



ISBN: 978-85-67169-04-0

SIBRAGEC ELAGEC 2015

São Carlos / SP - Brasil - 7 a 9 de outubro

HIERARQUIZAÇÃO DE RISCOS DE PROJETO PERTENCENTE AO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

SILVA, Denilson Costa da (1); MILHOMEM, Danilo Alcantara (2); OLIVEIRA, Tassio Felipe Alves (3); SAMPAIO, Darlem Marinho (4)

(1) Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, engcsdenilson@gmail.com (2) Universidade do Estado do Pará, daniloalcantaramilhohomem@gmail.com (3) Universidade do Estado do Pará, tassio-felipe@hotmail.com (4) Universidade do Estado do Pará, darlem_sampaio@hotmail.com

RESUMO

O Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), integrante do Programa Minha Casa, Minha Vida tem como objetivo subsidiar a produção de unidade habitacional (UH) aos agricultores familiares e trabalhadores rurais e abrange todos os municípios nacionais. A dinâmica deste Programa tem exigido dos gestores das obras tomadas de decisões precisas com relação ao gerenciamento dos riscos envolvidos, buscando estabelecer prioridades, alocar recursos e implementar ações que aumentem as chances de sucesso do projeto. Neste contexto, este artigo tem por objetivo hierarquizar os riscos inerentes às fases de elaboração, análise e execução de obra considerando a política que envolve o PNHR. Para atingir tal objetivo, recorreu-se aos conceitos gerenciais de análise de riscos e da metodologia *Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy AHP)*, na qual propõe hierarquizar certos números de riscos identificados previamente, considerando o julgamento de especialistas frente às incertezas inerentes a um processo decisório multicritério. A metodologia abrange 05 (cinco) etapas: (i) Estudos técnicos; (ii) Seleção do(s) especialista(s); (iii) Obtenção dos critérios e alternativas de risco; (iv) Tabulação com o *Fuzzy AHP* e; (v) Hierarquização dos riscos. Desta forma, foi possível identificar e hierarquizar 05 (cinco) alternativas de riscos mediante 05 (cinco) critérios. Conclui-se que esta sistemática oferece uma base de informações precisas quanto ao grau de importância dos riscos envolvidos, sendo, portanto um instrumento que pode ser introduzido em processos de análise de riscos.

Palavras-chave: Análise de Riscos, Fuzzy AHP, PNHR.

ABSTRACT

The National Rural Housing Program (PNHR), a member of My House, My Life program aims to support the production of housing units (UH) to family farmers and rural workers and covers all national municipalities. The dynamics of this program is required of managers of works made of precise decisions concerning the management of the risks involved, seeking to establish priorities, allocate resources and implement actions that increase the project's chances of success. In this context, this article aims to rank the risks inherent in the design, preparation, analysis and project execution considering the policy involving the PNHR. To achieve this goal, we used the management concepts of risk analysis and methodology Fuzzy Analytic Hierarchy Process (AHP Fuzzy), which proposes prioritize certain number of previously identified risks, considering the judgment of experts across the uncertainties inherent to a process Multi-criteria decision-making. The methodology includes five (05) steps: (i) Technical studies; (ii) Selection expert(s); (iii) Obtaining the criteria and risk alternatives; (iv) Tab with Fuzzy AHP and; (v) Hierarchy of risks. Thus, it was possible to identify and rank five (05) alternative risk by 05 (five) criteria. It is concluded that this systematic provides a basis for accurate information about the degree of importance of the risks involved and therefore an instrument that can be introduced in risk analysis processes.

Keywords: Risk Analysis, Fuzzy AHP, PNHR.

1 INTRODUÇÃO

Com a compreensão dos diversos fatores (projeto, recursos de produção, processos de produção, ambiente, contingências) que implicam em alto risco de sucesso em um projeto de construção habitacional, o gerenciamento de riscos emerge como ferramenta fundamental para o estudo de eliminação ou amenização dos fatores críticos de sucesso de um empreendimento desta magnitude.

Desta forma, o objetivo do artigo é apresentar um estudo de hierarquização dos fatores de riscos de projeto de construção de interesse social levando em consideração as premissas do PNHR¹, especificamente em casos do Estado do Pará, PNHR/PA.

2 GESTÃO DE RISCOS EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo o guia PMBOK (2013) o risco do projeto é um evento ou condição incerta que, se ocorrer, provocará um efeito positivo ou negativo em um ou mais objetivos do projeto tais como escopo, cronograma, custo e qualidade.

Do ponto de vista do gerenciamento de riscos de projetos de construção civil, o número considerável de trabalhos que têm tratado esse assunto por si só evidencia a importância deste na construção civil, tanto no nível nacional quanto internacional. Em destaque tem-se alguns autores destes trabalhos: Akintoye e Macleod (1997), Buzzi *et al.* (2012); Azevedo *et al.* (2014), Li *et al.* (2013) e Linhares *et al.* (2012).

Na visão de Akintoye e Macleod (1997), os riscos na indústria da construção tem sido objeto de atenção por causa dos custos excessivos demandados ao tempo de projeto. Li *et al.* (2013) acrescentam que a gestão do risco é uma abordagem, portanto, necessária de tal modo que os participantes do projeto possam planejar considerando eventuais riscos afim de evitar atrasos no cronograma e danos ao orçamento.

PMBOK (2013), o gerenciamento dos riscos do projeto inclui os processos de planejamento, identificação, análise, planejamento de respostas e controle de riscos de um projeto. Os objetivos do gerenciamento dos riscos do projeto são aumentar a probabilidade e o impacto dos eventos positivos e reduzir a probabilidade e o impacto dos eventos negativos no projeto.

3 FUZZY AHP (FAHP)

Na literatura existem diversas versões do FAHP, e este trabalho utiliza a versão proposta por Chang (1996) sendo uma evolução do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desenvolvido pelo Professor Thomas Saaty em 1970.

O AHP é um método útil em processos decisórios multicritérios. Este método baseia-se na obtenção de pesos relativos entre os fatores e dos valores totais de cada alternativa de

¹ O Programa Nacional de Habitação Rural – PNHR é uma modalidade do Programa Minha Casa Minha Vida do governo federal, regulamentado pelo Ministério das Cidades e tem o propósito de melhorar as condições de habitação dos agricultores familiares e Assalariados Rurais em todo o Brasil através do subsídio a produção de unidades habitacionais aos agricultores familiares e trabalhadores rurais, e abrange todos os municípios nacionais. Podem participar, pessoas físicas, assalariados rurais e agricultores familiares, com renda familiar bruta anual máxima de R\$ 15.000,00, considerado o valor total da renda. O valor de subsídio para a produção de uma unidade habitacional (UH) em especificamente na Região Norte do País é de R\$ 30.500,00 e para reforma R\$ 18.400,00.

Para mais informações, acesse: <http://www.caixa.gov.br> ; <http://www.cidades.gov.br>

acordo com sua importância. Nesta pesquisa, a atribuição dos pesos dos critérios e alternativas de risco foi efetuada com base na escala fundamental de Saaty (SAATY, 2005), conforme o quadro 1.

Quadro 1 – Escala Fundamental de Saaty.

Escala	Importância Relativa	Característica
1	Igual importância	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de um sobre o outro	A experiência e o julgamento favorecem levemente um critério em relação ao outro
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um critério em relação ao outro
7	Importância muito grande ou demonstrada	Um critério é muito fortemente favorecido em relação ao outro
9	Importância absoluta	A evidência favorece um critério em relação ao outro com mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições
Valores recíprocos	Se um elemento <i>i</i> obtiver um dos valores apresentados acima quando comparado com o elemento <i>j</i> , então <i>j</i> possuirá o valor recíproco (inverso) quando comparado com <i>i</i>	

Fonte: SAATY, 2005.

Segundo Tang e Beynon (2005), em processos de análise de decisões multicritérios complexos, o método AHP não consegue resolver imprecisões e ambiguidades das decisões. Em função disso, surge o FAHP capaz de resolver imprecisões inerentes ao processo, pois a sua particularidade está na possibilidade de adicionar uma medida de imprecisão a cada etapa de decisão. Tal medida de imprecisão é representada pelo grau de fuzzificação (δ), atribuído a cada comparação pareada do processo decisório.

No método FAHP de Chang (1996) são considerados como valores de entrada, números *fuzzy* triangulares e utilizada aritmética específica para tais números.

Um número *fuzzy* triangular $M(l, m, u)$ é dado pela função de pertinência $\mu(x)$:

$$\begin{cases} X - l/m - l & \text{se } X \in [l, m] \\ X - u/m - u & \text{se } X \in [m, u] \\ 0 & \text{cc} \end{cases} \quad (1)$$

em que m é o valor modal de l (*lower*) e u (*upper*) os espalhamentos a esquerda e a direita, respectivamente. Estes espalhamentos caracterizam a imprecisão da quantidade tratada.

Sejam $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ e $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ números *fuzzy* triangulares, no desenvolvimento do método AHP são consideradas as operações:

$$(l_1, m_1, u_1) + (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2 + u_1 + u_2) \quad (2)$$

$$\lambda(l_1, m_1, u_1) = (\lambda l_1, \lambda m_1, \lambda u_1) \lambda > 0, \lambda \in R \quad (3)$$

$$(l_1, m_1, u_1) - 1 = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \quad (4)$$

Na matriz recíproca a de entrada *fuzzy*, tem-se: $a_{ij} = (l, m, u)$ e $a_{ji} = (1/u, m, 1/l)$.

Em Chang (1996), tem-se o conceito do valor de extensão sintética (S_j):

$$S_j = \sum_{i=1}^m M_k \times \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_k \right]^{-1} \quad (5)$$

Para comparar dois números *fuzzy* triangulares convexos (M_1 e M_2 são números que se interceptam), as equações 6 e 7 devem ser utilizadas, nas quais V representa a probabilidade de $M_1 \geq M_2$:

$$V(M_1 \geq M_2) = 1 \text{ se } m_1 \geq m_2 \quad (6)$$

$$V(M_2 \geq M_1) = \mu(d) = \max(M_1 \cap M_2) = l_1 - u_2 / (m_2 - u_2) - (m_1 - l_1) \quad (7)$$

A probabilidade de um dado número *fuzzy* M_1 ser maior que vários outros números *fuzzy* deve ser calculada por meio da equação 8:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_2)e \dots e(M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i) \quad (8)$$

onde $i=1, 2, \dots, k$.

Com a equação 9, calcula-se o grau de possibilidade de um dado número *fuzzy* S ser maior que vários outros números *fuzzy*:

$$V(S \geq S_1, S_2, \dots, S_n) = V[(S \geq S_1)e(S \geq S_2)e \dots e(S \geq S_n)] = \min V(S \geq S_i) \quad (9)$$

onde $i=1, 2, \dots, n$.

As comparações pareadas de S possíveis, a comparação global do S de um elemento C_i com o de todos os demais deverá ser realizada por:

$$d(C_i) = V(S_i \geq S_a, S_b, \dots, S_n) = \min (V(S_i \geq S_a), V(S_i \geq S_b), \dots, V(S_i \geq S_n)) \quad (10)$$

O vetor W' , definido como $W' = [d(C_i), d(C_a), d(C_b), \dots, d(C_n)]$, após ser normalizado (W), será, nesse sentido, o vetor dos pesos dos elementos (sejam esses critérios ou alternativas de escolha).

O vetor final dos pesos das alternativas, por considerar a ponderação pelos pesos dos critérios, será definido da seguinte forma:

$$W_c \times W_a \quad (11)$$

onde W_c é o vetor linha normalizado dos pesos dos critérios e W_a é o vetor normalizado dos pesos das alternativas segundo cada um dos critérios, possuindo dimensão $n \times n'$, sendo n o número de critérios e n' , o número de alternativas de escolha.

4 MÉTODO

O método da pesquisa é formado por cinco passos. Vale ressaltar que a mesma foi desenvolvida para estudar o processo de análise de risco em questão, o que não impede de ser aplicado a outros problemas.

4.1 Estudos Técnicos

Esse passo contempla a formação da base de conhecimento para atingir o objetivo do artigo. Nessa óptica, procurou-se reunir e analisar a base teórica de gerenciamento de riscos na construção civil, oriundos de artigos publicados em congressos e revistas especializadas.

4.2 Seleção do(s) Especialista(s)

Para a seleção do especialista a ser entrevistado, o critério utilizado foi o grau de importância e a intensidade de participação que o mesmo representava em um empreendimento pertencente do PNHR/PA. Mediante estas condições, a melhor alternativa foi escolher um próprio analista de projeto da instituição bancária financiadora. Pode-se considerar como benefícios desta escolha, o grau de familiarização que o especialista tem com o normativo do Programa, além de o mesmo possuir experiência em todas as etapas do projeto, que inclui elaboração e submissão do projeto, análise técnica, contratação, execução da obra e avaliação pós-ocupação.

4.3 Obtenção dos Critérios e Alternativas de Riscos

A obtenção dos critérios e alternativas de risco do empreendimento de construção foi por meio de entrevistas semi-estruturadas juntamente com o especialista. Tais entrevistas tiveram dois objetivos: primeiro a identificação dos critérios e alternativas de risco do projeto; segundo, a elicitação dos pesos dos critérios e dos desempenhos das alternativas para cada um dos critérios.

Foi realizada uma entrevista em profundidade com o especialista em março de 2015. A abordagem foi realizada de maneira direta, ou seja, o entrevistador esclarece o objetivo logo no princípio da entrevista. O especialista é convidado a falar livremente e suas declarações são registradas em formato de depoimento e posteriormente validadas pelo mesmo.

O método é baseado na comparação paritária dos critérios e alternativas considerados pelo especialista. Isso é feito por meios das perguntas: Qual destes critérios é o mais importante? Quanto este critério é mais importante que o outro? O especialista respondeu a estas perguntas com o número que relata a expressão verbal considerando a escala fundamental de Saaty (quadro 1).

4.4 Tabulação com o *Fuzzy* AHP

Essa etapa correspondeu ao processamento de dados obtidos nas entrevistas, ou seja, a abordagem quantitativa da pesquisa. Foram efetuadas comparações pareadas de todos os critérios. Tais comparações permitiram a atribuição de pesos aos critérios definidos e a consequente verificação de quais aspectos do processo decisório são mais importantes. Em seguida, foram realizadas comparações pareadas das alternativas sob o ponto de vista de cada um dos critérios. Essas comparações foram feitas com base na Escala Fundamental de Saaty inserindo-se números *fuzzy* triangulares e o valor do grau de fuzzificação adotado, 0,5.

4.5 Hierarquização dos Riscos

Esse passo contempla a apresentação dos riscos hierarquizados de acordo com os resultados apresentados. Tem por objetivo determinar onde devem ser focados os esforços gerenciais a partir de uma escala de prioridade envolvendo tanto critérios bem como alternativas de riscos.

5 RESULTADOS E ANÁLISES

No quadro 2 constam os extratos da entrevista com o especialista que são a identificação dos critérios e alternativas de riscos que envolvem o projeto PNHR/PA.

Quadro 2- Critérios e Alternativas de riscos definidos

Critérios		Alternativas de Riscos	
C1	Elaboração de Projetos – Conformidade	A1	Deficiência de qualificação técnica quanto à elaboração de projetos
C2	Elaboração de Projetos – Prazo	A2	Deficiência em gestão de projetos
C3	Gestão de Mão de Obra (MO)	A3	Deficiência de comunicação (motivação, mobilização e treinamento de mão de obra)
C4	Execução de Obras – Conformidade	A4	Deficiência de orientação técnica e controle
C5	Execução de Obras – Prazo	A5	Deficiência em gestão de cronograma de obras

Fonte: Autores, 2015.

Após a identificação dos riscos, o especialista atribuiu isoladamente, de acordo com a escala de Saaty, os pesos relativos para as relações par a par entre critério com critério e alternativa com alternativa sob o ponto de vista de cada critério.

No quadro 3, pode-se observar a matriz de comparação entre os critérios sendo levada em consideração a relevância de um critério sobre o outro.

Quadro 3- matriz de comparação entre os critérios

.	C1			C2			C3			C4			C5		
C1	1	1	1	4,5	5	5,5	2,5	3	3,5	4,5	5	5,5	2,5	3	3,5
C2	0,18	1/5	0,22	1	1	1	2,5	3	3,5	2,5	3	3,5	2,5	3	3,5
C3	0,29	1/3	0,4	0,29	1/3	0,4	1	1	1	8,5	9	9	8,5	9	9
C4	0,18	1/5	0,22	0,29	1/3	0,4	1/9	1/9	0,12	1	1	1	6,5	7	7,5
C5	0,29	1/3	0,4	0,29	1/3	0,4	1/9	1/9	0,12	0,15	1/7	0,13	1	1	1

Fonte: Autores, 2015.

Pela Fórmula (5) temos os valores das somas associadas:

$$S_1 = (15, 17, 19) (1/61.8, 1/57.4, 1/52.2) = (0.24266711, 0.29600353, 0.364206016)$$

$$S_2 = (8.68, 10.2, 11.72) (1/61.8, 1/57.4, 1/52.2) = (0.1404527, 0.1776021, 0.2247002)$$

$$S_3 = (18.57, 19.67, 19.8) (1/61.8, 1/57.4, 1/52.2) = (0.3004450, 0.3424354, 0.3795410)$$

$$S_4 = (8.08, 8.64, 9.24) (1/61.8, 1/57.4, 1/52.2) = (0.13069474, 0.15051683, 0.17711663)$$

$$S_5 = (1.81, 1.92, 2.07) (1/61.8, 1/57.4, 1/52.2) = (0.02970869, 0.03344204, 0.03931470)$$

Proseguindo os cálculos, realizou-se as comparações pareadas considerando todas as possibilidades entre as medidas *fuzzy* encontradas:

$$V(S_1 \geq S_2) = 1; V(S_1 \geq S_3) = 0.58; V(S_1 \geq S_4) = 1; V(S_1 \geq S_5) = 1; V(S_2 \geq S_1) = 0; V(S_2 \geq S_3) = 0; V(S_2 \geq S_4) = 1; V(S_2 \geq S_5) = 1; V(S_3 \geq S_1) = 1; V(S_3 \geq S_2) = 1; V(S_3 \geq S_4) = 1; V(S_3 \geq S_5) = 1; V(S_4 \geq S_1) = 0; V(S_4 \geq S_2) = 0.58; V(S_4 \geq S_3) = 0; V(S_4 \geq S_5) = 1; V(S_5 \geq S_1) = 0; V(S_5 \geq S_2) = 0; V(S_5 \geq S_3) = 0; V(S_5 \geq S_4) = 0.$$

Calculou-se a partir da equação 10, o vetor W'_c , resultando em $W'_c = (0.58, 0, 1, 0, 0)$.

$$d(C_1) = V(S_1 \geq S_2, S_3, S_4, S_5) = \min(1, 0.58, 1, 1) = 0.58; d(C_2) = V(S_2 \geq S_1, S_3, S_4, S_5) = \min(0, 0, 1, 1) = 0; d(C_3) = V(S_3 \geq S_1, S_2, S_4, S_5) = \min(1, 1, 1, 1) = 1; d(C_4) = V(S_4 \geq S_1, S_2, S_3, S_5) = \min(0, 0, 0, 0) = 0; d(C_5) = V(S_5 \geq S_1, S_2, S_3, S_4) = \min(0, 0, 0, 0) = 0$$

Após sua normalização, obteve-se o vetor dos pesos $W_c = (0.3665, 0, 0.6335, 0, 0)$.

Esta comparação foi efetuada também para as alternativas de riscos de acordo com cada critério separadamente. O quadro 4 mostra os vetores normalizados das alternativas.

Quadro 4- Vetores normalizados das alternativas de risco

	A1	A2	A3	A4	A5
C1	0,7508	0,2492	0,0000	0,0000	0,0000
C2	0,6405	0,3595	0,0000	0,0000	0,0000
C3	0,4966	0,1135	0,3899	0,0000	0,0000
C4	0,3994	0,2501	0,3506	0,0000	0,0000
C5	0,5709	0,1566	0,2725	0,0000	0,0000

Fonte: Autores, 2015.

O quadro 5 apresenta os resultados finais do presente artigo. As colunas (A1, A2, A3, A4 e A5) são produtos oriundos entre os vetores normalizados das alternativas de riscos e o $W_c = (0.3665, 0, 0.6335, 0, 0)$. As somatórias dos critérios de cada alternativa resultam nos percentuais indicando o nível de importância de cada alternativa de risco, explicitada na coluna de percentuais (%). Percentuais estes que dão base para estabelecimento da coluna hierarquia.

Quadro 5- Resultados finais

	A1	A2	A3	A4	A5	%	Hierarquia
C1	0,2752	0,0000	0,3146	0,0000	0,0000	59	1°
C2	0,0913	0,0000	0,0719	0,0000	0,0000	16	3°
C3	0,0000	0,0000	0,2470	0,0000	0,0000	25	2°
C4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	4°
C5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0	5°

Fonte: Autores, 2015.

Com os resultados observou-se que o risco - Deficiência de qualificação técnica quanto à elaboração de projetos – se destacou dentre os cinco, com um percentual em um nível muito acima dos demais. Em segundo plano está o risco - Deficiência de comunicação (motivação, mobilização e treinamento de mão de obra). Seguindo a hierarquia, em terceiro têm-se o risco - Deficiência em gestão de projetos. O segundo e terceiro lugar no *ranking* já apresentaram percentuais proporcionalmente próximos.

Os riscos - Deficiência de orientação técnica e controle – e - Deficiência em gestão de cronograma de obras – apresentaram percentuais nulos. De acordo com Linhares *et al.* (2012), os valores nulos encontrados não indicam uma irrelevância dos mesmos no projeto, mas sim uma baixa preferência frente às demais opções. Os mesmos autores atribuem este valor zero, em parte ao fato de o entrevistado ter respondido graus de preferência extremos em diversas comparações pareadas. Outro ponto de análise, é com relação a característica do algoritmo, onde a comparação global das medidas sintéticas *fuzzy*, seleciona o menor valor dentre as comparações (LINHARES ET AL., 2012).

Mediante os valores nulos para estes riscos, o ponto de análise de decisão para estabelecimento da hierarquia foi com base no peso atribuído pelo especialista, onde o C4 tem peso 7 em relação a C5, indicando que a não conformidade da execução tem interferência direta no atraso do cronograma da obra.

6 CONCLUSÕES

O objetivo do artigo foi atingido uma vez que apresentou uma hierarquização dos riscos eventuais em projetos de construção do PNHR/PA. Tal hierarquização, de fato, representa a realidade da política que envolve os processos de projeto do PNHR/PA, certificando a eficiência do FAHP. Isso porque se destacou a alternativa de risco correspondente a elaboração do projeto, considerada etapa crítica, portanto merecendo ações prioritárias quanto a plano de respostas aos riscos. Outrossim, em segundo plano, encontra-se a alternativa de risco que corresponde a deficiência de comunicação com a mão de obra, ou seja, a orientação da equipe de execução da obra quanto ao projeto executivo bem como as especificações técnicas, pois se trata de empreendimentos em que a participação dos beneficiários na construção é premissa do programa, e que a tecnologia envolvida para construção é de amplo conhecimento e de domínio público.

A escolha do entrevistado foi uma decisão acertada, pois suas informações foram essenciais para a indicação dos riscos potenciais, elicitação dos pesos relativos aos riscos além de agregar conhecimento à pesquisa no que diz respeito à política do PNHR. Mesmo assim, torna-se necessário a agregação de mais opiniões na busca de maior percepção dos riscos e seus níveis de impacto no projeto.

Como esse estudo abordou a identificação de riscos e o nível de impacto destes em projetos de construção do PNHR/PA. Portanto, sugere-se realizar estudos a fim de verificar o melhor plano de respostas a estes riscos.

REFERÊNCIAS

- AKINTOYE, A.; MACLEOD, M. **Risk analysis and management in construction**. International Journal of Project Management. v. 15, p. 31-38, 1997.
- AZEVEDO, R.C.; ENSSLIN, L.; JUNGLES, A.E. **A Review of Risk Management in Construction: Opportunities for Improvement**. Modern Economy, 5, 367-383, 2014. <http://dx.doi.org/10.4236/me.2014.54036>
- BUZZI, D. C.; JUNGLES, A. E.; ÁVILA, A. V. **Gerenciamento de riscos em incorporadoras da construção civil: uma abordagem utilizando lógica difusa**. In: XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Juiz de Fora: 2012.
- CHANG, D.Y. **Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP**, European Journal of Operational Research, vol.95, pp.649-655, 1996.
- LI, H. X.; AL-HUSSEIN, M.; LEI, Z.; AJWEH, Z. **Risk identification and assessment of modular construction utilizing fuzzy analytic hierarchy process (AHP) and simulation**. NRC Research Press, Can. J. Civ. Eng. 40: 1184–1195, 2013.
- PMBOK Guide. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. Project Management Institute. 5ª Ed., 2013.
- TANG, Y.; BEYNON, M. **Application and Development of a Fuzzy Analytic Hierarchy Process within a Capital Investment Study**, Journal of Economics and Management, v.1, n.2, 207-230, 2005.
- SAATY, T. L. **Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks**. Pittsburgh: RWS Publications, 2005.
- LINHARES, C. G.; GUSSEN, C. T. G.; RIBAS, J.R. **O método fuzzy AHP aplicado à análise de riscos de usinas hidrelétricas em fase de construção**. In: Congresso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa & Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, 2012.