



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

Avaliação de Risco nas Cadeias de Abastecimento:
Revisão Sistemática de Literatura
Análise Comparativa de Diferentes Modelos

Hugo dos Santos Sousa

Católica Porto Business School
Outubro, 2023



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

Avaliação de Risco nas Cadeias de Abastecimento:
Revisão Sistemática de Literatura
Análise Comparativa de Diferentes Modelos

Trabalho Final na modalidade de Dissertação / Relatório de Estágio / Projeto
apresentado à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de mestre em Gestão

por

Hugo Santos Sousa

sob orientação de

Professora Doutora Rita Moura Bastos de Almeida Ribeiro

Católica Porto Business School

Outubro 2023

Agradecimentos

Este trabalho nunca seria possível sem o apoio incondicional dos meus pais, que estiveram sempre presentes nos momentos mais marcantes da minha vida e que sempre me motivam e inspiram a perseguir novos desafios.

Queria também agradecer ao meu irmão por celebrar comigo todas as pequenas e grandes vitórias e por me mostrar o que é ser amigo de verdade.

Um agradecimento especial à Ritinha, que sempre me mantém no caminho certo e nunca desiste de mim, é o meu maior pilar, um exemplo a seguir de garra e dedicação.

Não posso deixar de agradecer à Professora Doutora Rita Ribeiro por todo o apoio e atenção ao longo de toda a redação da dissertação.

Resumo

As cadeias de abastecimento (CA) têm sentido uma enorme pressão em todo o mundo devido a toda a imprevisibilidade sobre eventos futuros causada pelo coronavírus (COVID-19) e pela instabilidade sentida na Europa, com o conflito entre a Ucrânia e a Rússia. A gestão de risco da cadeia de abastecimento (GRCA) é um conceito que está a ganhar cada vez mais atenção. O aumento dos níveis de avaliação do risco na GRCA é considerado benéfico em muitos aspetos. Esta avaliação do risco é feita com base em vários modelos que pretendem medir o risco de uma CA e são o ponto de partida para as empresas reagirem a possíveis riscos identificados. A questão de investigação (QI) deste estudo é a análise dos tipos e níveis de riscos associados à CA, comparando diferentes métodos utilizados para avaliar o risco de uma CA através de uma revisão sistemática da literatura. A revisão sistemática da literatura identificou 87 artigos de investigação empírica de revistas científicas internacionais. Identificamos as diferentes categorias de investigação e modelos de avaliação de risco, comparamos e retiramos conclusões sobre os mesmos. Verificamos que há uma tendência para utilizar o método de análise de cenários com maior frequência uma vez que esta pode auxiliar em diversas categorias de investigação do risco. Uma outra tendência que podemos observar neste estudo é o notável aumento do interesse em questões relacionadas com inovações tecnológicas. Os *ciberataques*, por sua vez, representam um risco cada vez mais presente nas infraestruturas críticas, com impactos que se estendem a quase todos os aspetos da nossa vida diária, abrangendo setores como transporte, cuidados de saúde, energia elétrica e manufatura avançada.

Palavras-chave: Cadeia de Abastecimento, Risco, Gestão de Risco, Avaliação de Risco.

Abstract

Supply chains (SC) have been under enormous pressure worldwide due to all the unpredictability about future events caused by the coronavirus (COVID-19) and the instability felt in Europe with the conflict between Ukraine and Russia. Supply chain risk management (SCRM) is a concept that is gaining more attention. Increased levels of risk assessment in SCRM are considered beneficial in many ways. This risk assessment is based on various models that aim to measure the risk of a SC and are the starting point for companies to react to possible identified risks. The research question (RQ) of this study is to analyze the types and levels of risks associated to SC, comparing different methods used to assess the risk in a SC through a systematic literature review. The systematic literature review identified 87 empirical research articles from international scientific journals. We identified the different categories of research and risk assessment models, compared them, and drew conclusions about them. We found that there is a tendency to use the scenario analysis method more frequently, since it can help in various categories of risk investigation. Another trend we can observe in this study is the notable increase in interest in issues related to technological innovations. Cyber-attacks, in turn, represent an increasingly important risk.

Keywords: Supply Chain, Risk, Risk Management, Risk Evaluation.

Índice

Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract	vii
Índice	viii
Índice de Figuras e Tabelas	ix
Introdução.....	10
1. Gestão Risco da Cadeia de Abastecimento	13
1.1. Risco.....	13
1.2. Tipos de Risco	14
1.3. Medidas de Gestão de Risco	15
1.4. Modelos de Avaliação de Risco	17
2. Método e Data	20
2.1. Processo de Seleção	20
2.2. Análise Descritiva.....	22
2.2.1. Publicações por anos	22
2.2.2. Categoria de investigação (CI)	23
2.2.3. Método de Avaliação de Risco (MAR).....	25
3. Resultados.....	27
3.1. Estratégias para GRCA	27
3.2. Desafios e Soluções.....	29
4. Conclusão.....	32
4.1. Limitações	33
4.2. Investigação Futuras	34
Referências Bibliográficas.....	35
Anexos.....	41

Índice de Figuras e Tabelas

Figura 1 - Processo de Seleção	22
Figura 2 - Modelos de Avaliação de Risco de Catástrofes.....	27
Figura 3 - Modelos de Avaliação de Risco Ambiental	28
Figura 4 - Modelos de Avaliação de Risco Tecnológico.....	29
Figura 5 - Soluções para Desafios por Artigo	30
Tabela 1 - Número de artigos Publicados Anualmente.....	23
Tabela 2 - Categorias de Investigação por Publicação	24
Tabela 3 - Métodos de Avaliação de Risco por Publicação	26
Tabela 4 - Distribuição de MAR por CI.....	42
Tabela 5 - Desafios e Soluções por Artigo	42

Introdução

Cadeias de abastecimento (CA) referem-se à rede de organizações, pessoas, atividades, informação e recursos envolvidos na produção, manuseamento e distribuição de bens e serviços em todo o mundo. (Govindan & Fattahi, 2017). Envolvem o fluxo de matérias-primas, produtos intermédios e produtos acabados de fornecedores a fabricantes e depois a grossistas e retalhistas, que por sua vez vendem os produtos aos consumidores.

As CA tornaram-se cada vez mais complexas nos últimos anos (ur Rehman et al., 2022), com um número crescente de organizações a nelas participar e uma gama crescente de produtos a serem comercializados. Esta complexidade tem sido impulsionada por vários fatores, incluindo os avanços nas tecnologias de transporte e comunicação, a globalização da produção e do comércio, e o aumento da externalização. (Qazi et al., 2017)

As CA são um fator fulcral para o sucesso de qualquer indústria ou empresa. Todas as CA têm as suas especificidades, sendo umas mais aptas a lidar com o risco e outras mais suscetíveis a adversidades que podem comprometer o normal funcionamento da atividade (Bag et al., 2022).

Alguns dos principais benefícios das CA são que podem ajudar as organizações a aceder a uma gama mais vasta de matérias-primas, produtos intermédios e produtos acabados a custos mais baixos, tirando partido das diferenças nos custos de produção e outras condições económicas em todo o mundo. Esta integração também tem repercussões positivas nas operações empresariais, mais em concreto, na estratégia inovadora, qualidade do produto e rentabilidade (Chu et al., 2020). Isto pode permitir que as organizações sejam mais competitivas no mercado global (Er Kara et al., 2020).

Contudo, este aumento na complexidade das CA envolve também uma maior incerteza e maior exposição ao risco, tornando as empresas mais vulneráveis (ur Rehman et al., 2022). As CA também estão expostas a diversos riscos com diferentes formas, probabilidades e impactos, incluindo questões internas como o transporte, logística, comunicação e sustentabilidade, bem como preocupações externas sobre responsabilidade social, potencial de perturbação devido a catástrofes naturais, instabilidade política, infraestruturas ineficientes num país, barreiras nas transações, entre outros (Bogataj & Bogataj, 2007). Os riscos inerentes às CA impactam a performance das organizações e, por vezes, levam ao declínio das vendas, ao aumento dos custos e a falhas nos serviços prestados pelas empresas. Nestas circunstâncias, é crucial que as empresas tenham uma GRCA eficiente, sendo que, as firmas com maior habilidade de retornar à situação inicial após disrupções são as que vão exibir melhor performance (Habani & Kamaruddin, 2021).

Uma GRCA eficaz exige que as organizações tenham uma compreensão clara da sua CA e dos riscos potenciais que a podem afetar. Isto pode envolver a análise e mapeamento da CA para identificar fornecedores-chave, rotas de transporte e outros potenciais estrangulamentos ou vulnerabilidades. Pode também envolver a utilização de ferramentas e técnicas tais como planeamento de cenários, avaliação de riscos, e planeamento de contingência para identificar e avaliar potenciais riscos, e desenvolver estratégias para os mitigar ou gerir (Berger et al., 2022).

Devido a toda a imprevisibilidade sobre eventos futuros, os GRCA começam a concentrar-se na tomada de decisões com base em numerosas fontes de dados para prever com maior precisão as incertezas com o objetivo de obter um mecanismo proativo e preditivo de gestão inteligente dos riscos (Heckmann et al., 2015). Há várias práticas chave que as organizações podem adotar para melhorar a sua GRCA, por exemplo, a diversificação das suas fontes de

abastecimento e rotas de transporte, construir relações fortes com os fornecedores e implementar sistemas eficazes de comunicação e colaboração e estabelecendo planos de contingência (Gupta, Bag, et al., 2022). Algumas das mais recentes técnicas usadas no campo da gestão das CGA são a Inteligência Artificial (IA), *Machine Learning* (ML) e *Data Mining* (DM) ainda que numa fase experimental (Deiva Ganesh & Kalpana, 2022).

As técnicas utilizadas na GRGA serão abordadas com maior detalhe na revisão de literatura. Iremos perceber as diferentes perspectivas de alguns autores e compreender como é encarada esta gestão de risco na imprevisibilidade atual que vivemos.

O objetivo deste trabalho é de compreender os riscos identificados por diferentes artigos e revisões de literatura no que diz respeito à CA, compreender quais são os métodos usados para avaliar esse risco e retirar conclusões sobre quais as medidas que aplicam para responder a esses riscos.

A estrutura do trabalho começa por identificar diferentes conceitos cruciais para a GRCA, como risco, tipos de risco, medidas de gestão de risco e modelos de avaliação de risco. De seguida, avançamos para a parte mais prática do trabalho, onde explicamos o método utilizado e a data que selecionamos. Para finalizar, analisamos a data, expomos os resultados e retiramos conclusões.

1. Gestão Risco da Cadeia de Abastecimento

1.1. Risco

Na gestão da CA em particular, muitos autores argumentam que é necessário capturar o risco de alguma forma. Devido à crescente complexidade e número de organizações a participar nas cadeias de abastecimento modernas, torna-se difícil ou mesmo impossível prever o tipo, a natureza e o impacto de qualquer ação. Embora tenha havido muitas tentativas de caracterizar o risco da CA, nenhuma descrição foi aceite universalmente (Heckmann et al., 2015).

Neste estudo, o risco numa CA pode ser interpretado como a “variação potencial dos resultados que influenciam a diminuição do valor acrescentado em qualquer atividade de uma cadeia” Bogataj & Bogataj (2007), onde o resultado é descrito pelo volume e qualidade das mercadorias em qualquer local e tempo. Para minimizar o impacto da diminuição do valor acrescentado na CA, temos de gerir corretamente o risco.

Wicaksana et al., 2022, define a GRCA como “um esforço de colaboração inter-organizacional que utiliza metodologias quantitativas e qualitativas de gestão do risco para identificar, avaliar, atenuar e monitorizar acontecimentos ou condições inesperadas a nível macro e micro, suscetíveis de afetar negativamente qualquer parte de uma cadeia de abastecimento”. Uma gestão eficiente do risco reduz a vulnerabilidade, tornando a CA resiliente.

Atualmente, a GRCA e a gestão das suas consequências numa CA são feitas de uma forma mais integrada e coordenada (Warasthe et al., 2022). A redução da incerteza tem valor económico. O nível de incerteza é quantificado pela quantidade e tipo de informação disponível para identificar possíveis resultados e estimar a sua probabilidade (Bogataj & Bogataj, 2007). No caso das CA, que são compostas por vários ramos de atividade, a abordagem sistémica para

compreender o problema é a mais indicada. É muito mais conveniente ver uma CA como uma cadeia de valor. As CA estão expostas ao risco de muitas formas diferentes (Axon & Darton, 2021).

1.2. Tipos de Risco

Como mencionado anteriormente, o risco tem natureza diversa e afeta de maneiras diferentes cada indivíduo numa CA. Existem vários tipos de riscos que impactam de maneira diversa diferentes indústrias, empresas e indivíduos.

Por vezes verificamos uma incapacidade de obter matérias-primas ou componentes de fornecedores confiáveis. Neste caso estamos perante um risco de fornecimento (Rinaldi et al., 2022). Mesmo mitigando o risco de fornecimento podemos ter riscos de noutra área da CA, quanto à incerteza sobre a procura do mercado para os produtos ou serviços oferecidos, por exemplo. Outros riscos que devem ser controlados na GRCA são riscos de transporte, ligado a problemas logísticos, como atrasos ou danos ao transportar mercadorias, riscos políticos, diz respeito a mudanças nas leis, regulamentos ou condições políticas que afetam a CA, riscos de preços, referente à volatilidade dos preços das matérias-primas e componentes, riscos de qualidade dos produtos ou serviços fornecidos. As complexidades das CA conduzem frequentemente ao risco de caos, que é resultado de reações excessivas, intervenções desnecessárias e informação distorcida dentro da CA (Kraude et al., 2022).

Ao discutir o risco, é fundamental distinguir entre o chamado efeito *ripple* e o efeito *bullwhip*. O efeito *bullwhip* ocorre em CA onde pequenas flutuações na procura do consumidor geram grandes oscilações na procura percebida pelos fornecedores e fabricantes. Essas oscilações são ampliadas à medida que a procura passa por diferentes níveis da CA, de modo que as empresas mais distantes da fonte original da procura experimentam variações muito mais intensas nos seus stocks e produção. O efeito *bulwhip* é causado por diversos

fatores, incluindo o comportamento humano, a falta de comunicação e coordenação e, no pior cenário, pode levar a vários problemas, como aumento de custos, excesso de stock, escassez de produtos e perda de vendas.

O efeito *ripple* trata de perturbações de baixa frequência/alto impacto ou riscos excepcionais, tais como o risco de um surto pandémico que acabam por afetar todo o sistema. Esse efeito pode ser desencadeado por diversos fatores, como problemas de qualidade, atrasos na entrega, falta de estoque, desastres naturais, entre outros. É de salientar que este tipo de fatores impactam a dinâmica estrutural da CA que, conseqüentemente, pode exigir uma recuperação a médio e longo prazo com elevados esforços de coordenação e investimentos (Rinaldi et al., 2022).

1.3. Medidas de Gestão de Risco

É fundamental que as empresas tenham planos de contingência e estratégias de gestão de risco em vigor para minimizar o impacto destas perturbações. Há uma série de medidas que as organizações podem tomar para gerir os riscos nas suas CA. Algumas destas medidas incluem:

- Diversificação das fontes de abastecimento - Ao ter múltiplos fornecedores e rotas de transporte, as organizações podem reduzir a sua dependência de qualquer fornecedor ou rota, e estar mais bem preparadas para responder a ruturas (Carvalho et al., 2022).

- Construir relações fortes com os fornecedores - Ao desenvolver relações fortes e a longo prazo com fornecedores, as organizações podem aumentar a sua visibilidade nas suas operações e estar mais bem preparadas para responder a potenciais perturbações (Carvalho et al., 2022).

- Implementar sistemas eficazes de comunicação e colaboração - Ao dispor de sistemas para comunicar rápida e eficazmente com os fornecedores e outros

parceiros na CA, as organizações podem manter-se informadas sobre os riscos potenciais e responder mais rapidamente a perturbações (Oliveira et al., 2019).

- Estabelecimento de planos de contingência - As organizações devem ter planos de contingência em vigor para lidar com potenciais perturbações, incluindo fornecedores de apoio e rotas de transporte, e processos para identificar e responder aos riscos à medida que estes surgem (Zamboni et al., n.d.).

- Implementar ferramentas e técnicas de avaliação de riscos das CA - Há uma gama de ferramentas e técnicas que as organizações podem utilizar para identificar e avaliar potenciais riscos na sua CA, incluindo planeamento de cenários, avaliação de riscos, e planeamento de contingência (Kraude et al., 2022).

- Realização de avaliações e revisões regulares dos riscos - As organizações devem rever e avaliar regularmente a sua CA para identificar potenciais riscos e tomar as medidas adequadas para os mitigar (Kraude et al., 2022).

O risco da CA pode ser medido de várias formas. A avaliação do risco também se relaciona com o risco e a CA específicos que estamos a medir. Diferentes medidas de risco, tais como variância, desvio de um alvo predeterminado, desvio central, valor em risco (VaR) e valor condicional em risco (CVaR) foram abordadas em modelos de programação estocástica e parcialmente aplicadas no contexto de gestão da CA (Govindan & Fattahi, 2017).

Além disso, (ur Rehman et al., 2022) acredita que a GRCA pode ser classificada em gestão de risco preventiva e reativa, para uma compreensão heterogénea das capacidades de gestão de riscos. A gestão de risco preventiva tem como objetivo desenvolver estratégias para minimizar a exposição da empresa ao risco antes de ele aparecer, a gestão de risco reativa foca-se em estratégias de mitigação para minimizar o risco, o modelo reativo centra-se na forma de responder às perturbações depois de estas terem ocorrido. Uma empresa irá concentrar o seu esforço em variadas estratégias para mitigar o risco, tanto preventivas como

reativas. A diferença entre estas duas estratégias de mitigação de risco tem haver com o momento em que são aplicadas. (Karmaker et al., 2023) admite que a gestão preventiva na GRCA se concentra mais no desenvolvimento de fornecedores, manuseamento logístico, melhoria das capacidades infraestruturais, e implementação de ferramentas para GRCA. Uma estratégia da gestão reativa na GRCA é mais focada distribuir o risco, por exemplo criando um negócio com múltiplos fornecedores, fornecedores de apoio e sistemas tecnológicos para compreender e melhorar o desempenho das empresas.

1.4. Modelos de Avaliação de Risco

A avaliação de risco numa CA é fundamental para garantir a segurança, a qualidade e a eficiência da CA. É essencial para a vitalidade de qualquer empresa compreender quais os riscos associados à sua atividade e adaptar a sua estratégia de negócio para evitar ou responder da melhor forma a estes riscos. Existem vários modelos de avaliação de risco na CA, cada um com suas próprias abordagens e metodologias (Wicaksana et al., 2022).

Devemos começar por distinguir entre a análise de risco qualitativa e a análise de risco quantitativa. A análise de risco qualitativa é um modelo que avalia os riscos com base na probabilidade de ocorrer e no impacto que teriam na CA. A análise é conduzida através da identificação dos riscos, da avaliação de sua probabilidade e impacto e da classificação de cada risco com base na sua importância relativa. A análise de risco quantitativa difere da qualitativa porque este modelo utiliza técnicas matemáticas e estatísticas para avaliar os riscos na CA. A análise é conduzida através da identificação dos riscos, da determinação de sua probabilidade e do impacto financeiro que teriam na empresa.

Uma abordagem comum em diversas empresas é a análise de cenários. Este modelo avalia os riscos na CA através da simulação de diferentes cenários. A análise é conduzida através da identificação dos principais riscos e da simulação

de diferentes cenários para avaliar o impacto que cada risco teria na empresa (Zamar et al., 2017). Este modelo é maioritariamente quantitativo.

Outros métodos quantitativos comuns são o método de otimização ou método matemático e métodos meta-heurísticos. Estes modelos recorrem a abordagens práticas para a resolução de problemas de forma mais rápida e eficiente do que os métodos tradicionais. Por vezes podem sacrificar a otimização, a exatidão, a precisão ou a exaustividade em prol da rapidez (Rinaldi et al., 2022).

Alguns dos modelos com características qualitativas mais conhecidos são:

- *Fuzzy*: o modelo utiliza a lógica difusa ou lógica *fuzzy*, criado para ser possível lidar com o conceito de verdade parcial, divergente da lógica booleana onde os valores lógicos podem ser apenas 0 ou 1 (Karmaker et al., 2023).

- Empírico: o estudo baseia-se num questionário, em entrevistas ou numa investigação baseada num estudo de caso, realizado principalmente por meio de experimentos ou observação de determinado contexto para testar a validade de teorias.

- Probabilístico: O modelo probabilístico é uma técnica estatística utilizada para ter em conta o impacto de acontecimentos aleatórios na previsão da ocorrência potencial de resultados futuros.

- Modelos de equações estruturais: define uma classe de abordagens que procuram representar hipóteses sobre as médias, variâncias e covariâncias dos dados observados em termos de um número mais reduzido de parâmetros "estruturais" definidos por um conceito teórico subjacente.

Outro modelo utilizado na GRCA é a análise de rede, um modelo que avalia os riscos na CA através da análise da rede de fornecedores e parceiros comerciais da empresa. A análise é conduzida através da identificação dos principais fornecedores e parceiros comerciais da empresa e da avaliação dos riscos associados a cada um deles (Carvalho et al., 2022).

Todos estes modelos podem ser combinados e adaptados de acordo com as necessidades específicas de cada empresa na CA.

Atualmente, num mundo cada vez mais orientado pelos dados, as técnicas mais tradicionais não são as mais indicadas para a auxiliar a GRCA. O alcance, variedade, volume e velocidade dos dados aumenta continuamente por causa dos constantes avanços na tecnologia de informação e comunicação (Qazi et al., 2017). Os investigadores devem considerar uma abordagem centrada em dados que capture informação em tempo real e que os aplique neste campo da GRCA.

Além disso, estudos indicam a necessidade de um método interdisciplinar neste domínio, a crescente sobrecarga de informação leva as organizações a utilizarem abordagens de tomada de decisão baseadas em dados (Er Kara et al., 2020). Estas lacunas indicam a GRCA como uma área subexplorada que carece de abordagens holísticas como a visibilidade de ponta a ponta e a perceção em tempo real. Artigos recentes mostram o crescente interesse entre os investigadores na previsão precisa de eventos incertos utilizando as técnicas que se enquadram na IA (Deiva Ganesh & Kalpana, 2022). A IA pode aumentar a resiliência da CGA melhorando a transparência através da monitorização contínua, minimizando o impacto de perturbações súbitas.

Assim, a investigação recente salienta que a IA introduziu um novo paradigma de transformação para melhorar a tomada de decisões para GRCA, através de tecnologias automatizadas que podem alavancar o conhecimento e os dados (Gupta, Modgil, et al., 2022).

Para a nossa revisão sistemática da literatura iremos analisar quais os métodos de avaliação de risco mais utilizados, como é que são adaptam para a atividade específica de cada indústria, quais as principais formas de combate ao risco e comparar diferentes modelos.

2. Método e Data

O método de investigação escolhido é uma revisão sistemática da literatura. Este método é realizado com dois objetivos. Em primeiro lugar, este método analisa diversos trabalhos de investigação sobre gestão do risco e avaliação de risco abordadas nos últimos anos, para avaliar a coerência dos mesmos em relação às futuras direções da investigação sugeridas na literatura. Em segundo lugar, este artigo tem uma característica distintiva fundamental em relação às revisões publicadas anteriormente, na medida em que compara os estudos sobre gestão do risco quanto ao método utilizado para avaliar o risco de uma CA e possíveis soluções para diminuir o risco. Tendo em conta esta consideração, esta revisão procura identificar os modelos publicados nas literaturas anteriores (Rinaldi et al., 2022). Comparando com uma análise mais tradicional, esta abordagem não será mais estruturada e replicável?

A QI deste estudo refere-se, portanto, à análise dos tipos e níveis de riscos associados à CA, comparando de diferentes métodos utilizados para avaliar o risco de uma CA, presentes em diversos estudos.

Para responder a esta questão, é registado um conjunto abrangente de informações pormenorizadas para cada estudo analisado e é proposto um esquema de classificação. Assim, nos subcapítulos seguintes serão adotados alguns campos de classificação específicos para avaliar expressamente a utilidade dos modelos disponíveis para a GRCA e avaliação do risco.

2.1. Processo de Seleção

Neste estudo, de modo a cobrir as literaturas mais relevantes sobre o tema em questão, obtivemos artigos das principais bases de dados de revistas da forma mais abrangente possível. Esta seleção foi feita em 5 passos (Yang et al., 2023).

Em primeiro lugar, este estudo utilizou como referência uma base de dados acadêmica, nomeadamente, Science Direct.

Em segundo lugar, definimos os termos de pesquisa. As palavras-chave utilizadas na pesquisa foram "risk evaluation", "supply chain" e "risk management".

Em terceiro lugar, para incluir totalmente os artigos revistos sobre os tópicos-alvo, o âmbito de pesquisa deste estudo não teve em conta os limites de tempo de publicação e limitou a data final da pesquisa de artigos a 30 de abril de 2023. Resumindo, recolhemos todos os artigos sobre avaliação de risco numa CA publicados na base de dados mencionada anteriormente a 30 de abril de 2023. O número de artigos visados ascendeu a 11.500 artigos.

Em quarto lugar, para obter uma maior relevância e compreensão, foram selecionados apenas artigos escritos em inglês, português e publicados em revistas internacionais, excluindo artigos de conferências, livros didáticos, teses e outros tipos de artigos. Para garantir que obtivemos todos os estudos relevantes para o nosso tema, não foram colocadas restrições nas listas de revistas, independentemente da revista em que um artigo foi publicado. Esta abordagem de seleção reduziu o número de artigos recolhidos para 8.500.

Em quinto lugar, filtramos os artigos seguindo vários critérios diferentes. Examinámos os resumos e as palavras-chave para determinar se abrangiam os tópicos de GRCA, incluindo modelos de avaliação de risco da CA. O artigo é excluído se não satisfizer estes critérios de filtragem. Também avaliámos cuidadosamente a lista de referências dos artigos pré-selecionados e garantimos que nenhum artigo relevante foi omitido. O conteúdo de cada artigo foi minuciosamente revisto para garantir que tinha sido estudado num ambiente de GRCA, 87 artigos foram mantidos.

A fig.1 expressa o resumo do processo de seleção.

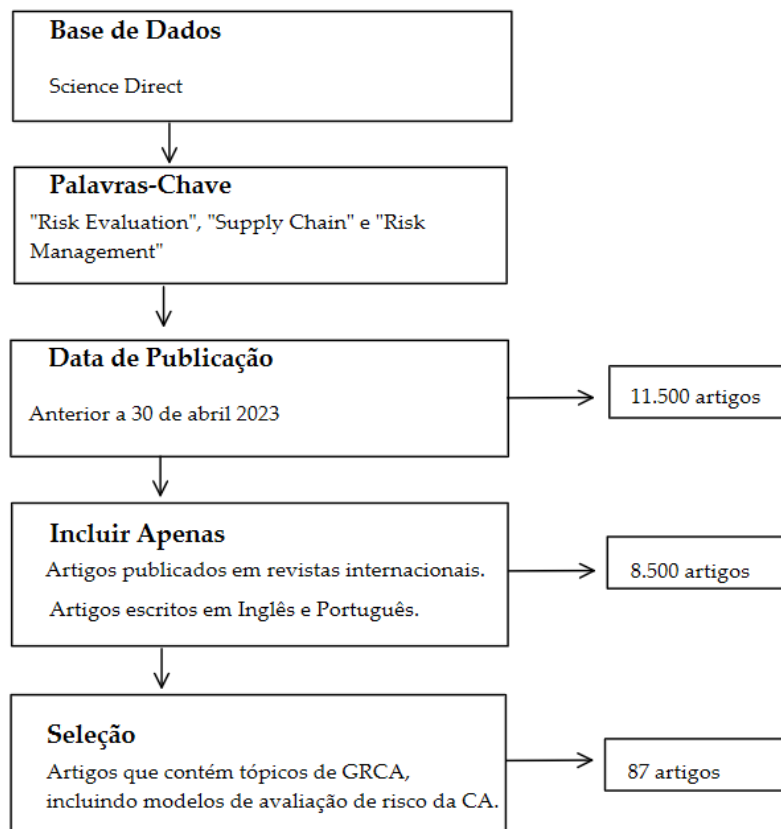


Figura 1 - Processo de Seleção

2.2. Análise Descritiva

De modo a apresentar mais claramente os 87 artigos selecionados para este estudo, realizamos uma análise descritiva das publicações por anos de publicação, categoria de investigação e método de avaliação de risco.

2.2.1. Publicações por anos

Como mencionado anteriormente, foram selecionados 87 artigos na nossa análise que foram publicados ao longo de um período de 12 anos (2012-2023). Embora os conceitos de cadeia de abastecimento e avaliação de risco tenham surgido há imensos anos, a maioria dos artigos gerados neste tema foram em 2022. Estes conceitos já eram familiares desde o século XX, no entanto, só recentemente estão a ser estudados com pormenor e utilizados na GRCA (Powell et al., 2016). A GRCA é um tema de relevância mundial, o interesse por este tema

tem vindo a aumentar exponencialmente, principalmente após a pandemia do COVID-19 (Rinaldi et al., 2022).

Anos	Nr de Artigos
2012	1
2013	1
2014	1
2015	4
2016	5
2017	4
2018	4
2019	5
2020	10
2021	17
2022	19
2023	16
Total	87

Tabela 1 - Número de artigos Publicados Anualmente

Como mostra a tabela 1, o primeiro artigo de investigação publicado em revistas internacionais sobre a avaliação de risco numa CA foi publicado em 2012.

Desde 2015, o ritmo de artigos publicados e investigações realizadas aumentou gradualmente, mostraram uma tendência de um rápido crescimento do número de artigos ligados a este tema. Esta análise mostra o quão relevante tem sido a avaliação do risco para a CA e o quão diversificado consegue ser.

De notar que em 2023 o número de artigos observados já é elevado e apenas estão a ser considerados os artigos publicados até 30 de abril de 2023. Os anos de 2020 a 2023 registaram o maior número de artigos publicados para este tema, com cerca de 70% do peso total dos artigos até à atualidade.

2.2.2. Categoria de investigação (CI)

A análise das categorias de investigação abordadas nesta tese pode ajudar os investigadores a compreender com maior rigor a situação histórica da investigação neste domínio. Entendemos com a CI qual o risco e tema a ser

estudado. Alguns artigos têm mais do que uma problemática, no entanto, na tentativa de ser mais exata a análise, apenas foi atribuída uma CI por artigo. A categoria atribuída foi a que nos pareceu mais aprofundada e mais relevante para análise.

Categoria de Investigação	Nr de Artigos
Catástrofes	17
Ambientais	13
Tecnológico	13
Qualidade	11
Logísticos	10
Oferta	7
Operacional	6
Sustentabilidade	5
Localização	2
Procura	2
Políticos	1
Total	87

Tabela 2 - Categorias de Investigação por Publicação

As especificidades das CI são apresentadas na tabela 2. Risco numa CA pode existir em todas as atividades comerciais e as empresas da CA são interdependentes, ou seja, ocorrendo uma crise numa empresa da CA, esta pode propagar-se e afetar outras empresas. A avaliação de risco e a CA estão diretamente relacionadas, portanto realizar uma avaliação de risco eficiente leva a melhores resultados para toda a CA (Yao et al., 2023).

Neste caso, observamos que a CI está mais direcionada para Catástrofes, Ambientais e Tecnológico, uma vez que estas categorias são as com maior expressão na nossa análise.

Quando mencionamos “catástrofe” referimo-nos a eventos ou situações que causam danos significativos, destruição e sofrimento generalizado em uma determinada área ou para uma determinada população. Esses eventos são frequentemente repentinos, imprevisíveis e têm um impacto severo nas pessoas,

infraestruturas, meio ambiente e economia (Rafliana et al., 2022). Nas CI de Catástrofes inserem-se todas as referências que investigam o tema relacionado com desastres naturais, doenças críticas, situações de pandemia, crises de pobreza e de habitação, causadas por catástrofes.

Enumeramos como CI Ambientais todos os temas relacionados com riscos alimentares, agricultura, temperatura e poluição. Recentes publicações conduzidas revelam que a inovação ambiental é extremamente desafiante e que tem como principal objetivo reduzir o risco associado ao ambiente (Lenderink et al., 2022). O conceito de risco ambiental refere-se à possibilidade de ocorrência de danos adversos ao meio ambiente devido à exposição a ameaças ou perigos ambientais. Esses riscos podem resultar de atividades humanas, como indústria, agricultura, urbanização, mineração, transporte, bem como de eventos naturais, como mudanças climáticas.

CI tecnológico incorpora todas as referências que mencionam GRCA baseada em inovação tecnológica, Blockchain, IA, ML e DM. Também de mencionar que foram incluídas nesta CI as publicações que mencionam como risco principal os *ciberataques* e risco tecnológico. Risco tecnológico define-se como a possibilidade de ocorrência de danos ou consequências negativas associadas ao uso ou desenvolvimento de tecnologias, processos industriais, produtos químicos e outros sistemas tecnológicos. Esses riscos estão relacionados às potenciais falhas, acidentes, vazamentos, exposição a substâncias perigosas e outras situações que podem causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou à infraestrutura (Mouratidis et al., 2023).

2.2.3. Método de Avaliação de Risco (MAR)

Como é possível verificar na tabela 3, os métodos de avaliação de risco utilizados conseguem ser bastante diversificados. Existe diversidade porque diferentes problemas carecem de diferentes soluções. Por vezes fará mais sentido

analisar um problema numa perspetiva matemática, por exemplo, noutras situações poderemos ter de recorrer à Análise de Cenários. A diversidade dos modelos também pode ser associada quanto à atividade específica de cada empresa e à indústria, uma vez que o modelo utilizado por cada empresa deve ser adaptado aos seus riscos inerentes.

Método de Avaliação de Risco	Nr de Artigos
Análise de Cenários	32
Matemáticos	17
Probabilístico	11
Fuzzy	9
Otimização	9
Empírico	4
Híbrido	3
Meta-Heurísticos	2
Total	87

Tabela 3 - Métodos de Avaliação de Risco por Publicação

O modelo com maior expressão é a Análise de Cenários. Este modelo é muito utilizado porque permite a análise de mais do que uma possibilidade e diferentes variáveis. Como já foi abordado na revisão de literatura, este modelo de avaliação de risco tem características quantitativas e qualitativas. O modelo de Análise de Cenários tem o propósito de explorar diferentes alternativas e o impacto das mesmas (Daniele et al., 2022). Estes modelos são particularmente eficazes quando estamos a considerar interações complexas de nível macroeconómico e todos os fatores que o afetam, evitam o pensamento incremental, evidenciam pressupostos e revelam pontos inexplorados (Knight et al., 2020).

De destacar o número de artigos que estudam ou utilizam MAR matemáticos e probabilísticos. Estes MAR matemáticos e probabilísticos são utilizados em diversas áreas, como finanças, segurança, engenharia, saúde, entre outras. A escolha do método depende do contexto e dos objetivos da análise de risco. É importante considerar as limitações e as suposições subjacentes de cada método ao aplicá-los (Qazi et al., 2017).

3. Resultados

Na secção de resultados, vamos confrontar as CI e os MAR mais relevantes que identificamos na nossa seleção. Começamos por mencionar as estratégias para a GRCA, onde respondemos à nossa QI, ao compreender os riscos identificados e, posteriormente, analisarmos as vias de solução para os desafios da atualidade.

Concluimos a secção com uma visão global dos modelos para avaliar o risco nas CA, retendo os aspetos relevantes para uma discussão crítica.

3.1. Estratégias para GRCA

De todas as CI, as catástrofes foram os que mais se destacaram com o maior número de artigos de investigação, o motivo para tal ênfase neste tema deve-se às recentes tragédias que ocorreram no planeta, como os constantes desastres naturais, COVID-19, ondas de calor, aquecimento global, entre outros. Cada vez é mais relevante estar preparado para uma eventual catástrofe, saber como lidar com essa situação e ter um plano de contingência.

Como é possível de verificar pela figura 2 e pela tabela 4, em anexo, estas referências mostraram que os modelos de avaliação de risco mais utilizados para investigar o risco de catástrofes foram modelos de análise de cenários (8) e modelos probabilísticos (5).

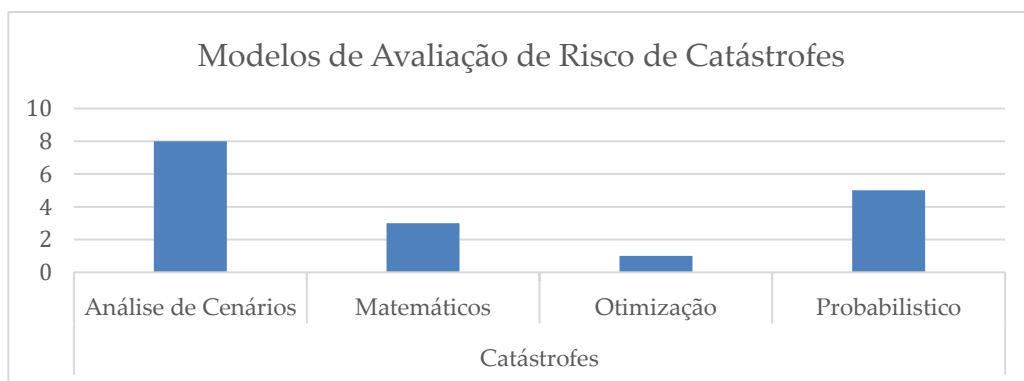


Figura 2 - Modelos de Avaliação de Risco de Catástrofes

Cada caso de catástrofe consegue ser completamente diverso do anterior, portanto há uma grande imprevisibilidade instalada quando falamos em catástrofes (Freddi et al., 2021). Como mencionado anteriormente, a análise de cenários é um modelo que revela ser extremamente eficaz em situações de complexas de nível macroeconómico. Os modelos probabilísticos também conseguem ter um papel interessante na avaliação do risco de catástrofes porque este tipo de modelo utiliza dados históricos, estatísticas e técnicas de probabilidade para estimar a probabilidade de ocorrência de diferentes tipos de catástrofes e avaliar seus impactos potenciais. Com base nesses dados, o modelo calcula a probabilidade de ocorrência de eventos específicos e estima os possíveis danos e consequências associados a esses eventos (Papanagnou et al., 2022).

Também é importante perceber que as questões ambientais se tornaram um enorme problema para muitas cidades em todo o mundo. As pressões ambientais são cada vez maiores, desde a redução das emissões até à prevenção da poluição, Zhou et al., 2021 sublinha a necessidade de equilibrar o progresso económico com a preocupação com o ambiente. Com a análise dos dados na tabela 4, percebemos que, mais uma vez, os modelos mais procurados pelos investigadores para analisar este tema são a análise de cenários (4), modelos probabilísticos (3) e matemáticos (3).

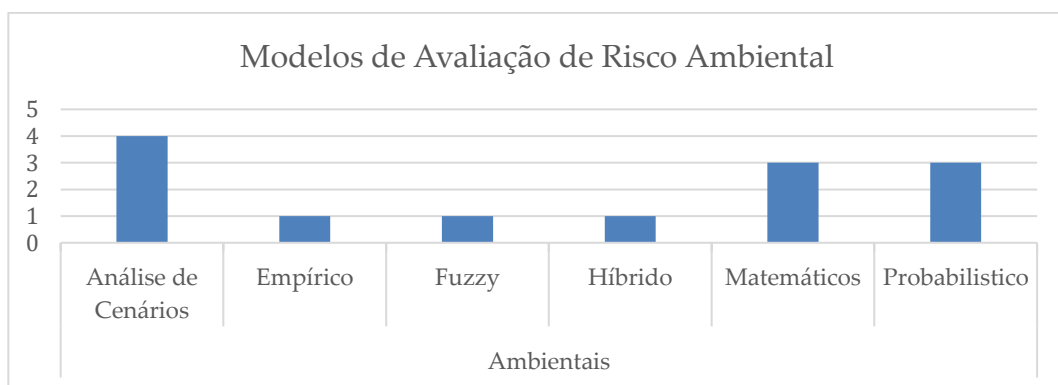


Figura 3 - Modelos de Avaliação de Risco Ambiental

Sendo este tipo de risco condicionado por a situação em que se insere, como a localização, a cultura, entre outros, é natural que seja analisado maioritariamente

por modelos que conseguem analisar várias hipóteses e avaliar os potenciais impactos de cada cenário e a probabilidades de ocorrência.

Riscos tecnológicos normalmente resultam da falta de supervisão empresarial e da aplicação insuficiente de conhecimentos atualizados na gestão do risco associado (Krausmann & Necci, 2021). Da nossa base de dados é possível verificar que para esta avaliar o risco tecnológico o modelo mais utilizado é a análise de cenários (5), figura 4 e tabela 4.

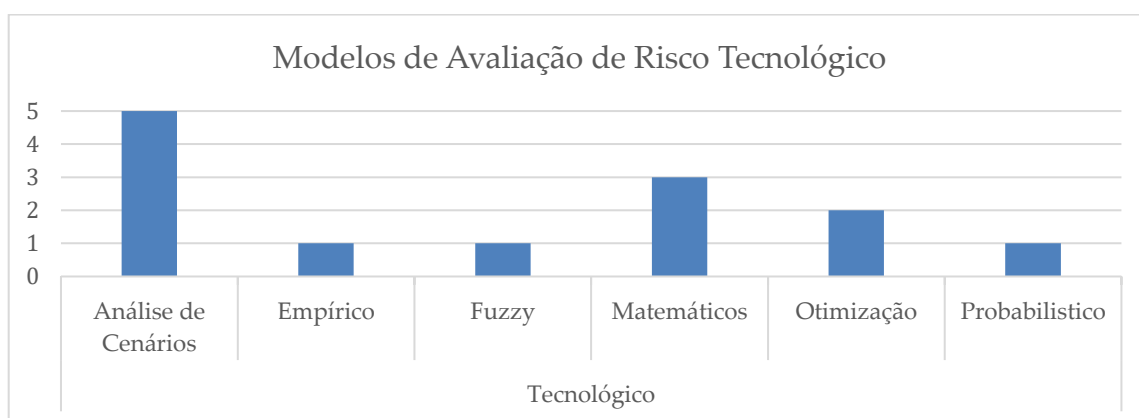


Figura 4 - Modelos de Avaliação de Risco Tecnológico

Esta figura permite-nos entender que o risco tecnológico é também avaliado com base em alguns modelos matemáticos. No entanto, numa análise global deste risco, percebemos que é eficaz avaliar o risco com base numa análise de cenários uma vez que pode destacar questões e problemas que não estavam a ser analisados através dos métodos mais práticos.

3.2. Desafios e Soluções

Exploramos os desafios comuns enfrentados por empresas e indivíduos em diversas áreas da atualidade e apresentamos soluções possíveis para superar esses desafios. No decorrer deste estudo, ao analisarmos as CI e os MAR mencionados nos 87 artigos alvo de revisão de literatura, conseguimos retirar uma ampla gama de desafios, principalmente ligados a questões de

vulnerabilidade a interrupções da CA, questões empresariais e avanço tecnológico na GRCA, como é possível ver na figura 5 e, em anexo, na tabela 5.

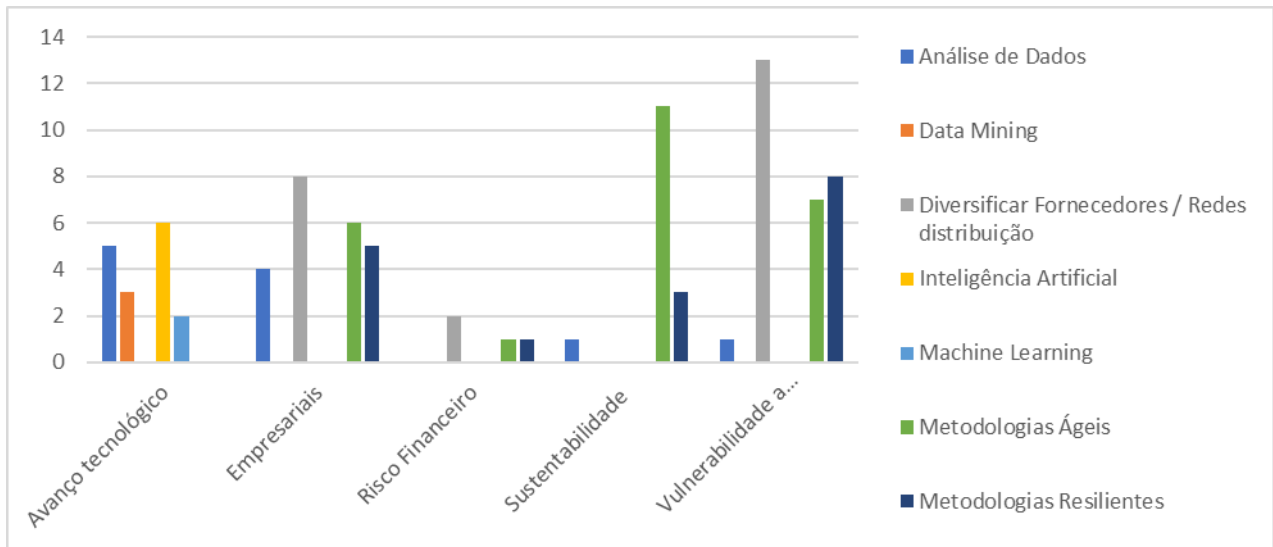


Figura 5- Soluções para Desafios por Artigo

Um grande desafio que observamos na gestão das CA é a vulnerabilidade a interrupções da CA. Uma CA está sujeita a várias interrupções, como desastres naturais, falhas em fornecedores-chave, instabilidade política e problemas de transporte. Essas interrupções podem levar a atrasos na entrega, escassez de produtos e insatisfação dos clientes. Analisando a figura 5, percebemos que uma solução eficaz é diversificar tanto os fornecedores quanto as redes de distribuição (Chen et al., 2021). Isso envolve identificar fornecedores alternativos que possam ser acionados em caso de interrupções e estabelecer relacionamentos sólidos com eles. Além disso, ter várias localizações de armazenamento e distribuição ajuda a reduzir o impacto de interrupções em uma única região (Carvalho et al., 2022).

Esta solução de diversificação também seria oportuna para resolver desafios de gestão de risco financeiro e empresariais, uma vez que as empresas estão sujeitas a flutuações nos preços de matérias-primas, variações cambiais e problemas de pagamento por parte dos clientes.

Uma gestão empresarial eficaz é crucial para o sucesso de uma organização. Desafios de concorrência competitiva, sustentabilidade, qualidade dos recursos,

recursos limitados e logísticos, surgem constantemente nas referências analisadas (Tabela 2). Uma solução é a adoção de metodologias ágeis (Riquelme-Medina et al., 2022), que enfatizam a colaboração, flexibilidade e iterações frequentes para enfrentar esses desafios.

Outro desafio comum com o qual nos deparamos foi o avanço da tecnologia e da era digital. As empresas enfrentam uma série de desafios, como concorrência, adaptação a novas tendências e segurança de dados. Uma solução para esses desafios é investir em inovação e na transformação digital, adotando tecnologias emergentes, como IA, a análise de dados, DM e ML (Dwivedi et al., 2023).

É importante lembrar que cada desafio exige abordagens personalizadas e adaptáveis. Ao aplicar as soluções discutidas neste capítulo, é possível aumentar as chances de superar obstáculos e alcançar o sucesso em diversas áreas.

4. Conclusão

Devido à incerteza da procura e à globalização, as CA atuais são propensas a riscos incertos e a perturbações. Para além disso, a pandemia do COVID-19 e o conflito na europa, entre a Rússia e a Ucrânia, expuseram as empresas a nível mundial a muitas complexidades e desafios, especialmente nos mercados emergentes (Karmaker et al., 2023). Tendo em conta esta realidade, é essencial para qualquer negócio conseguir identificar e avaliar quais os riscos a que estão sujeitos.

Para auxiliar a decisão nestes momentos de incerteza, o nosso estudo focou-se em realizar uma revisão de literatura sistemática de uma extensa lista de 87 artigos sobre GRCA, que destacam múltiplos métodos de avaliação de risco, publicados anteriormente a 30 de abril de 2023, escritos em inglês e português, para responder à QI. Primeiro, a abordagem foi centrada em selecionar os artigos que cumprem os critérios de seleção supramencionados. Em segundo lugar, utilizámos uma abordagem baseada em citações e em texto, para identificar a nossa amostra final de 87 artigos que abordam o tema numa ótica de CA e usam métodos quantitativos ou qualitativos para avaliar risco.

Através desta análise dos resultados verificamos que há uma tendência de utilizar a análise de cenários com maior frequência e que esta pode coincidir com diversas CI. Os MAR destacam também os modelos matemáticos e probabilísticos por acompanharem também com distinção quase todas as CI identificadas.

Outra tendência que podemos identificar deste trabalho é que existe um crescimento notório por questões relacionadas com as inovações tecnológicas. Os *ciberataques* também são um risco das CA cada vez mais presente nas infraestruturas críticas e com um impacto em quase todos os aspetos da nossa

vida quotidiana, incluindo transportes, cuidados de saúde, energia elétrica e fabrico avançado.

Na nossa opinião, é importante reconhecer que o comportamento organizacional influencia o risco de forma significativa, mesmo quando falamos de perigos naturais, “atos de deus”, que não podemos controlar, é possível estar mais bem preparados e diminuir os impactos do mesmo.

Com este trabalho, estabelecemos uma definição abrangente dos diversos métodos de avaliação do risco nas CA, esperando inspirar estudos mais rigorosos nos seus múltiplos níveis de análise.

4.1. Limitações

Apesar do nosso esforço para tentar justificar todos os passos da análise, ainda foi possível identificarmos algumas limitações presentes neste estudo. Primeiro, os artigos analisados neste estudo foram limitados a estudos publicados até aos dias de hoje, este período é relativamente longo e pode não ser aplicável para estudos mais atuais, uma vez que as conclusões retiradas podem enviesar tópicos emergentes. No entanto, o objetivo deste estudo é ter uma visão holística, em que fosse possível comparar diferentes modelos de GRCA e retirar conclusões sobre os mesmos. Portanto, consideramos um período mais longo o mais apropriado. Segundo, os artigos analisados apenas foram retirados de uma base de dados, ou seja, podem não estar a analisar todos os artigos relevantes para o tema.

Por último, a nossa base de dados limita cada artigo a uma CI e a um MAR, o que pode criar alguns dados incompletos e não ser totalmente exato.

O estudo tem algumas limitações que podem ser ultrapassadas em futuras tentativas de investigação.

4.2. Investigação Futuras

Nesta secção, apontamos as potenciais direções de investigação futuras. Apesar das várias e diferentes abordagens identificadas neste artigo, conseguimos identificadas lacunas de investigação relevantes que podem ser escrutinadas em futuras análises.

Este estudo também fornece várias direções para a investigação futura. Em primeiro lugar, no futuro, podem ser consideradas mais bases de dados para refletir o panorama geral. Em segundo lugar, esta abordagem também poderia ser mais específica numa determinada indústria ou numa empresa, onde as conclusões seriam mais objetivas e práticas. Em terceiro lugar, os investigadores têm dado mais atenção às perturbações da CA, mas poucos estudos focam na CA numa emergência, em momentos como o COVID-19 ou clima instável com a guerra entre Rússia e Ucrânia. Por último, poderia ser interessante analisar modelos de avaliação de risco mais atuais, como modelos que recorrem a IA, uma vez que a IA tem demonstrado um grande potencial de desenvolvimento em várias áreas (Deiva Ganesh & Kalpana, 2022). Criar modelos de avaliação de risco que se ajustam às circunstâncias em que as empresas se encontram e aprendem com os erros tornaria a GRCA mais eficiente e preventiva.

Assim, os futuros investigadores podem utilizar esta abordagem proposta para investigar para realizar um estudo mais abrangente.

Para além de classificar as abordagens disponíveis e identificar as lacunas de investigação, a revisão sistemática clarificou o significado e a importância das noções habitualmente utilizadas na literatura sobre a GRCA.

Referências Bibliográficas

- Axon, C. J., & Darton, R. C. (2021). Measuring risk in fuel supply chains. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 1663–1676. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.09.011>
- Bag, S., Rahman, M. S., Srivastava, G., Chan, H. L., & Bryde, D. J. (2022). The role of big data and predictive analytics in developing a resilient supply chain network in the South African mining industry against extreme weather events. *International Journal of Production Economics*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108541>
- Berger, N., Schulze-Schwering, S., Long, E., & Spinler, S. (2022). Risk management of supply chain disruptions: An epidemic modeling approach. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.05.018>
- Bogataj, D., & Bogataj, M. (2007). Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space. *International Journal of Production Economics*, 108(1–2), 291–301. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.12.017>
- Carvalho, H., Naghshineh, B., Govindan, K., & Cruz-Machado, V. (2022). The resilience of on-time delivery to capacity and material shortages: An empirical investigation in the automotive supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 171, 108375. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108375>
- Chen, Q., García de Soto, B., & Adey, B. T. (2021). Supplier-contractor coordination approach to managing demand fluctuations of ready-mix concrete. *Automation in Construction*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103423>
- Chu, C. Y., Park, K., & Kremer, G. E. (2020). A global supply chain risk management framework: An application of text-mining to identify region-

- specific supply chain risks. *Advanced Engineering Informatics*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101053>
- Daniele, B. C., Barbara, S., Isabel, B., & Alberto, G. (2022). Analysis of perceived robustness, adaptability and transformability of Spanish extensive livestock farms under alternative challenging scenarios. *Agricultural Systems*, 202. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103487>
- Deiva Ganesh, A., & Kalpana, P. (2022). Future of artificial intelligence and its influence on supply chain risk management – A systematic review. *Computers and Industrial Engineering*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108206>
- Dwivedi, Y. K., Sharma, A., Rana, N. P., Giannakis, M., Goel, P., & Dutot, V. (2023). Evolution of artificial intelligence research in Technological Forecasting and Social Change: Research topics, trends, and future directions. *Technological Forecasting and Social Change*, 192. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122579>
- Er Kara, M., Oktay Firat, S. Ü., & Ghadge, A. (2020). A data mining-based framework for supply chain risk management. *Computers and Industrial Engineering*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.12.017>
- Freddi, F., Galasso, C., Cremen, G., Dall'Asta, A., Di Sarno, L., Giaralis, A., Gutiérrez-Urzúa, F., Málaga-Chuquitaype, C., Mitoulis, S. A., Petrone, C., Sextos, A., Sousa, L., Tarbali, K., Tubaldi, E., Wardman, J., & Woo, G. (2021). Innovations in earthquake risk reduction for resilience: Recent advances and challenges. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102267>
- Govindan, K., & Fattahi, M. (2017). Investigating risk and robustness measures for supply chain network design under demand uncertainty: A case study of glass supply chain. *International Journal of Production Economics*, 183, 680–699. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.09.033>

- Gupta, S., Bag, S., Modgil, S., Beatriz Lopes de Sousa Jabbour, A., & Kumar, A. (2022). Examining the influence of big data analytics and additive manufacturing on supply chain risk control and resilience: An empirical study. *Computers and Industrial Engineering*, 172. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108629>
- Gupta, S., Modgil, S., Kumar, A., Sivarajah, U., & Irani, Z. (2022). Artificial intelligence and cloud-based Collaborative Platforms for Managing Disaster, extreme weather and emergency operations. *International Journal of Production Economics*, 254. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108642>
- Habani, M. A., & Kamaruddin, S. (2021). REVIEW OF INTERNATIONAL GEOGRAPHICAL EDUCATION Supply Chain Risk Management Strategies and Business Performance: A Conceptual Framework. *Review of International Geographical Education (RIGEO)*, 11(7), 2021. <https://doi.org/10.48047/rigeo.11.07.363>
- Heckmann, I., Comes, T., & Nickel, S. (2015). A critical review on supply chain risk - Definition, measure and modeling. In *Omega (United Kingdom)* (Vol. 52, pp. 119–132). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.10.004>
- Karmaker, C. L., Aziz, R. Al, Palit, T., & Bari, A. B. M. M. (2023). Analyzing supply chain risk factors in the small and medium enterprises under fuzzy environment: Implications towards sustainability for emerging economies. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 2(1), 100032. <https://doi.org/10.1016/j.stae.2022.100032>
- Knight, L., Meehan, J., Tapinos, E., Menzies, L., & Pfeiffer, A. (2020). Researching the future of purchasing and supply management: The purpose and potential of scenarios. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 26(3). <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2020.100624>
- Kraude, R., Narayanan, S., & Talluri, S. (2022). Evaluating the performance of supply chain risk mitigation strategies using network data envelopment

- analysis. *European Journal of Operational Research*, 303(3), 1168–1182.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.03.016>
- Krausmann, E., & Necci, A. (2021). Thinking the unthinkable: A perspective on Natech risks and Black Swans. *Safety Science*, 139.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105255>
- Lenderink, B., Halman, J. I. M., Boes, J., Voordijk, H., & Dorée, A. G. (2022). Procurement and innovation risk management: How a public client managed to realize a radical green innovation in a civil engineering project. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 28(1).
<https://doi.org/10.1016/j.pursup.2022.100747>
- Mouratidis, H., Islam, S., Santos-Olmo, A., Sanchez, L. E., & Ismail, U. M. (2023). Modelling language for cyber security incident handling for critical infrastructures. *Computers and Security*, 128.
<https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103139>
- Oliveira, F. N. de, Leiras, A., & Ceryno, P. (2019). Environmental risk management in supply chains: A taxonomy, a framework and future research avenues. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 232, pp. 1257–1271). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.032>
- Papanagnou, C., Seiler, A., Spanaki, K., Papadopoulos, T., & Bourlakis, M. (2022). Data-driven digital transformation for emergency situations: The case of the UK retail sector. *International Journal of Production Economics*, 250.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108628>
- Powell, J. H., Mustafee, N., Chen, A. S., & Hammond, M. (2016). System-focused risk identification and assessment for disaster preparedness: Dynamic threat analysis. *European Journal of Operational Research*, 254(2), 550–564.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.04.037>
- Qazi, A., Quigley, J., Dickson, A., & Ekici, Ş. Ö. (2017). Exploring dependency based probabilistic supply chain risk measures for prioritising

- interdependent risks and strategies. *European Journal of Operational Research*, 259(1), 189–204. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.10.023>
- Rafliana, I., Jalayer, F., Cerase, A., Cugliari, L., Baiguera, M., Salmanidou, D., Necmioğlu, Ö., Ayerbe, I. A., Lorito, S., Fraser, S., Løvholt, F., Babeyko, A., Salgado-Gálvez, M. A., Selva, J., De Risi, R., Sørensen, M. B., Behrens, J., Aniel-Quiroga, I., Del Zoppo, M., ... Hancilar, U. (2022). Tsunami risk communication and management: Contemporary gaps and challenges. In *International Journal of Disaster Risk Reduction* (Vol. 70). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102771>
- Rinaldi, M., Murino, T., Gebennini, E., Morea, D., & Bottani, E. (2022). A literature review on quantitative models for supply chain risk management: Can they be applied to pandemic disruptions? *Computers and Industrial Engineering*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108329>
- Riquelme-Medina, M., Stevenson, M., Barrales-Molina, V., & Llorens-Montes, F. J. (2022). Coopetition in business Ecosystems: The key role of absorptive capacity and supply chain agility. *Journal of Business Research*, 146, 464–476. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.03.071>
- ur Rehman, A., Shakeel Sadiq Jajja, M., & Farooq, S. (2022). Manufacturing planning and control driven supply chain risk management: A dynamic capability perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102933>
- Warasthe, R., Brandenburg, M., & Seuring, S. (2022). Sustainability, risk and performance in textile and apparel supply chains. In *Cleaner Logistics and Supply Chain* (Vol. 5). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100069>
- Wicaksana, A., Ho, W., Talluri, S., & Dolgui, A. (2022). A decade of progress in supply chain risk management: risk typology, emerging topics, and research collaborators. In *International Journal of Production Research* (Vol. 60, Issue 24,

pp. 7155–7177). Taylor and Francis Ltd.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2077672>

Yang, M., Lim, M. K., Qu, Y., Ni, D., & Xiao, Z. (2023). Supply chain risk management with machine learning technology: A literature review and future research directions. *Computers and Industrial Engineering*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108859>

Yao, Q., Fan, R., Chen, R., & Qian, R. (2023). A model of the enterprise supply chain risk propagation based on partially mapping two-layer complex networks. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 613, 128506. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2023.128506>

Zamar, D. S., Gopaluni, B., Sokhansanj, S., & Newlands, N. K. (2017). A quantile-based scenario analysis approach to biomass supply chain optimization under uncertainty. *Computers and Chemical Engineering*, 97, 114–123. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.11.015>

Zamboni, M., Marcos, A. I., Valadares De Oliveira, P., Hélio, I., Filho, Z., Desouza, K. C., & Santos Ceryno, P. (n.d.). ARTIGOS | SUA CADEIA DE SUPRIMENTOS ESTÁ PREPARADA PARA A PRÓXIMA INTERRUPÇÃO? CONSTRUINDO CADEIAS RESILIENTES.

Zhou, Y., Han, J., Li, J., Zhou, Y., Wang, K., & Huang, Y. (2021). Building resilient cities with stringent pollution controls: A case study of robust planning of Shenzhen City's urban agriculture system. *Journal of Cleaner Production*, 311. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127452>

Anexos

Categoria de Investigação	Modelo de Avaliação de Risco	Nr de Artigos
Catástrofes	Análise de Cenários	8
	Matemáticos	3
	Otimização	1
	Probabilístico	5
Ambientais	Análise de Cenários	4
	Empírico	1
	<i>Fuzzy</i>	1
	Híbrido	1
	Matemáticos	3
	Probabilístico	3
Tecnológico	Análise de Cenários	5
	Empírico	1
	<i>Fuzzy</i>	1
	Matemáticos	3
	Otimização	2
	Probabilístico	1
Qualidade	Análise de Cenários	6
	Matemáticos	2
	Otimização	3
Logísticos	Análise de Cenários	2
	<i>Fuzzy</i>	2
	Matemáticos	4
	Meta-Heurísticos	1
	Probabilístico	1
Oferta	Análise de Cenários	3
	<i>Fuzzy</i>	2
	Matemáticos	1
	Meta-Heurísticos	1
Operacional	Análise de Cenários	1
	<i>Fuzzy</i>	1
	Híbrido	1
	Otimização	2
	Probabilístico	1
Sustentabilidade	Análise de Cenários	1
	Empírico	2
	<i>Fuzzy</i>	1
	Otimização	1
Procura	Análise de Cenários	1
	<i>Fuzzy</i>	1
Localização	Híbrido	1
	Matemáticos	1

Políticos	Análise de Cenários	1
Total		87

Tabela 4 - Distribuição de MAR por CI

Desafios	Soluções	Nr de Artigos
Vulnerabilidade a interrupções da CA	Análise de Dados	1
	Diversificar Fornecedores / Redes distribuição	13
	Metodologias Ágeis	7
	Metodologias Resilientes	8
		29
Empresariais	Análise de Dados	4
	Diversificar Fornecedores / Redes distribuição	8
	Metodologias Ágeis	6
	Metodologias Resilientes	5
		23
Avanço tecnológico	Análise de Dados	5
	<i>Data Mining</i>	3
	Inteligência Artificial	6
	<i>Machine Learning</i>	2
		16
Sustentabilidade	Análise de Dados	1
	Metodologias Ágeis	11
	Metodologias Resilientes	3
		15
Risco Financeiro	Diversificar Fornecedores / Redes distribuição	2
	Metodologias Ágeis	1
	Metodologias Resilientes	1
		4
Total		87

Tabela 5 - Desafios e Soluções por Artigo