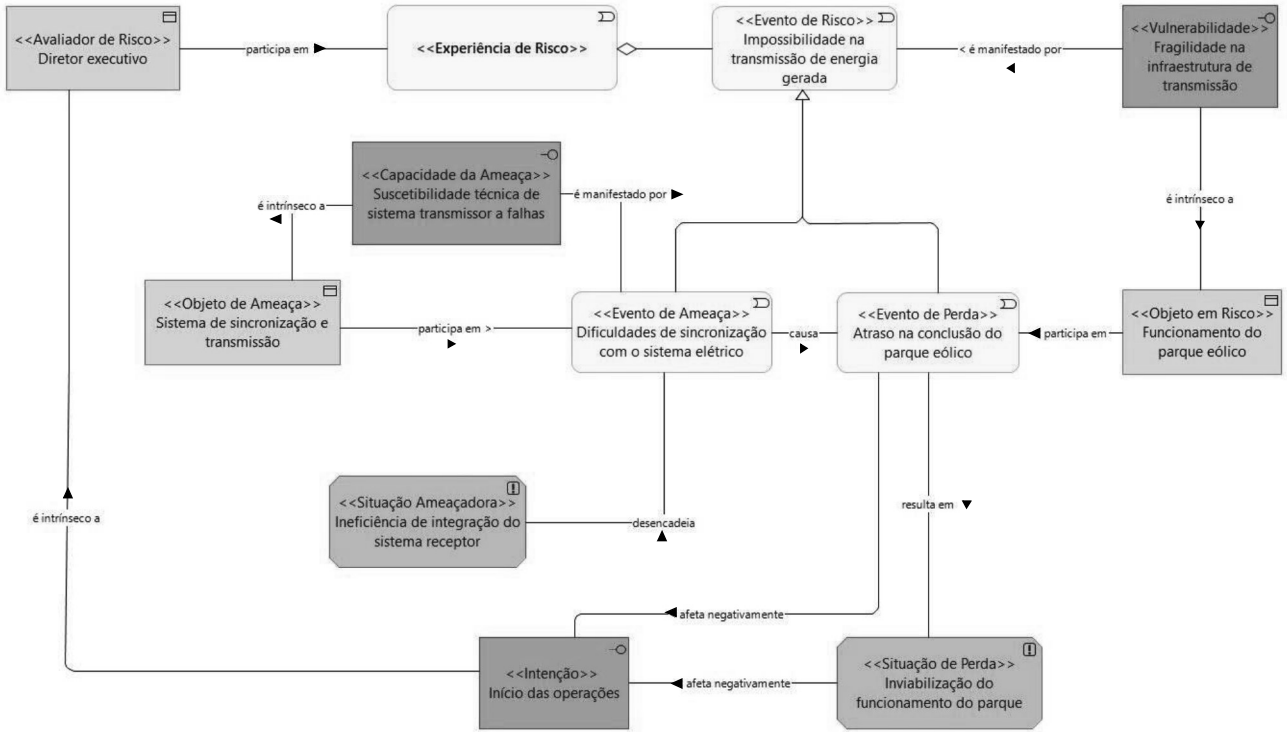

Figura 17 – Modelagem do risco "Dificuldades de sincronização com o sistema elétrico". Fonte: elaboração própria.

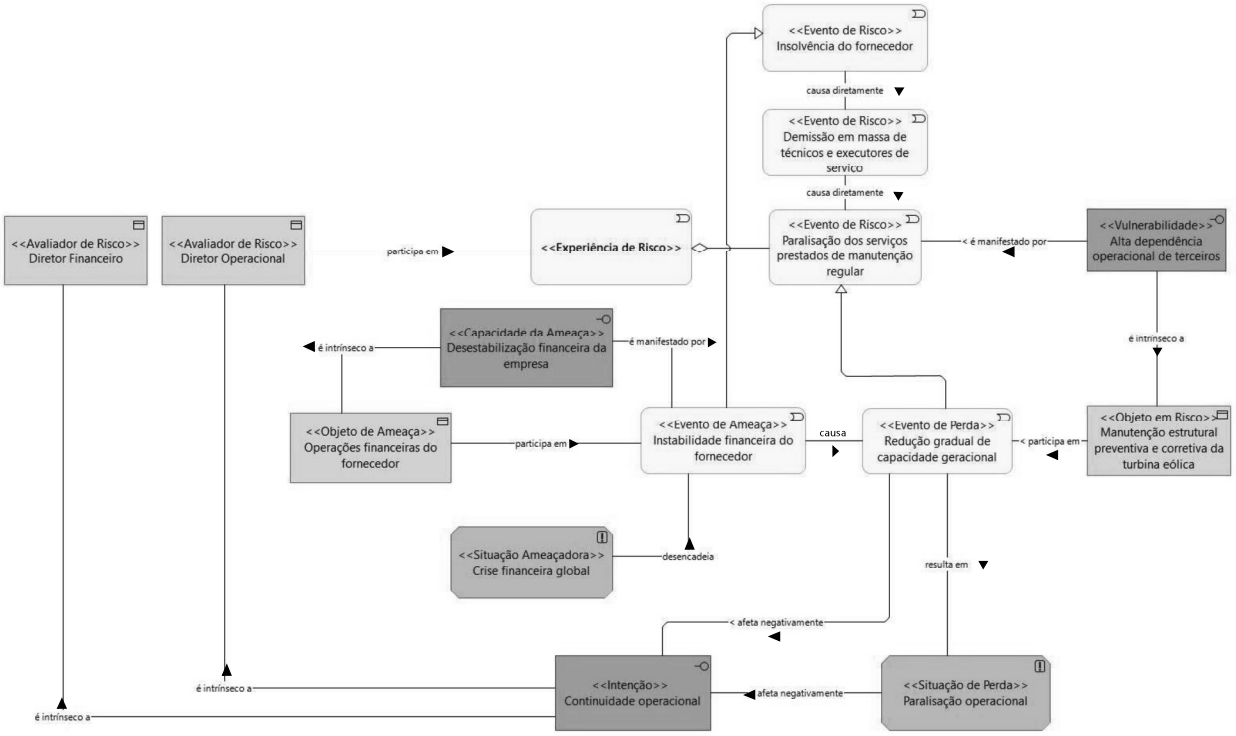

Figura 18 – Modelagem do risco "Instabilidade financeira do fornecedor". Fonte: elaboração própria.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo dessa seção, serão apresentados os resultados das análises realizadas e será discutido, de forma detalhada, a relevância desses achados em relação às perguntas de pesquisa estabelecidas. O objetivo é avaliar se as questões de pesquisa formuladas foram endereçadas e se os objetivos propostos foram alcançados, oferecendo uma visão abrangente sobre o impacto e a validade do estudo.

QP1: *Qual a importância do gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos*?

Sem dúvidas, a evolução tecnológica e o processo de globalização contribuíram altamente para a expansão comercial e, consequentemente, na mudança de padrões de consumo, nos quais os consumidores passaram a exigir agilidade, flexibilidade, diversidade, qualidade e menor preço. Todos estes fatores colaboraram com o aumento da competitividade global e exigiram uma melhoria contínua dos serviços prestados, promovendo uma rápida adaptação das cadeias de suprimentos.

A confiança dos clientes nos processos logísticos intensificou a busca pelo equilíbrio adequado das cadeias, de modo que a reputação e eficiência não fossem afetados. Para alcançar este equilíbrio, um gerenciamento robusto de riscos que evite falhas, atrasos, desabastecimentos, não conformidades e prejuízos é crucial. A gestão de incertezas auxilia o processo de coordenação de atividades como aquisição de matérias primas, transporte, comunicação, controle de estoque e deslocamentos, buscando tanto a satisfação do cliente como a eficiência operacional, otimizando custos, recursos, lucratividade, reputação e competitividade. Conforme visto no referencial teórico, a gestão da cadeia de suprimentos enfrenta diversos desafios distintos que colocam à prova o funcionamento regular da cadeia, evidenciando o grau de resiliência que esta rede apresenta quando desafiada. As estratégias de administração de uma empresa envolvem assegurar que seus produtos estão sendo comercializados para os clientes certos, nos lugares certos e de maneira certa. Uma falha no processo logístico pode afetar a decisão de compra de clientes fiéis, desencadeando em prejuízos financeiros no longo prazo.

O estudo demonstra, em seu referencial teórico, que um gerenciamento adequado de riscos é importante para minimizar perdas e maximizar oportunidades, permitindo a antecipação de problemas e implementação de medidas contingenciais que causem impactos significativos, garantindo assim a continuidade das operações mesmo em situações adversas.

O uso de métodos avançados de monitoramento de riscos por gigantes do mercado como Cisco, IBM e Intel ajuda a alustrar tal fato.

QP2: ***Qual o grau de aderência da COVeR em um caso real de SCRM?***

Os riscos presentes em cadeias de suprimentos são conhecidos por serem complexos e multifacetados, sendo sistematicamente investigados há décadas. Devido às dimensões das dificuldades enfrentadas, é fundamental que o gerenciamento de riscos seja coeso e bem estruturado, criado para mapear e tratar os riscos corretos que podem ser mais impactantes à continuidade da cadeia, fazendo uso das ferramentas e tecnologias adequadas para tal. A seção 2.4 apresentada no referencial teórico esclarece que a Ontologia é uma ferramenta utilizada para a modelagem de conceitos relevantes de um determinado domínio de interesse, realizando a descrição formal de todos os elementos referentes à tal competência, organizando o conhecimento e permitindo estudos de maneira mais eficiente e objetiva, facilitando a coleta, armazenamento, compartilhamento e consulta ao conhecimento descrito, apoiando o processo de tomada de decisão. Portanto, a adoção do conceito de Ontologia nos estudos e gestão dos riscos pode trazer resultados interessantes no conhecimento das composições presentes em uma ameaça ou incerteza por conta de suas dimensões.

Tal aplicação da Ontologia para modelagem de riscos é realizada no estudo de Sales et al. (2018), apresentando conceitos que auxiliam a identificar os elementos presentes em um risco, como avaliações, experiências, eventos, objetos, intenções e situações, abrangendo perspectivas experienciais, relacionais e quantitativas, formando uma compreensão completa das dimensões e ajudando a entender a natureza subjetiva das incertezas. O contexto de uma cadeia de suprimentos de energia eólica *offshore* destaca a complexidade presente em seus processos logísticos, levando em consideração a existência de componentes de alto valor agregado e de extensos calendários de construção, transporte, operação e manutenção, assim como todas as restrições envolvidas na operação de uma usina eólica marítima. O resultado da aplicação da proposta de identificação e modelagem na seção 3.2 aprofundou o entendimento de que a COVeR, aliada a conhecimentos envolvendo identificação, classificação, avaliação e controle, possui impactos relevantes no processo de gerenciamento de riscos, integrando os conhecimentos e expondo os relacionamentos entre elementos, facilitando a implementação de estratégias, a definição de vulnerabilidade dos objetos, identificando perdas, qualificando as ocorrências de fatores de riscos e as severidades dos efeitos provenientes destes eventos.

QP3: ***Quais os benefícios entregues pela COVeR em comparação a um gerenciamento de riscos comum?***

O objetivo de qualquer estratégia que busque minimizar riscos é conhecê-los e evitar seus impactos, capacitando a prevenção, priorização e controle, consolidando técnicas de proteção e minimizando perdas. O gerenciamento de riscos que é adotado em sua versão mais comum presente na literatura identifica as ameaças de forma genérica, isto é, tem-se a ciência da existência de uma incerteza, mas nunca dos elementos e conceitos que a cercam, restringindo-se ao registro das causas e consequências, desenhando possíveis cenários que tragam impactos ao se materializarem.

Durante a execução da proposta conceitual e de sua aplicação no contexto de energia eólica *offshore*, foi possível perceber que a compreensão holística expandida e detalhada inerente à COVeR proporciona uma visão abrangente e semanticamente precisa sobre os riscos, considerando múltiplas perspectivas e fornecendo uma análise aprofundada e estruturada, possibilitando assim que o avaliador de risco tenha mais informações a sua disposição e tome decisões altamente qualificadas. As vantagens da adoção do modelo passam pela melhora da comunicação entre diferentes *stakeholders*, auxiliando na definição de responsabilidades, na priorização das ações de contingenciamento dos riscos, no gerenciamento de projetos e no alinhamento estratégico, resultando em uma gestão de riscos mais coesa e integrada. O vetor de aperfeiçoamento contínuo presente em ontologias garante que o conhecimento seja mais fidedigno à realizada e esteja alinhado com as melhores práticas que, dadas as condições do contexto tecnológico e estratégico global, estão sempre em constante mudança.

6. CONCLUSÕES

Neste estudo, buscou-se analisar os benefícios inerentes a adoção de uma modelagem de riscos baseada na COVeR como uma etapa do Gerenciamento de Riscos em Cadeias de suprimentos, complementada com outras teorias adotadas nas etapas de identificação, classificação, avaliação e priorização, como parte de um *framework* aplicado em um estudo de caso do setor de energia eólica *offshore*, com o objetivo de mapear todos os elementos presentes em um risco, e subsidiar a análise e priorização dos riscos identificados. O contexto da mudança do comportamento do consumidor após a expansão comercial global acelerou a transformação da logística de abastecimentos e evidenciou a necessidade de um planejamento ainda mais sólido e robusto de cenários de riscos e possíveis crises.

Para endereçar esta análise, o estudo apresenta o referencial teórico que identifica relacionamentos presentes em cadeias de suprimentos, riscos, ontologias e ferramentas de gestão, apresentando conhecimentos presentes na literatura e realizando ligações entre os temas com o objetivo de cobrir as brechas neles presentes, expondo que a aplicação de um conceito de ontologia pode trazer resultados interessantes durante o mapeamento, classificação, avaliação e mitigação dos riscos.

A partir da modelagem presente na COVeR (SALES et al., 2018), foi proposto um *framework* conceitual que combina a abordagem ontológica de riscos da COVeR com os trabalhos de Gatzert e Kosub (2016), para identificação e classificação de riscos, e Tuncel e Alpan (2010), para avaliação e controle das ameaças. O resultado da construção desta estrutura foi um sistema holístico que está de acordo com importantes referências literárias do processo de gerenciamento de riscos, evidenciando benefícios resultantes como aperfeiçoamento do conhecimento, integração de conceitos, exploração de relacionamentos, identificação de perdas e vulnerabilidades, qualificação de atribuições de índices de ocorrência, severidade e detectabilidade, mapeamento de experiências completas de risco e aprimoramento do processo de tomada de decisão do avaliador de risco.

O produto final deste estudo traz impactos importantes para a área de estudo, levando em consideração que a aplicação de Ontologias em Gerenciamento de Riscos em Cadeias de Suprimentos é pouco explorada na literatura.

No entanto, por mais que o trabalho entregue benefícios altamente relevantes para o processo, é possível reconhecer as limitações nele presentes. Devido à impossibilidade de aplicação do *framework* para análise em um caso real, o estudo limitou-se em aplicar em um contexto que, embora altamente complexo, possui diversas particularidades que não são

comuns a outros setores, restringindo assim a sua abrangência. Como proposta para futuras pesquisas, é possível citar a aplicação em diversos outros setores que possuem cadeias de suprimentos vulneráveis a riscos, possibilitando assim uma amostra mais extensa para avaliação da adoção de metodologias de modelagem ontológicas como a COVeR, analisando de forma mais abrangente a aderência da estrutura aqui proposta. O estudo aborda de forma teórica os passos iniciais e intermediários do processo do Gerenciamento de Riscos, se estendendo até a etapa de Avaliação dos Riscos. Em uma aplicação prática de uma futura pesquisa, vale destacar que os passos subsequentes devem ser executados a partir da Avaliação, seguindo para Mitigação, Transferência e Controle dos Riscos, etapas que estão sujeitas à particularidade de cada Cadeia.

É fato que o Gerenciamento de Riscos em Cadeias de Suprimentos é um processo desafiador e demanda uma liderança preparada para realizar intervenções importantes no fluxo de materiais e de informações, além de evidenciar a necessidade de estratégias de comunicação impecáveis que fortaleçam a atividade fim de uma empresa. O conhecimento de todos os componentes presentes em uma ameaça pode ser um aliado importante para que a resiliência da cadeia seja mantida e não seja abalada por eventos de risco, sejam eles provenientes de fontes externas ou internas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DO PRADO, Eduardo Vieira; VIVALDINI, Mauro; GIULIANI, Antonio Carlos. Gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos. **Revista da Faculdade de Administração** e Economia, v. 6, n. 1, p. 124-146, 2014.

TRIVELATO, Bianca Freire; MENDES, Daniel Pacheco; DIAS, Marco Antônio. A importância do gerenciamento de riscos nas organizações contemporâneas. **Refas-Revista Fatec Zona Sul**, v. 4, n. 2, p. 1-20, 2018.

RUPPENTHAL, Janis Elisa. Gerenciamento de riscos. **Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria**, 2013.

NOY, Natalya F. et al. Ontology development 101: A guide to creating your first ontology. 2001.

SILVA, César Roberto Lavalle da; FLEURY, Paulo Fernando. Avaliação da organização logística em empresas da cadeia de suprimento de alimentos: indústria e comércio. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 4, p. 47-67, 2000.

SALES, Tiago Prince et al. Ontological analysis and redesign of risk modeling in ArchiMate. In: **2018 IEEE 22nd International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC)**. IEEE, 2018. p. 154-163.

ANTON, Sorin Gabriel; NUCU, Anca Elena Afloarei. Enterprise Risk Management: A Literature Review and Agenda for Future Research. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 13, n. 11, p. 281, 2020.

ARAÚJO, Raiane Sodré de; SOUSA, Flaviany Luise Nogueira de; VANDERLEY, Paulino Sousa; *et al*. Fontes de energias renováveis: pesquisas, tendências e perspectivas sobre as práticas sustentáveis. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, p. e468111133893-e468111133893, 2022.

CAO, Shoufeng; BRYCESON, Kim ; HINE, Damian. Improving supply chain risk visibility and communication with a multi-view risk ontology. **Supply Chain Forum: An International Journal**, p. 1–15, 2020.

CHAO PENG, Guo ; BAPTISTA NUNES, Miguel. Surfacing ERP exploitation risks through a risk ontology. **Industrial Management & Data Systems**, v. 109, n. 7, p. 926–942, 2009. Disponível em: <http://eprints.whiterose.ac.uk/9830/1/Peng1.pdf>. Acesso em: 30 maio 2024.

DA SILVA, José Alan Barbosa. Gestão Estratégica da Logística como Vantagem Organizacional: Estudo de Caso em um dos Maiores Varejista Do Brasil. **Revista Estudos e Pesquisas em Administração**, v. 6, n. 2, 2022.

FIRMENICH, Jennifer. Customisable framework for project risk management. **Construction Innovation**, v. 17, n. 1, p. 68–89, 2017.

GATZERT, Nadine ; KOSUB, Thomas. Risks and risk management of renewable energy projects: The case of onshore and offshore wind parks. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 60, p. 982–998, 2016.

TUNCEL, G., & ALPAN, G. (2010). Risk assessment and management for supply chain networks: A case study. *Computers in industry*, *61*(3), 250-259.

KALLA, Christian; LUIZ FELIPE SCAVARDA; BERND HELLINGRATH. Integrating supply chain risk management activities into sales and operations planning. **Review of managerial science**, 2024.

KHAN, Majid Jamal; HUSSAIN, Dildar; MEHMOOD, Waqar. Why do firms adopt enterprise risk management (ERM)? Empirical evidence from France. **Management Decision**, v. 54, n. 8, p. 1886–1907, 2016.

LUCAS STAMPE; BERND HELLINGRATH. Digitalization of Supply Chain Risk Management Eliciting Potential and Barriers with Qualitative Interviews. **www.wi.uni-muenster.de**, 2022. Disponível em: <https://www.wi.uni-muenster.de/de/forschung/publikationen/82853803>. Acesso em: 30 maio 2024.

LUCENA, Juliana de Almeida Yanaguizawa ; LUCENA, Klayton Ângelo Azevedo. Wind energy in Brazil: an overview and perspectives under the triple bottom line. **Clean Energy**, v. 3, n. 2, p. 69–84, 2019. Disponível em: <https://academic.oup.com/ce/article/3/2/69/5368440>. Acesso em: 30 maio 2024.

NAKANDALA, Dilupa; LAU, Henry ; ZHAO, Li. Development of a hybrid fresh food supply chain risk assessment model. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 14, p. 4180–4195, 2016.

SALES, Tiago Prince; BAIÃO, Fernanda; GUIZZARDI, Giancarlo; *et al*. The Common Ontology of Value and Risk. **Conceptual Modeling**, v. volume 11157, p. 121–135, 2018.

SILVA, Carlos Eduardo Sanches da; MELLO, Carlos Henrique Pereira; SIQUEIRA, Natália Fernanda Gabriela; *et al*. Aplicação do gerenciamento de riscos no processo de desenvolvimento de produtos nas empresas de autopeças. **Production**, v. 20, n. 2, p. 200–213, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/prod/v20n2/aop_200812132.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.

STAMPE, Lucas ; HELLINGRATH, Bernd. Risk Indicators and Data Analytics in Supply Chain Risk Monitoring. **Logistics Management**, 2021. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Risk-Indicators-and-Data-Analytics-in-Supply-Chain-Stampe-Hellingrath/9daf92eb7a5f3eafc3f44fc34667b91a083e1539>. Acesso em: 30 maio 2024.

XING, Xuejiao; ZHONG, Botao; LUO, Hanbin; *et al*. Ontology for safety risk identification in metro construction. **Computers in Industry**, v. 109, p. 14–30, 2019.

Rosa, E.A.: Metatheoretical foundations for post-normal risk. **J Risk Res**, 1998.

Breitman, K. K., Casanova, M. A., & Truszkowski, W. Ontology in computer science. **Semantic Web: Concepts, Technologies and Applications**, 17-34, 2007.

FOX, Mark S.; BARBUCEANU, Mihai; TEIGEN, Rune. Agent-oriented supply-chain management. **Information-Based Manufacturing: Technology, Strategy and Industrial Applications**, p. 81-104, 2001.

BERTOLINI, Massimo; BEVILACQUA, Maurizio; MASSINI, Roberto. FMECA approach to product traceability in the food industry. **Food control**, v. 17, n. 2, p. 137-145, 2006.

Brasil sobe para a sexta posição em ranking internacional de capacidade de energia eólica onshore. Serviços e Informações do Brasil. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2022/04/brasil-sobe-para-a-sexta-posicao-em-ranking-internacional-de-capacidade-de-energia-eolica#:~:text=O%20Brasil%20bateu%20recorde%20de>. Acesso em: 15 mai. 2024.

PRICEWATERHOUSECOOPERS. **89% das empresas sabem da importância da transformação digital para a gestão de riscos**. PwC. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/sala-de-imprensa/release/89-das-empresas-sabem-da-importancia-da-transformacao-digital-para-a-gestao-de-riscos.html>. Acesso em: 30 jun. 2024.

SCAVARDA, Luiz Felipe ; SCAVARDA, Annibal José. VIABILIZADORES PARA A SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. **Revista de Administração FACES Journal**, 2004. Disponível em: <http://revista.fumec.br/index.php/facesp/article/view/33>. Acesso em: 29 jun. 2024.