

Análise de riscos em projetos de construção civil com apoio multicritério à tomada de decisão

Luiz Carlos Magalhães Olimpio (UFC) luizolimpio@oulook.com
Vanessa Ribeiro Campos (UFC) vanessa.campos@ufc.br
Délcia Janine Sequeira Moreira (UNIME) delciajanine@hotmail.com

Resumo:

O mercado da construção civil é composto por empresas que buscam cada vez mais atingir metas desafiadoras em termos de custo, tempo e qualidade, em função do mercado competitivo. Diante da crise econômica enfrentada pelo país, a qual atinge severamente o setor da construção civil, metodologias que evitam erros onerosos e promovam a melhoria pela qualidade podem ser um grande diferencial. Com efeito, o estudo tem como objetivo propor um modelo de apoio à decisão multicritério para hierarquizar os principais riscos relacionados com a construção de um edifício residencial. O método de decisão utilizado foi a Teoria de Utilidade Multiatributo (MAUT). O modelo proposto foi aplicado em uma empresa de edificações em Fortaleza. Os fatores de riscos foram selecionados durante a fase de planejamento em edificações residenciais de padrão médio em função de três critérios, qualidade, custo e tempo. Os resultados da pesquisa revelaram que entre os principais riscos estão: falta de especificação dos projetos, problemas nas estimativas das atividades, falta de acuracidade na elaboração dos orçamentos. O artigo tem a contribuição de se apresentar como uma alternativa viável para a análise de riscos frente a dificuldade no uso de modelos complexos diante de dados incertos.

Palavras chave: gerenciamento de riscos, construção de edifícios, MAUT

Risk analysis in construction projects with multi-criteria decision-aid

Abstract:

The construction market is composed by companies that increasingly seek to achieve challenging goals in terms of cost, time and quality, due to the high competitiveness in the market. Due to the economic crisis faced by the country, which reaches the civil construction industry severely, methodologies that prevent costly errors and promote quality improvement can be a great difference. To this end, this study aims to propose a model of multi-criteria decision support to tier the main risks related to the construction of a residential building. The decision method used was the Multi-Attribute Utility Theory (MAUT). The proposed model was applied in a construction company in Fortaleza. The risk factors were selected during the planning phase in residential buildings of medium standard upon three criteria, quality, cost and time. The survey results revealed that among the main risks are: lack of projects specification, problems in the activities estimates, lack of accuracy in the preparation of budgets. The article contributes as a viable alternative of risk analysis, facing the difficulty in the use of complex models with uncertain data.

Key-words: risk management, buildings construction, MAUT

1. Introdução

Os projetos de construção civil são concebidos em um ambiente dinâmico, com grandes incertezas devido à quantidade de parâmetros que relacionam-se entre si (TAYLAN *et al*, 2014). Ainda, a indústria da construção civil encontra dificuldades devido a diminuição de investimentos, principalmente o subsetor de obras públicas e residenciais (IPEA, 2016). Poucas são as empresas de construção civil que adotam nos seus projetos métodos de gestão de riscos no auxílio a tomada de decisão (MOREIRA, 2016). A partir do uso desta ferramenta diversos impactos que poderiam ser evitados ou minimizados acabam por atingir diretamente a empresa e seus funcionários, e indiretamente os seus clientes, *stakeholders* e outras partes envolvidas com o projeto.

Os riscos, quando não gerenciados ou mitigados, são motivos de causas de falha do projeto (ROYER, 2001). A aplicação efetiva do gerenciamento de risco encoraja as empresas de construção a quantificar, analisar e tratar os riscos durante todo o empreendimento. Empresas que gerenciam os seus riscos adequadamente reduzem custos financeiros, melhoram a produtividade, aumentam a taxa de sucesso em novos projetos e melhoram as tomadas de decisão (BANATIENE; BAINATIS, 2012).

A análise dos riscos de um projeto deve ser uma parte dos processos de tomada de decisão de uma empresa. A tomada de decisão acontece em um ambiente complexo, repleto de incertezas e informações imprecisas e incompletas (KAPLINSKI, 2013). Logo, a análise destes riscos é uma tarefa necessária, mesmo com a dificuldade encontrada na mensuração de probabilidades e impactos dos riscos sobre os projetos (BORGERT, 1999). Para mensurar os riscos existem diversos métodos já conceituados que foram aperfeiçoados ao longo do tempo. Devido à complexidade e quantidade de fatores relacionados a análise dos riscos em projetos de construção, este é usualmente tratado como um problema de métodos de tomada de decisão multicritérios (TAYLAN *et al*, 2014).

Existem várias ferramentas de análise multicritério de apoio à tomada de decisão, cada uma destas com suas vantagens e desvantagens para uma determinada aplicação (HORA; COSTA, 2015). O decisor deve então compreender o contexto, reconhecer as características daquela ferramenta e sua adequação diante do processo de tomada de decisão para realizar a escolha adequada (BHUSHAN; RAI, 2004). Pode-se citar os métodos: Análise Hierárquica de Processos (SAATY, 1991), ELETRE (ROGERS *et al*, 2000), MCDM (AZEVEDO, 2013), MAUT (MOREIRA, 2016), TOPSIS (TAYLAN *et al*, 2014). Em geral, mas especialmente nas engenharias, não existe uma superioridade entre um método em relação à outro (ROMERO, 1996). Em busca da solução de problemas com múltiplos critérios, a resolução pode ser alcançada por métodos tão complexos quanto a álgebra do ensino médio (HORA; COSTA, 2015), e quanto mais simples a ferramenta analítica, melhor a sua performance (RAIFFA, 2002).

A pesquisa tem como objetivo hierarquizar os riscos na construção de edifícios com o apoio da Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT). Os fatores de riscos foram selecionados durante a fase de planejamento em edificações residenciais de padrão médio em função de três critérios, qualidade, custo e tempo, sendo estes os critérios mais importantes na constatação do sucesso de um projeto.

2. Gerenciamento de Riscos em Projetos da Construção Civil

Existem diversas interpretações de risco entre os autores. O risco pode ser a exposição à perda econômica ou seu ganho devido ao envolvimento destes nos processos de construção (PERRY; HAYES, 1985), ou um evento que, se ocorrer, terá um efeito positivo ou negativo sobre a realização dos objetivos de um projeto (CHAPMAN, 2001; PMI, 2013). Esses riscos

representam um acontecimento incerto que ocasiona impactos contra as expectativas do projeto (KLEMETTI, 2006). A *International Standards Organization* (ISO) define o risco, considerando este como o efeito da incerteza devido influências de fatores internos e externos nos objetivos do projeto ou da organização, e pode ser marcada por eventos e suas consequências (ISO 31.000, 2009).

Os projetos de construção podem ser imprevisíveis (ZOU, 2007), pois seus processos estão repletos de perigos e riscos (CARR e TAR, 2001). Podem ser citados os problemas de segurança e saúde, o atendimento do cronograma e aspectos financeiros como pagamentos, capital de giro, flutuação da margem de lucro e financiamentos (ZAVADSKAS; TURKIS; TAMOSAITIENE, 2010). O setor ainda apresenta riscos que se relacionam ao planejamento, execução, comunicação e interação com o ambiente externo (ABDERISAK; LINDAHL, 2015).

Gerenciar os riscos nos projetos é um processo necessário para atingir seus objetivos em termo de custo, qualidade, segurança e sustentabilidade ambiental (ZOU, 2007). É essencial que as empresas de construção dominem os riscos e incertezas para poder analisar seus os efeitos e causas, o que irá influir na tomada de decisão para alocação de recursos no gerenciamento destes riscos entre os projetos (KARIMIZAZARI *et al*, 2011). O gerenciamento de riscos visa descobrir as suas causas e incertezas, estimando seus impactos, aumentando as respostas gerenciais cabíveis na construção (UHER; TOAKLEY, 1999).

O risco é um tema inevitável na consciência do gerente, e frequentemente este considera ter o dom de lidar com este risco sem utilizar ferramentas adequadas para diminuir sua ocorrência e reduzir sua severidade (KANGARI, 1995). Os riscos podem ser controlados diretamente através do gerenciamento de projetos, no entanto isto torna sua análise complicada, visto ainda que o risco nunca acontece da mesma maneira, de modo que a experiência sem uma análise sistemática continuará resultando em uma gerência ineficiente (ZHI, 1995).

A indústria internacional da construção sofreu uma reformulação desde a recessão econômica, e isto tem transformado e gerado novos riscos no setor. Em resposta a esta perigosa combinação, a indústria está tornando o gerenciamento de risco mais sistemático, visando a efetividade da ferramenta (MC GRAW-HILL, 2017), cabe o mesmo ser realizado nacionalmente.

O gerenciamento de risco quando aplicado em função das fases se torna mais efetivo (ZOU, 2007; OSIPOVA, 2007), no entanto ele é pouco aplicado nas primeiras fases do projeto (UHER; TOAKLEY, 1999), apesar de que quando praticado desde as primeiras fases ele se torna menos oneroso e mais eficiente (OSIPOVA, 2007; MOROTE, 2011), sendo o primeiro momento oportuno para sua concepção e funcionamento durante a fase de planejamento. As fases de um projeto são apresentadas na Figura 1.

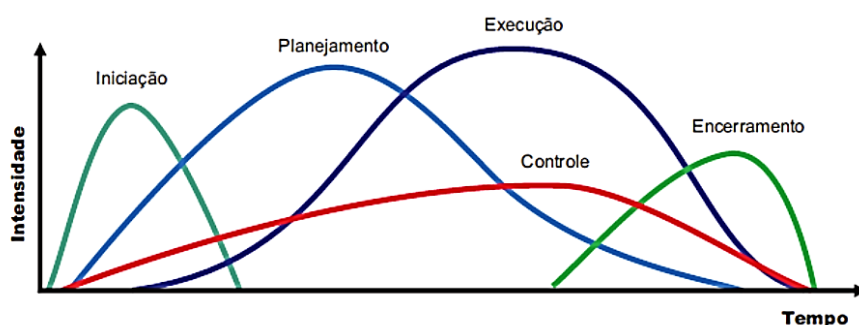


Figura 1: Fases de um projeto e suas relações de intensidade versus tempo.

Fonte: Valeriano (2005)

No planejamento é onde são determinadas estratégias para a execução do projeto, e trata-se do momento mais adequado para definir metas e traçar planos para alcançá-las. Na fase inicial, a influência dos *stakeholders* sobre o projeto é maior (PMI, 2013), o que permite alterações menos onerosas em termo de custo e tempo. A consideração dos riscos já na etapa de planejamento, pode reduzir a vulnerabilidade à falha de processos nas etapas posteriores (LIMMER, 2013).

Os processos do gerenciamento de riscos podem ser variados, usualmente apresentam os quatro tópicos propostos pelo PMBOK (PMI, 2013) nesta ordem, que são a identificação, a análise, o tratamento e o monitoramento dos riscos. Eliminar todos os riscos de um projeto é impraticável, logo, existe a necessidade de um processo formal de gerenciamento para lidar com os riscos (DIKMEN; BIRGONUL; HAN, 2007).

A identificação do risco é um passo fundamental, é onde se detecta eventos incertos que podem afetar os objetivos do projeto (PMI, 2013). Após a identificação é realizada a análise, necessária para a seleção de ações adequadas que objetivam entender as consequências e probabilidades envolvidas na ocorrência dos riscos identificados. (CHAPMAN; WARD, 2003; KLEMETTI, 2006; TAH; CAR, 2000). Muitos acadêmicos declaram insuficiente a atenção dada aos métodos e modelos de análise de riscos, e a seleção de modelos adequados para o projeto (KARIMIZAZARI *et al*, 2011).

A mensuração dos riscos associados a um projeto ou empreendimento está associada à indicação de valores de parâmetros pré-definidos (AZEVEDO, 2013). O objetivo principal da análise de risco é estimá-lo, identificando os eventos indesejados, a probabilidade de ocorrência deste evento, e as consequências que tal evento traria para o objetivo do projeto (KARIMIZAZARI *et al*, 2011). A análise de risco envolve a medição, seja por métodos qualitativos, quantitativos ou ambos (PMI, 2013), quando associada à tomada de decisão deve determinar quais as alternativas apresentadas ao gerente do projeto devem ser tomadas diante de uma situação complicada.

Alguns métodos quantitativos clássicos de análise usados na indústria da construção são a Simulação de Monte Carlo, a Análise de sensibilidade (WHITE, 1995), o Método do caminho crítico (KAUFMANN; GUPTA, 1988), a Análise da Árvore de Eventos (HUANG; CHEN; WANG, 2001), o Modo de Falha, Efeitos e Análise Crítica (BOWLES; PELAEZ, 1995). Estes métodos fazem uso de técnicas quantitativas sofisticadas e aplicáveis quando os dados são de boa qualidade (ZENG; NA; SMITH, 2007). No entanto, apenas alguns projetos consideram os riscos de uma maneira consistente e lógica, enquanto a maioria dos projetos realizam as análises de maneira muito subjetiva e qualitativa (MILLS, 2001).

3. Teoria de Utilidade Multiatributo para Apoio a Decisão

Fazer escolhas diante de um ambiente com diversas alternativas faz parte da vida do ser humano. Os resultados das decisões geram impactos e possuem diferentes níveis de responsabilidade (BORGERT, 1999). Existem duas vertentes na tomada de decisão: nas situações de certeza e nas situações de incertezas (PERDIGÃO *et al*, 2012). Em situações de certeza as variáveis envolvidas, as probabilidades e as consequências são conhecidas diferente de condições de incerteza (FERREIRA, 1994). As incertezas podem ser classificadas como fatores de risco, e caso não sejam identificados, mensurados e tratados podem trazer resultados indesejados.

O processo de decisão em projetos de construção normalmente se apresenta em ambiente complexo, repleto de dados incertos, critérios, variáveis e alternativas (ZAVADSKAS *et al*, 2017). Os métodos de decisão que consideram mais de um critério são definidos como Métodos de Decisão Multicritério (MCDM). Nestes métodos são desenvolvidos mecanismos para

ordenação de preferências, gerando um ranking hierárquico das alternativas (GOMES A.; GOMES, C., 2012). Alguns exemplos bem-sucedidos da aplicação destes métodos no setor da construção são realizados em Azevedo (2013), Rodriguez, Costa e Carmo (2013), Mela, Tiainen e Heinisuo (2012).

A elaboração de estratégias sem o uso de técnicas é perigosa devido a quantidade de incertezas envolvidas, tornando as consequências de decisões imprevisíveis. Existe uma variedade de métodos na literatura, estes discordam em diversos pontos, cabendo ao pesquisador adotar àquele que traz resultados consistentes para a aplicação.

Na análise de risco os métodos mais amplamente usados são métodos multicritérios (MCDM), onde um conjunto de atributos ou fatores de risco são definidos e sua magnitude é determinada usando um simples método de hierarquização multiatributo, AHP, ou variações (DIKMEN; BIRGONUL; HAN, 2007). Os MCDM são muito efetivos por considerarem critérios além da do custo (ZAVADSKAS *et al*, 2017).

A tomada de decisão possui um importante papel no gerenciamento de projetos. A seleção de uma estratégia efetiva, mantendo a imparcialidade no processo decisório dependerá dos critérios adotados (ZAVADSKAS *et al*, 2017). A relação entre os profissionais e gerentes que atuam como decisores, as características do projeto, e o método multicritério levam a formulações de estratégias efetivas, importantes para o sucesso do projeto, relação ilustrada na Figura 2.

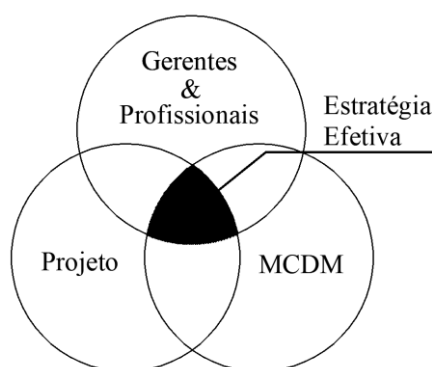


Figura 2: Relações para uma tomada de decisão efetiva.

Fonte: Adaptado de Zavadskas *et al*. (2017)

Construtoras e incorporadoras do mercado nacional se mostram apenas recentemente estão interessadas em lidar com os riscos presentes nos projetos deste setor. Como decorrência desse ineditismo, as informações disponíveis sobre o tema são pouco substanciais, apresentando baixa qualidade. Diante desta realidade, e devido uma singular, e não repetitiva natureza dos projetos de construção, métodos probabilísticos são ineficientes para quantificar riscos.

No entendimento de Baloi e Price (2003), a maioria das ferramentas de análise de risco são fundamentadas na teoria estatística da decisão, no entanto as empresas e incorporadoras raramente à usam na prática. Em vez de probabilidades, o conhecimento individual, a experiência, o julgamento intuitivo e regras consolidadas devem ser estruturadas e organizadas como preferências para facilitar a análise de risco, e a reutilização por outros (DIKMEN; BIRGONUL; HAN, 2007). Entre os métodos de apoio a decisão, o uso do MAUT se destaca em função de sua estrutura inteligível e convidativa para a expressão das preferências dos decisores (HUANG *et al*, 2013).

4. Metodologia

Diante de uma difícil decisão, o grupo de decisores deve levar em consideração a experiência dos profissionais envolvidos com o projeto, os julgamentos dos gerentes de projeto, os custos, informações pertinentes, metodologias, e ferramentas disponíveis. A falha na captura e no uso de informações relevantes pode resultar em decisões não efetivas e em custos adicionais. (ZAVADSKAS *et al*, 2017)

Um modelo pode ser construído para abstrair todos os aspectos mencionados e transferi-los à um sistema inteligível e simples, devendo ser capaz de processar essas informações e trazer resultados precisos, corretos, e úteis. Para isto o modelo deve executar os procedimentos determinados embasados em conhecimento teórico, bem como ser alimentado por dados consistentes. A metodologia para a elaboração de um modelo para análise de riscos por meio do Teoria de Utilidade Multiatributo (MAUT) é apresentada na Figura 3.



Figura 3: Processos que formulam o modelo proposto.

Fonte: Autor

O primeiro passo consistiu na classificação dos empreendimentos analisados, na qual se adotou a classificação da NBR 12.721 (NBR, 2006). O empreendimento em que se aplicou esse modelo pertencem consiste em um empreendimento residencial de médio padrão. No segundo passo, os critérios foram atribuídos. Os critérios elencados para esta análise foram classificados em três categorias: qualidade, custo e tempo. A descrição destes critérios é apresentada na Tabela 1. As alternativas para este modelo se apresentam como as incertezas na fase de planejamento, que foram levantadas por meio de pesquisa bibliográfica e consolidadas em entrevistas com três decisores. A Tabela 2 apresenta em sua segunda coluna os fatores de risco elencados para avaliação.

Código	Critérios	Descrição
C1	Qualidade	Relacionado ao atendimento dos requisitos pré-determinados, que se fundamentam em normas de desempenho, padrão de acabamento definido por empreiteira e avaliações de satisfação do usuário.
C2	Custo	Compreende os custos diretos neste modelo. Incluem-se a quantidade de serviços existentes, aos valores designados a compra de terrenos, materiais, equipamentos, mão de obra e montagem.
C3	Prazo	Define-se como tempo estabelecido de espera do cliente final. Os riscos podem ou não afetar este prazo pré-determinado, visto as margens de segurança de tempo, ou em função de uma oportunidade aproveitada.

Fonte: Autor

Tabela 1: Descrição de Critérios adotados em modelo

O terceiro passo, denominado de modelagem de preferências, consiste no julgamento do decisor que expõe suas preferências diante das alternativas e critérios apresentados. Nesse momento, são definidos pesos para os critérios, onde a soma destes será igual a 1, e são quantificadas as entradas para os fatores de risco, variando de 0 a 1, conforme a modelagem de preferências.

No quarto passo são calculados os valores de utilidades, que são convertidos através da subtração de um valor unitário para serem transformados em um valor que se associe com o risco para cada uma das alternativas. Por final, organizamos as alternativas em função do risco para resultar em uma ordenação hierárquica que irá auxiliar na tomada de decisão.

		Peso					
		0.28		0.41		0.31	
		Critérios					
Código	Fatores de Risco	Qualidade		Custo		Prazo	
		Padrão	Valor	Porcentagem	Valor	Meses	Valor
I1	Especificações do Projeto	Altíssimo	0	5%	0.3	12	0
I2	Duração de Atividades	Médio	0.5	5%	0.3	12	0
I3	Previsão de Orçamento	Alto	0.2	10%	0	6	0.4
I4	Falhas na Programação	Alto	0.2	5%	0.3	6	0.4
I5	Erros nas Quantidades	Baixíssimo	1	10%	0	2	1
I6	Problemas com Fornecedor	Altíssimo	0	5%	0.3	6	0.4
I7	Atraso de Suprimentos	Baixíssimo	1	10%	0.3	6	0.4
I8	Equipamentos Especiais	Baixo	0.8	5%	0.3	6	0.4
I9	Mão de Obra Qualificada	Altíssimo	0	10%	0	6	0.4
I10	Comunicação	Alto	0.2	5%	0.3	3	0.8

Fonte: Autor

Tabela 2: Fatores de Risco, valores das alternativas e pesos de critério elencados por decisores

É importante deixar claro que, o objetivo de adotar estes valores de entrada para cada uma das alternativas não é medir os critérios, mas sim utilizá-los para avaliar dos fatores de riscos que mais podem afetar os objetivos do projeto. Por exemplo, ao avaliar o critério qualidade como baixa não quer dizer que a qualidade do projeto será baixa, mas que caso àquele fator de risco ocorra pode oferecer um baixo dano à qualidade do projeto.

5. Resultados e discussões

Como resultado, aplicação do quarto passo da metodologia, obtém-se o valor da utilidade, que consiste na soma dos valores de utilidade de cada fator de risco para cada critério, cujo o produto dos valores dados pelos decisores multiplicado pelos respectivos pesos dos critérios (Tabela 3).

Código	Fatores de Risco	Critérios			Utilidade	Risco
		Qualidade	Custo	Prazo		
I1	Especificações dos Projetos	0.000	0.122	0.000	0.122	0.878
I2	Estimativa na Duração Atividades	0.139	0.122	0.000	0.261	0.739
I3	Previsão de Orçamento	0.056	0.000	0.126	0.181	0.819
I4	Falhas na Programação	0.056	0.122	0.126	0.304	0.696
I5	Quantitativos	0.278	0.000	0.315	0.593	0.407
I6	Escolha de Fornecedores	0.000	0.122	0.126	0.248	0.752
I7	Atraso nos Suprimentos	0.278	0.122	0.126	0.526	0.474
I8	Equipamentos Especiais	0.222	0.122	0.126	0.470	0.530
I9	Mão de Obra Qualificada	0.000	0.000	0.126	0.126	0.874
I10	Comunicação	0.056	0.122	0.252	0.430	0.570

Fonte: Autor

Tabela 3: Utilidade e Risco dos fatores de risco

O resultado da utilidade é inversamente proporcional ao risco, em decorrência, o fator que oferece menor utilidade será àquele que obterá maior posição hierárquica. Para contornar essa forma de apresentação fora do usual, e que pode confundir os usuários do modelo, subtraiu-se os valores da utilidade por um valor unitário, e o resultado foi nomeado como o próprio valor do risco oferecido por àquele fator de risco aos objetivos do projeto.

Como procedimento final do modelo, realizamos a hierarquização dos fatores de risco em função de seus respectivos riscos. Os fatores são apresentados em valor decrescente de risco no Gráfico 1.

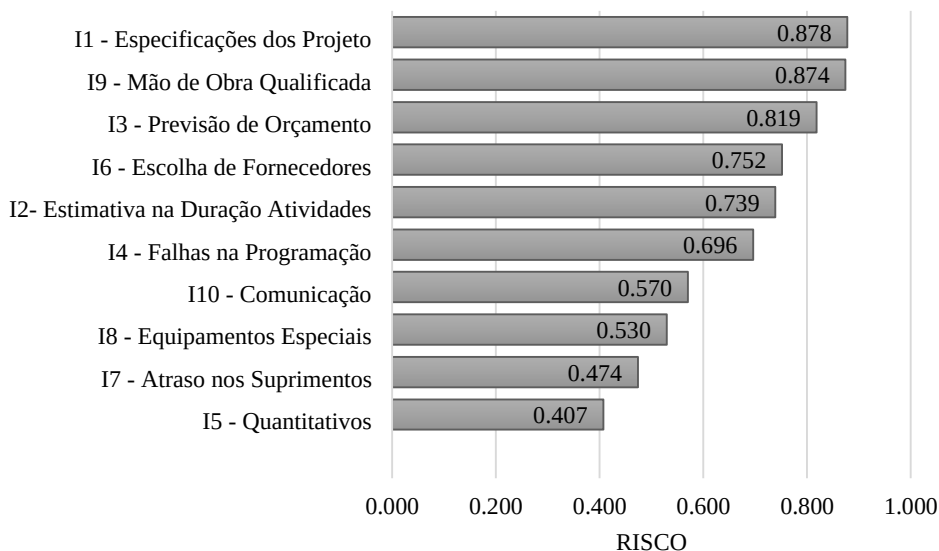


Gráfico 1: Hiarquização de fatores de risco. Fonte: Autor

Como previamente elucidado, estes dados são valiosos para os tomadores de decisão do projeto, pois, apresentados de uma maneira clara e simples oferecem a hierarquia dos riscos. Considera-se os três critérios importantes para os objetivos do projeto, tendo como fundamento o julgamento dos próprios tomadores de decisão, que podem ser os gerentes, engenheiros, arquitetos, e encarregados pelo projeto.

A análise de sensibilidade foi a aplicação de entradas coordenadas de valores de entrada dos decisores, e na mudança dos pesos aos critérios. Os resultados foram avaliados atentando-se em encontrar irregularidades no comportamento do modelo, visando o estabelecimento de validade de aparência (RUNERSON; HOST, 2009).

6. Conclusões

Bastante se critica a atitude dos tomadores de decisão diante da ocorrência do risco, pois estes oferecem uma resistência a adoção de ferramentas sistemáticas que analisem dados com capacidade de auxiliar em escolhas fundamentadas em critérios importantes para o projeto. Alguns motivos à esta postura podem ser elencados, podemos citar a pouca compreensão sobre as oportunidades geradas na adoção do gerenciamento de risco, na tomada de decisão motivada apenas na experiência do gerente e na impressão de que sistemas de análise de risco são complicados e onerosos.

Para quebrar essa barreira, apresenta-se a aplicação da metodologia MAUT, mostrando-se como uma ferramenta inteligível e prática. O modelo não se restringe a entrada de critérios quantitativos, permitindo a simples formulação de intervalos que representem as variáveis

linguísticas. Ainda, a metodologia do modelo não se altera, havendo apenas a necessidade de realizar novas consultas para apontar novas entradas para um dado projeto.

Os fatores de riscos identificados e analisados pelo modelo devem receber procedimentos do gerenciamento de risco sistemático, segundo as normas regulamentadoras vigentes recomendam, onde devem ser incluídos todos os riscos, mesmo os que aparentam oferecer menos perigo aos objetivos do projeto. O artigo teve como âmbito promover uma discussão sobre a necessidade de modelos multicritério de análise de risco e da importância do gerenciamento de risco para a indústria da construção civil no mercado nacional. Foi possível compreender as incertezas na construção de obras de edificações residenciais, obtendo-se como resultado a hierarquização dos fatores de risco para auxiliar na tomada de decisão.

Referências Bibliográficas

ABDERISAK, A.; LINDAHL, G. *Take a Chance on Me? Construction Client's Perspectives on Risk Management*. *Procedia Economics and Finance*, v. 21, p. 548–554, 2015.

BANAITIENE, N.; BANAITIS, A. *Risk Management in Construction Projects* In *Risk Management - Current Issues and Challenges*, Dr. Nerija Banaitiene (Ed.), InTech, 2012 doi: 10.5772/51460. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/risk-management-current-issues-and-challenges/risk-management-in-construction-projects>. Acesso em: 13 ago. 2017.

AZEVEDO, R. C. *Um Modelo para Gestão de Risco na Incorporação de Imóveis usando Metodologia Multicritério para Apoio à Decisão – Construtivista (MCDA-C)*. 290 p., 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2013.

BALOI, D.; PRICE, A. D. F. *Modelling global risk factors affecting construction cost performance*. *International Journal of Project Management*, v. 21, n. 4, p. 261–269, 2003.

BORGERT, A. *Construção de um sistema de gestão de produtos à luz de uma metodologia construtivista multicritério*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

BOWLES, J. B., PELAEZ, C. E. *Fuzzy logic prioritization in a system failure mode, effects and criticality analysis*. *Reliability Engineering and System Safety*, 50, 203–213. 1995.

BHUSHAN, N., RAI, K. *Strategic decision making?: applying the analytic hierarchy process*. London; New York: Springer. 2004

CARR, V.; TAH, J.H.M. *A fuzzy approach to construction Project risk assessment and analysis: construction Project risk management system*. *Advances in Engineering Software*, v. 32, n. 10-11, p. 847-857, 2001. (NUMERO)

CHAPMAN, R. J. *The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management*. *International Journal of Project Management [S.I.]*, v. 19, n. 3, p. 147-160, 2001.

DIKMEN, I.; BIRGONUL, M. T.; HAN, S. *Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects*. *International Journal of Project Management*, v. 25, n. 5, p. 494–505, 2007.

FERREIRA, P. L. *Introdução a Análise de Decisão*. Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, 1994.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. 4. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2012.

HORA, H.R.M., COSTA, H.G. *Proposta de um método multicritério para escolha múltipla*. *Prod.* [online]. 2015, vol.25, n.2, pp.441-453, 2015.

HUANG, D., CHEN, T., WANG, M.J. *A fuzzy set approach for event tree analysis*. *Fuzzy Sets and Systems*, v. 118, n.1, 153–165, 2001.

HUANG, Y.; CHANG, W.; LI, W. LIN, Z. *Aggregation of utility-based individual preferences for group decision-making*. *European Journal of Operational Research*, v. 229, n.2, p. 462-469, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA . *Carta de Conjuntura*. Vol. 32, 3º trimestre de 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 31000. Risk management: Risk assessment techniques*, 2009.

KANGARI, R., *Risk management perceptions and trends of US construction*. Journal of Construction Engineering and Management, v.121, n. 4, p.422–439, 1995.

KAPLINSKI, O. *Risk Management of Construction Works by Means of the Utility Theory: a Case Study*. 11th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques, v.57, p.533-539, 2013.

KARIMIAZARI, A. et al. *Risk assessment model selection in construction industry*. Expert Systems with Applications, v. 38, n. 8, p. 9105–9111, 2011.

KAUFMAN, A., GUPTA, M.M. *Fuzzy mathematical models in engineering and management science*. Amsterdam: North-Holland. 1998.

KLEMETTI, A. *Risk Management in Construction Project Networks*. Helsinki: Laboratory of Industrial Management, University of Technology, Report 2006/2, Espoo; 2006.

LIMMER, C. V. *Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras*. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2013.

MC GRAW-HILL. *Managing Uncertainty and Expectations in Building Design and Construction*. McGraw-Hill Construction Report 2014.

MELA, K., TIAINEN, T., HEINISUO, M. *Comparative study of multiple criteria decision making methods for building design*. Advanced Engineering Informatics, v.26, n.4, p.716-726, 2012.

MILLS, A. *A systematic approach to risk management for construction*. Structural Survey, v. 19, n.5 p.245-252, 2011.

MOREIRA, D.J.S. *Análise de riscos no planejamento de projetos de edificações com enfoque multicritério*. 2016. 108 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Estrutural e Construção Civil - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

NBR 12721 - *Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios*. Rio de Janeiro, 2005

NIETO-MOROTE, A., RUZ-VILA, F. *A fuzzy approach to construction project risk assessment*. International Journal of Project Management, v. 29, n.2, p. 220–231, 2011.

OSIPOVA, E. *Risk management in the different phases of a construction project - a study of actors' involvement*, 4th Nordic Conference on Construction Economics and Organisation, 307 Sweden 2007. **Anais...**, Sweden 2007.

PERDIGÃO, J. G. L.; FULGÊNCIO, E. V.; SOUSA, S. A. C.; NETO, J. B. M.; DORNELAS, J. S. *Processo Decisório: um Estudo Comparativo da Tomada de Decisão em Organizações de Segmentos Distintos*. Simpósio de excelência em gestão e tecnologia, 2012.

PERRY, J. G. et al. *Risk and its management in construction projects*, v. 78, n.3, p. 757–764, 1986.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. PMI. *Um Guia do Conjunto de Conhecimento em Gerenciamento de Projetos – PMBOK*. 5. ed. Pennsylvania, 2013.

RAIFFA, H. *Decision Analysis: A Personal Account of How It Got Started and Evolved*. Operations Research, v.50, n.1, 179-185, 2002.

RODRIGUEZ, D. S. S.; COSTA, H. G.; DO CARMO, L. F. R. R. S. *Análise multicritério aplicada à modelagem de problemas de PCP: Mapeamento da produção bibliográfica em periódicos publicados no Brasil*. Gestão & Produção, 2013. v. 20, n. 1, p. 134-146, 2013.

ROGERS, M., BRUEN, M., MAYSTRE, L. *ELECTRE and Decision Support: Methods and Applications in Engineering and Infrastructure Investment*. USA: Kluwer Academic Publishers, 2000.

ROMERO, C. *Análisis de las decisiones multicriterio*. Madrid: Isdefe. 114 p.,1996, ISBN 84-89338-14-0

ROYER, P.S. *Risk Management: The Undiscovered Dimension of Project Management*, Project Management Journal, Vol. 31, N.1, p. 6-13, Mar. 2000.

- RUNERSON, P., HOST, M.** *Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering*, Springer: Empiric Software Eng., vol. 14, n.3, p. 131-164, 2009.
- SAATY, T.** *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1991.
- TAYLAN, O. et al.** *Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies*. Applied Soft Computing Journal, v. 17, p. 105–116, 2014.
- UHER, T. E.; TOAKLEY, A. R.** *Risk management in the conceptual phase of a project*. International Journal of Project Management, v.17, n.3, p.161-169,1999.
- VALERIANO, D.** *Moderno gerenciamento de projetos*. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- WHITE, D.** *Application of systems thinking to risk management: A review of the literature*. Management Decision, v.3, n.10, p.35–45, 1995.
- ZAVADSKAS, E.K., TURSKIS, T., TAMOSAITIENE, J.** *Risk assessment of construction projects*, Journal of Civil Engineering and Management, v.16, n.1, p.33-46, 2010.
- ZAVADSKAS, E.K., et al.** *Integrated group fuzzy multi-criteria model: Case of facilities management strategy selection*, Expert Systems With Applications, v.82, n.1, p.317-331, 2017.
- ZENG, J., AN, M., SMITH, N. J.** *Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment*. International Journal of Project Management, v. 25, p.589–600, 2007.
- ZHI, H.** *Risk management for overseas construction projects*. International Journal of Project Management, v. 13, n. 4, p. 231-237, 1995
- ZOU, P. X. W.; ZHANG, G.; WANG, J.** *Understanding the key risks in construction projects in China*. International Journal of Project Management, v. 25, n. 6, p. 601–614, 2007.