



XIV Congresso Brasileiro
de Pontes e Estruturas

Gestão de Riscos na Construção Civil: Estudo de Aplicabilidade da Metodologia Bowtie

Hudson Emilio Arantes Assunção, Claudia Maria Arcipreste, Irce Fernandes Gomes Guimarães

¹ Universidade Federal de Ouro Preto/ Mecon – Mestrado Profissional em Engenharia das Construções/
HUDSON.ASSUNCAO@ALUNO.UFOP.EDU.BR

² Universidade Federal de Ouro Preto/ Mecon – Mestrado Profissional em Engenharia das Construções/
CLAUDIAARCIPESTE@UFOP.EDU.BR

³ Universidade Federal de Ouro Preto/ Mecon – Mestrado Profissional em Engenharia das Construções/
IRCE@UFOP.EDU.BR

Resumo

O presente estudo tem como objetivo apresentar e discutir a aplicabilidade da metodologia de gestão de riscos *Bowtie* na indústria da construção civil. Geralmente este recurso é muito utilizado em indústrias de óleo e gás, porém acredita-se que tem potencialidade para ser inserido em outros setores. Neste sentido, apresenta-se neste estudo uma pesquisa de caráter exploratório embasada em revisão bibliográfica para verificar o potencial e aplicabilidade desta metodologia, partindo-se da apresentação, de modo simplificado, do processo de seleção dos riscos, identificação de barreiras e impactos e, ainda, ações mitigadoras. Os resultados visualizados pela revisão de literatura foi que não existe um consenso sobre qual estrutura seria a mais adequada para o gerenciamento dos riscos. O gerenciamento dos riscos é um assunto estratégico para qualquer empresa, independentemente do segmento, mas na indústria da construção civil é fundamental.

Palavras-chave

Gerenciamento de riscos; Bowtie; Indústria da construção civil; Gerenciamento de processos.

Introdução

O mercado da construção civil constituiu-se de forma heterogênea, acompanhando a história da humanidade. Com o aumento da complexibilidade das relações humanas, a indústria da construção foi se consolidando como uma das áreas indispensáveis para a vida em comunidade (OLIVEIRA, 2021). Porém, a ocorrência de acidentes neste setor é uma das preocupações permanentes, o que justifica um aprofundamento no processo de gestão de riscos.

No Brasil, sérios acidentes, que deixaram grandes prejuízos, dentre eles podem ser destacados, como o acidente do colapso da laje do galpão do parque de exposições da Gameleira em Belo Horizonte que ocorreu em 1971 e deixou 69 mortos e 100 feridos apresentado por Bruin (2018); o colapso estrutural de um viaduto na marginal Pinheiros, descrito por Quintella e Rosário (2018); e ainda os problemas decorrentes da falha no Viaduto dos Guararapes em Belo Horizonte, em meio a uma Copa do Mundo, onde ocorreram duas mortes, conforme reportagem de Zuba (2022). Todos esses casos acarretaram maiores cuidados com a gestão de riscos.

Por outro lado, as indústrias de óleo e gás e o setor da aviação civil comercial também são setores historicamente marcados por acidentes catastróficos ocorridos durante os processos de exploração ou produção. Com este cenário, foi necessária a adoção de metodologias que permitissem o

acompanhamento dos riscos, buscando-se formas de evitar ou atenuar as consequências caso estes se materializassem (SILVESTRE, 2017).

Moreira (2018) apresenta alguns eventos das indústrias de óleo e gás que comprovam a necessidade de uma gestão de riscos eficiente: o caso do navio petroleiro Torrey Canyon que encalhou, em 1967, na costa da Inglaterra e derramou 900 mil barris de petróleo bruto; o caso da plataforma Piper Alpha, que explodiu em 1988 iniciando um incêndio com produção de fumaça tóxica, que ocasionou a morte de 167 funcionários e um prejuízo de US\$ 3,4 bilhões de dólares e, ainda, o acidente com o navio petroleiro Exxon Valdez, em 1989, que encalhou próximo ao Alasca e derramou aproximadamente 258 mil barris de petróleo.

Na aviação civil comercial do Brasil também ocorreram diversos incidentes conforme o apresentado por Galán (2016). Em 1996 um Fokker 100 da empresa TAM caiu sobre um bairro residencial em São Paulo deixando 99 mortos; em 2006, nas proximidades da cidade de Peixoto de Azevedo no Mato Grosso, um Boeing 737 colidiu com um avião particular e neste evento ocorreram 154 mortes; em 2007 no aeroporto de Congonhas em São Paulo uma aeronave A320 caiu deixando 199 mortos.

Segundo Oyegoke (2006) as obras e projetos possuem singularidades únicas assim como os riscos que podem se originar de diferentes formas, Uher e Loosemore (2004) afirmam que estas ameaças são complexas, dinâmicas e envolvem vários processos.

Na construção civil isso não é diferente, com o passar dos anos, o crescimento deste setor provocou a valorização de terrenos em áreas urbanas estimulando a especulação imobiliária. Este fator acabou por impulsionar o adensamento populacional, assim a otimização do espaço se tornou necessária ampliando a complexibilidade dos projetos e obras que passaram a adotar vários pavimentos, subsolos, contenções e fundações profundas (NAGANO, 2016).

Kangari (1995) lembra que a construção civil é a indústria mais dinâmica, arriscada e desafiadora, mas também a mais gratificante. O risco é inerente em qualquer processo de construção, normalmente é assumido pelo proprietário do empreendimento, mas também pode ser transferido para outro responsável mediante a uma compensação justa.

Os processos de construção, manutenção e demolição de obras de engenharia envolvem várias atividades que criam o risco de acidentes aos trabalhadores, vizinhança e maquinários. Riscos que podem se materializar durante as atividades de terraplenagem, drenagem, fundações, edificações, urbanização, montagem de estruturas metálicas e de concreto, entre outras (BITTENCOURT, 2017).

Neste ambiente, o processo de gestão de riscos é uma ferramenta extremamente útil para se garantir a conclusão de uma atividade, projeto ou obra de forma satisfatória. Este complexo processo de coordenação de riscos e impactos proporciona ganhos em termos de visibilidade da empresa, meio ambiente, saúde e segurança, previsibilidade dos empreendimentos e ainda nos custos finais de cada projeto.

Neste contexto, este artigo tem como objetivo geral a apresentação dos princípios da gestão de risco de acordo com a metodologia *Bowtie* discutindo a sua aplicação na indústria da Construção Civil, pretende-se expor algumas ferramentas auxiliares de seleção e priorização dos riscos de forma breve e realizar a simulação da metodologia *Bowtie* aplicada a um risco presente na construção civil.

Diante do exposto, coloca-se como questão central:

A metodologia qualitativa de gerenciamento de riscos *Bowtie* poderia ser adotada na indústria da Construção Civil no Brasil?

Metodologia

Como processo de elaboração foram adotadas as orientações de Perovano (2016) após a escolha do tema seguiu-se a realização de levantamento bibliográfico prévio para a construção de uma base de conhecimento que fosse suficiente para a elaboração de uma problemática de pesquisa. (Quadro 1)

Após a realização dos levantamentos de dados elabora-se uma análise sistemática do tema gestão de riscos e a modelagem de um risco utilizando a metodologia *Bowtie*.

Quadro 1: Quadro comparativo das metodologias utilizadas para a gestão de riscos na indústria da construção civil.

Textos Científicos	Autor	Ano	PERT	FMEA	Árvore de Falha	Project definition rating index	Análise Hierárquica Fuzzy	Método de Monte Carlo	Método FOSM	ASCE survey	DELPHI
Risk management perceptions and trends of u.s. construction [13]	ROOZBEH KANGARI	1995								X	
Risk assessment in construction schedules [35]	B. Mulholland and J. Christian	1999	X								
Gestão de riscos na construção de túneis e obras subterrâneas [22]	DAVID ANDRÉ PRATA GOMES	2012			X						
Adequação do Ímea para gerenciamento de riscos em obra de infraestrutura, após a aplicação da análise preliminar de risco na execução de muro de gabião [36]	RENATO PICKLER PATRICIO	2013		X							
Contribuição à gestão de riscos no processo de projeto de incorporadoras de médio porte [37]	FELIPE DE SOUZA PINTO BARRETO PAULO ROBERTO PEREIRA ANDREY	2015				X					
Gestão de risco aplicado a obras de barragem [38]	BERNARDO ELOI KLIMKIEWICZ	2016						X	X		
Priorização de riscos de obras públicas por meio do processo de análise hierárquica fuzzy [39]	LEANDRO MODESTO PRATES BELTRÃO	2017					X				
Identificação de riscos em construtoras e incorporadoras de pequeno e médio porte [40]	LUIGI CARISSIMBOFF	2018				X					
Isomorphism within risk-management practices of the Australian construction industry [41]	JACQUELINE JEPSONA; KONSTANTINOS KIRTOPOULOSB; NICHOLAS CHILESHEC	2020									X
Project definition rating index na identificação de riscos na construção [42]	LUIGI CARISSIMBOFF; CRISTINE DO NASCIMENTO MUTTI	2020				X					
Gerenciamento de riscos em projetos de construção naval [15]	REGINALDO ELEUTERIO ARAUJO; MARCIO HERVE	2021						X			
Impactos da Implementação de Tecnologias de Apoio ao Controle e Gestão da Qualidade: Uma Análise no Canteiro de Obras da Construção Civil [43]	IGOR VINÍCIUS SILVA PAIVA	2022		X							

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Planejamento e gestão de riscos

De acordo com Reihnard (1996). o mercado atual está em constante mudança o que obriga as empresas responderem estas variações de forma ágil, e assim manterem-se competitivas. Para isso, organizações começaram a adotar técnicas de planejamento, coordenação e controle, além do monitoramento do mercado considerando os concorrentes, economia e os aspectos legais, políticos e culturais.

“O objetivo do planejamento é desenvolver previamente uma abordagem para criar os entregáveis do projeto. As entregas do projeto direcionam os resultados que o projeto foi empreendido para alcançar.” (PMI, 2021)

De acordo com Mattos (2019) obras de engenharia necessitam de uma sequência lógica para execução do produto final, assim o período de cada etapa da construção deve obedecer ao tempo necessário para a execução de forma integral. Para isso o planejamento de uma obra obedece a etapas definidas, com prescrições das atividades que são executadas de forma incremental.

Desta forma, a etapa de planejamento de um projeto pode abranger o gerenciamento dos riscos, mas estas atividades são etapas distintas de um mesmo processo, o de gestão de obras e projetos. ARAUJO, HERVE (2022)

Segundo Kangari (1995) ameaças a um projeto não podem ser completamente eliminadas, mas é possível minimizar ou transferir para outro responsável. Neste sentido, o gerenciamento dos riscos é uma importante etapa para as empresas da construção pois influencia em diversos fatores como a produtividade, a qualidade e o custo.

Conforme SZYMAŃSKI (2017) os riscos podem ser divididos em termos de frequência de ocorrência e impactos previstos, analisando conforme a repetitividade pode-se classificá-los como sistemáticos ou específicos. Os perigos sistemáticos independem do controle da organização, já os específicos são relacionados aos projetos da empresa. Como complemento é possível realizar uma classificação segundo o impacto no escopo, onde é possível determinar os riscos fixos que se concentram no sistema econômico e os riscos variáveis que atingem de forma indeterminada a empresa.

Desde 2013 RUPPENTHAL (2013), considera que a análise de riscos pode ser realizada de forma quantitativa ou qualitativa. O processo de identificação dos riscos é complexo e incerto, até mesmo para especialistas.

Conforme o exposto anteriormente é possível notar que em muitos casos a etapa de planejamento acaba por abordar de forma superficial o tema da gestão de riscos através de uma análise qualitativa. Este assunto precisa ser tratado de forma mais aprofundada, a utilização de técnicas e metodologias específicas possibilita o aprimoramento das análises e maior confiabilidade dos resultados.

Riscos operacionais e riscos de processo

Conforme ABNT(2018) o risco é o efeito das incertezas nos objetivos de um empreendimento, pode ser expresso em função das fontes de risco, eventos potenciais, suas consequências e suas probabilidades. Damodaran (2003) apresenta o risco como a probabilidade dos resultados se tornarem opostos aos planejados, sendo capazes de provocar prejuízos ou até oportunidades.

Segundo Hahn e Kuhn (2012) os riscos operacionais podem ser descritos como processos internos inapropriados ou lacunas na gestão interna de atividades, podem ocorrer em função de pessoas, ferramentas, metodologias, procedimentos ou sistemas.

Os riscos operacionais devem ser acompanhados pelas organizações pela possibilidade de perdas inesperadas decorrentes de trabalhos executados de forma incorreta e problemas de gestão. Essas perdas podem originar-se de fatores externos que podem estar ou não no controle da organização.(CHORAFAS, 2004)

Os riscos de processo são apresentados por Ruppenthal (2013) como o mapeamento das possibilidades de falhas nos processos produtivos, essa identificação é fundamental para correção antes da falha, ainda que a possibilidade da falha humana persiste, pois, cada colaborador se organiza e interpreta as situações de maneiras diferentes.

Os riscos do processo estão relacionados com as 'atividades principais' das instalações. Os riscos do processo não são apenas aqueles existentes em processos químicos, mas existem em muitas operações comerciais gerais, tais como armazenagem, indústrias e serviços." (REMONATO, 2020)

Conforme o apresentado por Ruppenthal (2013) o conceito de prevenção evoluiu em paralelo com a racionalidade e a organização das atividades realizadas pela espécie humana, fortalecendo a habilidade da antecipação e reconhecimento dos riscos.

O PMI (2019) apresenta uma classificação segundo o grau de conhecimento de cada risco, Figura 1.

<p>Desconhecido - Conhecido Unknown-Known (Hidden fact)</p> <p>O conhecimento existe na comunidade, mas não com a empresa que trabalha no empreendimento.</p>	<p>Desconhecido - Desconhecido Unknown-Unknown (Emergent risk)</p> <p>Conhecimento não existe dentro da esfera de influência.</p>
<p>Conhecido - Conhecido Known-Known (Facts and requirements)</p> <p>Gerenciado como parte do escopo. Não é um risco.</p>	<p>Conhecido - Desconhecido Known-Unknown (Classic risk)</p> <p>É possível identificar probabilidade e impacto.</p>

Figura 1: Classificação de Risco. Traduzido de PMI (2019)

Fonte: PMI 2019.

Em uma análise inicial pode-se gerar alguma dificuldade em classificar os riscos operacionais e de processo, os riscos operacionais são provenientes de falhas internas da organização como estruturas, sistemas e produtos, os riscos de processos são caracterizados por estarem relacionados às principais atividades da empresa e a pessoas.

O processo de gestão dos riscos

a. Identificação dos riscos

A primeira etapa de implementação do processo de gestão de riscos é a identificação, que possui o intuito de levantar os riscos prováveis e documentar as particularidades de cada um. Esta etapa tem como característica a previsão dos acontecimentos que podem acontecer durante o desenvolvimento do projeto ou obra. (ARAUJO, HERVE, 2022)

Os participantes das atividades de identificação dos riscos podem incluir o gerente do projeto, membros da equipe do projeto, especialista em riscos de projeto (se atribuído), clientes, especialistas no assunto externos à equipe do projeto, usuários finais, outros gerentes de projeto, gerentes de operações, partes interessadas e especialistas em gerenciamento de riscos da organização. (PMI, 2021)

O PMI (2019) apresenta algumas metodologias de identificação como análise de restrições, brainstorming, diagrama de causa e efeito (Ishikawa), lista de checagem, Delphi, revisão de documentos, entre outras. Para elaboração deste artigo serão abordados brevemente apenas os métodos Delphi, árvore de falha, lista de instruções e a análise de suposições e restrições.

De acordo com Almeida (2022) o método *Delphi* é uma ferramenta estruturada que busca consensos em um determinado grupo de especialistas com o objetivo de mapear soluções e ainda facilitar a tomada de decisão. Cada especialista recebe um questionário sobre os temas abordados, em seguida o facilitador estrutura a coleção de respostas e reenvia aos especialistas para análise, este processo se repete até que se haja consenso.

Gomes (2012) apresenta a ferramenta análise de árvores de falhas, que tem como objetivo identificar combinações de falhas nos equipamentos ou componentes, em seguida é realizada uma investigação sobre falhas ocultas. Esta ferramenta se organiza na seleção do evento, coleta de informações, construção do diagrama lógico, avaliação do diagrama e a elaboração de resumo para análise.

Segundo Ferreira (2011) o *Project Definition Rating Index* (PDRI) é uma das formas de se definir os riscos ao empreendimento, esta ferramenta permite que a equipe do projeto avalie por completo o escopo. Para se efetuar uma aplicação clássica do PDRI deve-se subdividir os entregáveis do projeto ou obras em três partes e em seguida atribuir pesos a cada uma, para assim determinar a criticidade de cada .

Conforme o PMI (2021), a análise de dados pode ser realizada através de suposições de restrições do projeto, estas simulações têm como foco o levantamento de dados com o objetivo de minimizar os riscos potenciais. As suposições podem ser formadas por experiências, conhecimentos passados, circunstâncias novas e entre outras, esta ferramenta vem sendo utilizada, mas inicialmente podem ocorrer suposições errôneas.

b. Avaliação do risco

Segundo a empresa Risktec (2005) após a identificação dos riscos é iniciado o processo de avaliação das probabilidades e consequências de um possível evento, poderá ser realizada de forma qualitativa ou quantitativa. Qualquer que seja a metodologia escolhida é necessário que se apresente todos os perigos e riscos relevantes e ainda a identificação do risco a ser mitigado ou eliminado.

Conforme o apresentado por Mendonça (2013) às metodologias qualitativas podem ser consideradas como avaliações mais transparentes, as estruturas quantitativas podem ser onerosas e necessitam de uma base de dados históricos para melhorar sua assertividade. Ainda é possível utilizar uma

abordagem semi-qualitativa onde é necessário estimar algumas escalas para a magnitude do risco, para a frequência de materialização e para a gravidade.

Adotando como base a metodologia apresentadas em Roxo (2006) e Cabral (2011) será utilizada uma estrutura qualitativa descomplicada para estimar os níveis de risco conforme a probabilidade estimada e as consequências esperadas, esta proposta se aplica a situações simples onde os perigos podem ser facilmente identificados e podem ser compartilhados entre outros empreendimentos similares.

Quadro 2: Categoria das consequências.

Categoria das consequências	Caracterização
Ligeiramente Danoso	Acidentes de trabalho sem afastamento; Processos trabalhistas; Problemas de projetos; Alto índice de troca de funcionários.
Danoso	Atrasos no fornecimento dos insumos; Acidente Fatal; Variação do custo dos insumos; Falta de mão de obra especializada; Quebra de contratos; Corrupção.
Extremamente Danoso	Colapso da construção; múltiplas fatalidades; Problemas orçamentários; Licenças e autorizações governamentais.

Fonte: Adaptado de MENDONÇA (2013).

Quadro 3: Categorias das probabilidades.

Categoria das probabilidades	Caracterização
Baixa	Espera-se que possa ocorrer raramente.
Média	Espera-se que venha a ocorrer com relativa facilidade.
Alta	Espera-se que venha a ocorrer com muita facilidade.

Fonte: MENDONÇA (2013).

Quadro 4: Níveis de Risco

R = G x P	Gravidade			
	Ligeiramente Danoso	Danoso	Extremamente Danoso	
	Baixa	Trivial	Aceitável	Moderado
Probabilidade	Média	Aceitável	Moderado	Importante
	Alta	Moderado	Importante	Intolerável

Fonte: MENDONÇA (2013).

Quadro 5: Valorização do Risco

Risco	Medidas
Trivial	Não requer medidas específicas.
Aceitável	Não é necessário melhorar a ação preventiva. No entanto, devem ser consideradas soluções mais rentáveis ou melhorias que não impliquem uma carga económica importante. É necessário recorrer a verificações periódicas, de modo a assegurar que se mantém a eficácia das medidas de controle.
Moderado	Devem fazer-se esforços para reduzir o risco e devem ser tomadas medidas num período determinado. Quando o risco estiver associado a consequências extremamente danosas, será necessária uma ação posterior para estabelecer com mais precisão a probabilidade do dano, como base para determinar a necessidade de melhorias de controle.
Importante	O trabalho não deve ser iniciado até que se tenha reduzido o risco. Podem ser necessários recursos consideráveis para o controle do risco. Quando o risco corresponde a um trabalho que está a ser realizado devem tomar-se medidas para contornar o problema, num período de tempo inferior ao dos riscos moderados.
Intolerável	O trabalho não deve ser iniciado até que se tenha reduzido o risco. Podem ser necessários recursos consideráveis para o controle do risco. Quando o risco corresponde a um trabalho que está a ser realizado devem tomar-se medidas para contornar o problema, num período de tempo inferior ao dos riscos moderados.

Fonte: MENDONÇA (2013).

c. Metodologia *Bowtie*

A metodologia *Bowtie* originada na década de 80 no ramo petroquímico como uma resposta às questões de saúde e segurança, desde então vem sendo amplamente adotada pela indústria com o objetivo de apresentar uma visão sistêmica de possíveis eventos catastróficos e como gerenciá-los. (Lewis e Smith 2010, Shahriar et al. 2012, Van Thienen et al. 2014).

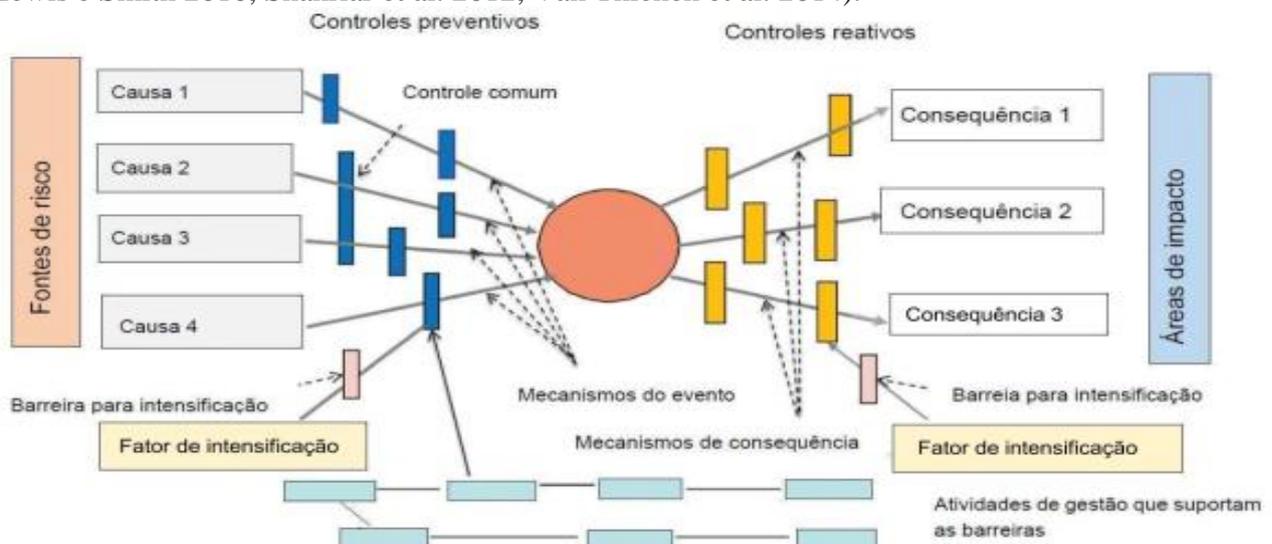


Figura 2: Modelo de análise de risco pelo método *Bowtie*.

Fonte: ABNT (2021).

A estrutura de análise de risco Bowtie descreve de maneira simplificada as causas de um evento, controles preventivos, ações de mitigação e possíveis consequências de um evento indesejado. Para aplicação desta metodologia é necessário a identificação do risco, levantamento das causas, seleção das barreiras de controle, identificação das consequências e ações de redução dos efeitos, com base nestas informações é possível realizar a representação gráfica conforme a Figura 2.

Estudo de aplicabilidade

a. Identificação dos riscos

Nesta etapa deverão ser realizadas pesquisas e levantamento de dados históricos a fim de se obter o maior número de eventos, para este artigo serão utilizados os dados apresentados no Quadro 2 - Categorias das consequências.

b. Avaliação dos riscos

Para a avaliação dos riscos será utilizado uma recorrência estimada conforme o Quadro 3 - Categorias das probabilidades, em seguida os dados coletados foram classificados conforme o Quadro 4 Níveis de Risco.

Quadro 6: Quadro de classificação dos riscos

Eventos mapeados	Categorias de consequências	Categorias da probabilidade	Níveis de Risco
Acidentes de trabalho sem afastamento;	Ligeiramente Danoso	Alta	Moderado
Processos trabalhistas;	Ligeiramente Danoso	Média	Aceitável
Problemas de projetos;	Ligeiramente Danoso	Alta	Moderado
Alto índice de troca de funcionários;	Ligeiramente Danoso	Média	Aceitável
Atrasos no fornecimento dos insumos;	Danoso	Média	Moderado
Acidente Fatal;	Danoso	Média	Moderado
Variação do custo dos insumos;	Danoso	Média	Moderado
Falta de mão de obra especializada;	Danoso	Média	Moderado
Quebra de contratos;	Danoso	Baixa	Aceitável
Corrupção	Danoso	Baixa	Aceitável
Colapso da construção;	Extremamente Danoso	Baixa	Moderado
Múltiplas fatalidades;	Extremamente Danoso	Baixa	Moderado
Problemas orçamentários;	Extremamente Danoso	Baixa	Moderado
Licenças e autorizações governamentais;	Extremamente Danoso	Média	Importante

Fonte: Elaborado pelos autores –

c. Análise do risco

Após as fases de identificação e avaliação dos riscos realiza-se a análise dos eventos apurados, no Quadro 5 os riscos foram categorizados segundo as consequências e a recorrência, assim foi possível obter o nível de criticidade de cada risco. Para realizar a demonstração da metodologia *Bowtie* foi realizada a análise do risco de maior criticidade, segundo a avaliação dos riscos a ameaça de problemas com licenças e autorizações governamentais é a mais relevante.



Figura 2: Análise do risco pelo método Bowtie

Fonte: Elaborado pelos autores

O *Bowtie* da Figura 3 apresenta a análise de um risco com as causas, evento potencializador, algumas barreiras preventivas, o causador do evento, o evento, algumas barreiras de mitigação e algumas consequências.

Conclusões

De acordo com levantamento bibliográfico abordando metodologias de análise de risco utilizadas pela construção civil é possível observar que não existe um consenso sobre qual estrutura seria a mais adequada para o gerenciamento dos riscos. Isso ocorre devido à natureza complexa dos riscos, que podem variar conforme a região, os trabalhadores, alterações de mercado, por políticas públicas entre outros fatores, para além dos aspectos técnicos envolvidos.

O gerenciamento dos riscos é um assunto estratégico para qualquer empresa, independentemente do segmento, mas na indústria da construção civil é fundamental, pois permite aos gestores do empreendimento mapear e prevenir possíveis riscos que poderiam trazer sérios danos sociais, ambientais, relacionar outros, comprometendo a continuidade dos negócios de uma empresa.

O processo de gerenciamento de riscos é complexo e possui origem na identificação dos riscos de forma empírica ou histórica, a utilização de métodos de análise densos e complexos podem incorrer em erros e processamento excessivo tendo em vista a repetibilidade dos tipos de obras. Com base no exposto anteriormente considera-se que a metodologia *Bowtie* que possui um forte apelo visual e uma simplicidade na apresentação dos resultados, é suficiente para a compreensão dos riscos.

Referências

- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). The Standard for Risk Management in Portfolios, Programs and Projects. 1.ed. Estados Unidos: PMI, 2019.
- SILVESTRE, Bruno S. et al. A sustainability paradox? Sustainable operations in the offshore oil and gas industry: The case of Petrobras. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, p. 360-370, 2017.
- MOREIRA, Juliana Fisher Marques et al. Indústria de petróleo e gás: acidentes relevantes no mundo. *Anais III CONEPETRO...* Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/44030>>. Acesso em: 22/10/2022 07:18
- GALÁN, Javier. Os piores acidentes de avião do Brasil: 1.754 pessoas morreram em tragédias aéreas no Brasil desde 1970. *El País: Internacional*. Madrid, Espanha, p. 1-2. 29 nov. 2016. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2016/11/29/internacional/1480423689_865251.html> Acesso em: 22 out. 2022.
- OLIVEIRA, Jordan Florio de. Conheça a história da Construção Civil: a história da construção civil é extremamente interessante, pois mostra o quanto devemos à nossa habilidade de construir! Saiba mais! 2021. *Obras e Construção Civil*. Disponível em: <https://obrasconstrucaoocivil.com/conheca-a-historia-da-construcao-civil/>. Acesso em: 02 out. 2022.
- Borges, Rafael Guidugli. Análise crítica de projetos com foco em engenharia de valor visando otimizar empreendimentos / Rafael Guidugli Borges. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022 56 f.
- OYEGOKE, A. S. Construction industry overview in the UK, US, Japan and Finland: a comparative analysis. *J Constr Res* 2006.
- UHER, T. E.; LOOSEMORE, M. Essentials of construction project management. Sidney: University of New South Wales Press; 2004
- NAGANO, M. F. et al. Segurança em canteiro de obras na execução de contenções, fundações e escavações. São Paulo: Editora Pini, p. 155-170, 2016.
- BRUIN, Luis Augusto de. Galpão da Gameleira: acidente de trabalho que matou 69 trabalhadores e feriu outros 100 completa 47 anos. 2018. Coluna publicada na edição 322, outubro de 2018. Disponível em: <https://www.protecao.com.br/destaques-da-revista-protecao/galpao-da-gameleira/>. Acesso em: 22 out. 2022.
- QUINTELLA, Sérgio; ROSÁRIO, Mariana. Queda de viaduto na Marginal expõe o péssimo estado dos elevados de SP : o problema na estrutura de 1978 escancara os problemas de manutenção nas obras de engenharia viária da capital, com orçamento cada vez menor. 2018. Veja São Paulo. Disponível em: <https://vejasp.abril.com.br/cidades/viaduto-marginal-pinheiros-descaso/>. Acesso em: 22 out. 2022.
- ZUBA, Fernando. Oito anos após a queda do Viaduto Batalha dos Guararapes, em BH, MP move nova ação; valor da causa soma mais de R\$ 30 milhões: acidente aconteceu em julho de 2014, durante a copa do mundo no Brasil; duas pessoas morreram. 2022. G1 Minas. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2022/08/31/oito-anos-apos-a-queda-do-viaduto-batalha-dos-guararapes-em-bh-mp-move-nova-acao-valor-da-causa-soma-mais-de-r-30-milhoes.ghtml>. Acesso em: 22 out. 2022.
- KANGARI, Roozbeh. RISK MANAGEMENT PERCEPTIONS AND TRENDS OF U.S. CONSTRUCTION: ASCE. *Journal Of Construction Engineering And Management*. 1801 Alexander Bell Drive Va Reston, Eua, p. 422-429. dez. 1995.
- BITTENCOURT, Cezinando. Preliminary risk analysis in civil works of electrical substations – Case study. 2016. 56. Monografia (Especialização em Segurança do Trabalho) - Federal Technology University - Parana. Curitiba, 2017.
- ARAUJO, Reginaldo Eleuterion; HERVE, Marcio. Gerenciamento de riscos em projetos de construção naval. *Revista Boletim do Gerenciamento, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rj*, v. 28, p. 54-61, 14 set. 2022. Semanal. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/626/401>. Acesso em: 04 out. 2021.
- PEROVANO, Dalton Gean. Manual de metodologia da pesquisa científica. Curitiba: intersaberes, 2016.
- REIHNARD, N.; Evolução das Ênfases Gerenciais e de Pesquisa na área de Tecnologia de Informática e de Comunicações Aplicada nas Empresas; *Revista da Administração*, São Paulo, v. 31; 1996; p: 5-6.
- PMI. Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos. Guia PMBOK® 7a. ed. – EUA: Project Management Institute, 2021.
- MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e controle de obras 2. Ed. Rev. Oficina de textos – São Paulo 2019.
- SZYMAŃSKI, Paweł. Risk management in construction projects. *Procedia engineering*, v. 208, p. 174-182, 2017.

- RUPPENTHAL, Janis Elisa. Gerenciamento de riscos. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2013.
- ABNT. Gestão de Riscos –Diretrizes. NBR ISO 31000. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2018.
- DAMODARAN, A., 2003. Investment Philosophies: Successful Investment Philosophies and the Greatest Investors Who Made Them Work. New York: Wiley and Sons, 2003.
- HAHN, G. J.; KUHN, H. Value-based performance and risk management in supply chains: A robust optimization approach. *International Journal of Production Economics*, 2012.
- CHORAFAS, D. N. Management control of operational risk. *Operational Risk Control with Basel II*, p. 3-25, 2004.
- REMONATO, Monica. GERENCIAMENTO DE RISCOS: controle dos riscos de processo. Controle dos Riscos de Processo. 2020. Remonato Fire Protection Engineering. Disponível em: <https://remonato.eng.br/gerenciamento-de-riscos/controle-dos-riscos-de-processo/>. Acesso em: 09 out. 2022.
- ALMEIDA, Joana Gomes de; PEIXOTO, Paulo; ALBUQUERQUE, Cristina Maria Pinto. Potencialidades do software na procura de consensos no ensino superior em contexto pandémico: o método Delphi. *Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social*, v. 8, n. 1, p. 1–15–1–15, 2022. <https://doi.org/10.31211/rpics.2022.8.1.232>
- GOMES, David André Prata. Gestão de riscos na construção de túneis e obras subterrâneas. 2012. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Departamental de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2012.
- FERREIRA, Guilherme Stopa. Análise e desenvolvimento de projetos de empreendimentos minerais: um estudo de caso sobre a aplicação da metodologia Front End Loading. 2011.
- RISKTEC (England). Bow TieXP: the next generation bow tie methodology tool - training manual. 2. ed. Warrington: Bowtiexp, 2005. 50 p.
- MENDONÇA, Ana Lisa português Valagão de. Métodos de avaliação de riscos: contributo para a sua aplicabilidade no setor da construção civil. 2013. Tese de Doutorado.
- Roxo, M. (2006). Segurança e Saúde do Trabalho: Avaliação e Controle de Riscos – 2ª Edição. Coimbra: Almedina.
- Cabral, F. (2011). Segurança e Saúde do Trabalho – Manual de Prevenção de Riscos Profissionais. Lisboa: Verlag Dashofer.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR IEC 31010: Gestão de riscos - Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Rio de Janeiro, 2021.
- MULHOLLAND, B.; CHRISTIAN, J. Risk assessment in construction schedules. *Journal of construction engineering and management*, v. 125, n. 1, p. 8-15, 1999.
- PATRICIO, Renato Pickler. Adequação do FMEA para gerenciamento de riscos em obra de infraestrutura, após a aplicação da análise preliminar de risco na execução de muro de gabião. 2013.
- BARRETO, Felipe de Souza Pinto; ANDERY, Paulo Roberto Pereira. Contribuição à gestão de riscos no processo de projeto de incorporadoras de médio porte. *Ambiente Construído*, v. 15, p. 71-85, 2015.
- KLIMKIEVICZ, Bernardo Eloi. Gestão de risco aplicado a obras de barragem. 2016.
- BELTRÃO, Leandro Modesto Prates. Priorização de riscos de obras públicas por meio do processo de análise hierárquica fuzzy. 2017.
- BOFF, Luigi Carissimi et al. Identificação de riscos em construtoras e incorporadoras de pequeno e médio porte utilizando a ferramenta “Project Definition Rating Index”. 2018.
- JEPSON, Jacqueline; KIRYTOPOULOS, Konstantinos; CHILESHE, Nicholas. Isomorphism within risk-management practices of the Australian construction industry. *International Journal of Construction Management*, v. 22, n. 8, p. 1508-1524, 2022.
- BOFF, Luigi Carissimi; DO NASCIMENTO MUTTI, Cristine. Project definition rating index na identificação de riscos na construção. Encontro nacional de tecnologia no ambiente construído, p. 1-8, 2020.
- PAIVA, Igor Vinícius Silva. Impactos da Implementação de Tecnologias de Apoio ao Controle e Gestão da Qualidade: Uma Análise no Canteiro de Obras da Construção Civil. 2022. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Mestrado Profissional em Engenharia das Construções, Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.
- SMITH, W.; LEWIS, M. Toward a theory of paradox: A dynamic equilibrium model of organizing. *Academy of Management Review*, [s.l.], v. 36, n. 2, p. 381-403, apr. 2011.
- SHAHRIAR, Anjuman; SADIQ, Rehan; TESHAMARIAM, Solomon. Risk analysis for oil & gas pipelines: A sustainability assessment approach using fuzzy based bow-tie analysis. *Journal of loss prevention in the process Industries*, v. 25, n. 3, p. 505-523, 2012.

VAN THIENEN-VISSER, Karin et al. Bow-tie risk assessment combining causes and effects applied to gas oil storage in an abandoned salt cavern. *Engineering Geology*, v. 168, p. 149-166, 2014.