

## Elicitação de especialistas aplicada ao contexto de gerenciamento de um projeto ferroviário

Ramon Freitas Mendes (PUC-Rio)  
[ramonfmendes@gmail.com](mailto:ramonfmendes@gmail.com)

Fernando Luiz Cyrino Oliveira (PUC-Rio)  
[cyrino@puc-rio.br](mailto:cyrino@puc-rio.br)

Lupércio França Bessegato (UFJF)  
[lupercio.bessegato@ufjf.edu.br](mailto:lupercio.bessegato@ufjf.edu.br)



*Projetos de manutenção ferroviária sempre utilizaram da opinião de especialistas para o seu planejamento, devido à grande incerteza inerente do impacto de fatores internos e externos que podem influenciar a produtividade das atividades. O presente estudo apresenta uma das formas existentes na literatura para quantificar essa opinião através da utilização da elicitação de especialistas, ramo da estatística Bayesiana, permitindo assim o tratamento da informação através de uma distribuição de probabilidade a priori, ampliando as possibilidades de aplicação e também a assertividade do gerenciamento. Foram obtidas as eliciações para a produtividade da atividade de desguarnecimento de linha (metros/hora), sendo uma atividade realidade de forma mecanizada, porém com muita influência de fatores como clima e qualidade do lastro ferroviário. A partir das informações, utilizou-se a distribuição Beta como a que melhor representa a opinião do especialista. Como resultado do trabalho foi obtida uma ferramenta que permite unir conceitos e fases importantes do gerenciamento de projetos, como a concepção e o planejamento, às informações obtidas através de métodos estatísticos com um grande potencial de ganho para o ambiente empresarial, neste caso ferroviário.*

*Palavras-chave: Gerenciamento de Projetos, Elicitação de Especialistas, Distribuição Beta, Manutenção Ferroviária, Ferrovia.*

## 1. Introdução

Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos na área de gerenciamento de projetos, e conseqüentemente, maiores são as possibilidades de trabalhar as informações e traduzi-las em modelos e análises que possam fornecer vantagem competitiva para o processo empresarial e que auxilie no avanço científico relacionado ao tema.

Normalmente um projeto é descrito como uma seqüência discreta de tarefas, com prazos e custos totais que são obtidos a partir da soma destes eventos. Porém, essas redes podem ser mal interpretadas, dado que nem sempre projetos vão ocorrer de forma linear, com tarefas iniciadas e encerradas, mas sim como uma rede de processos interativos (GOROD et al., 2019).

A maioria dos estudos existentes na literatura a respeito de manutenção ferroviária, são relativos a ferramentas e métodos que tratam os parâmetros técnicos de controle que determinam os gatilhos de necessidade de realização de intervenção em um trecho de via ferroviária, existindo assim um *gap* na literatura voltada para o gerenciamento de projetos de manutenção ferroviária e seus recursos (CAETANO; TEIXEIRA, 2015, 2016; PARGAR; KAUPPILA; KUJALA, 2017).

Gerenciar esses recursos de forma assertiva, é tão importante quanto a definição de gatilhos para atuação, pois sabe-se que muitas variáveis podem interferir na execução das atividades em projetos desse tipo e, muitas vezes a percepção desses impactos não é mensurável de forma quantitativa, mas sim através da experiência de especialistas a respeito de projetos semelhantes ou de características do local de trabalho.

Na ferrovia o uso da opinião de especialistas de forma qualitativa é comum na rotina empresarial, que se deve à experiência adquirida por anos, conhecimento das atividades de manutenção e também dos impactos em produtividade de cada trecho.

Dessa forma, é importante uma metodologia que permita a transformação da opinião desses especialistas em um dado qualitativo que possa integrar o planejamento do mesmo.

Na literatura científica esse termo é tratado como opinião, julgamento ou elicitación de especialistas e vários estudos, abordam metodologias e protocolos indicando formas de realizar a aplicação do conceito em gerenciamento de projetos em outras áreas de atuação (CHARISSE FARR et al., 2019; HANEA et al., 2018; HANEA; NANE, 2019; HEMMING et al., 2018; O'HAGAN, 2019b).

Nesse sentido, o estudo realizado teve como objetivo apresentar uma das formas existentes na literatura para quantificar a opinião de especialistas, ramo da estatística Bayesiana, permitindo

assim o tratamento da informação através de uma distribuição de probabilidade a priori, ampliando as possibilidades de aplicação e também a assertividade do gerenciamento.

## 2. Referencial Teórico

As técnicas desenvolvidas para tratar o julgamento de especialistas são usadas para quantificar informações que em dado momento, seja pelas dificuldades técnicas, alto custo ou singularidade do modelo estudado, ou quando não é possível obter dados reais para imputar no modelo em questão. Em outras aplicações, os julgamentos de especialistas também podem ser usados para aprimorar, ou serem aprimorados, por dados reais que são obtidos de um modelo e tem também aplicação na estimativa de incertezas de parâmetros (LINDLEY; BEDFORD; COOKE, 2002).

No gerenciamento de projetos a criação de modelos que levam em consideração a incerteza das variáveis de um mundo real, em um ambiente virtual e probabilístico são essenciais para aproximar o planejamento da realidade da execução. A modelagem de dados é uma ferramenta muito poderosa para melhorar a comunicação entre as pessoas nas fases iniciais de planejamento de um projeto, permitindo discussões objetivas, sem deixar de levar em consideração a opinião das pessoas envolvidas, desenvolvendo quantitativamente essas informações através de resultados modelados que possam suportar essa opinião (GOROD et al., 2019).

Ao ser considerada a opinião de especialistas em um dado modelo, conforme é levantado por Vose (2008), é inserida na variável a incerteza da informação obtida através da opinião do especialista se somando a incerteza randômica inerente do processo, devendo ser consideradas ambas na análise do modelo.

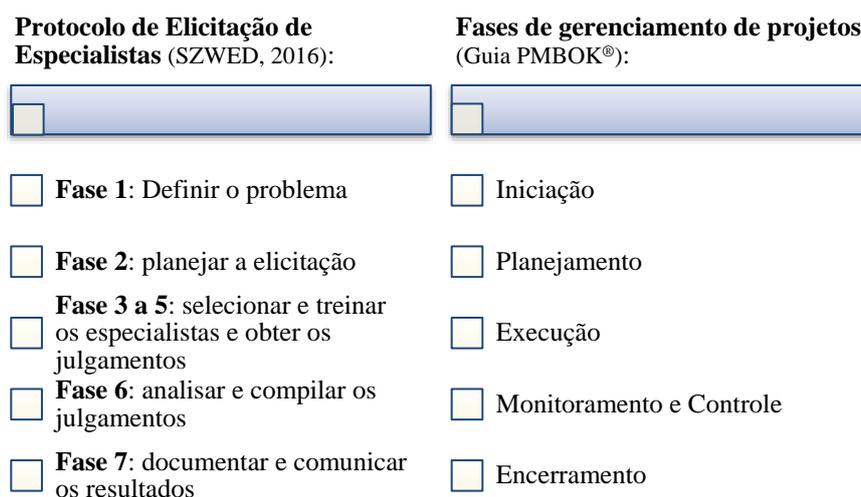
Logo, a variabilidade de processos é melhor tratada se incluída em algum tipo de modelo estocástico, integrada às distribuições de incerteza dos parâmetros analisados. Normalmente, na criação de modelos para análise de dados em projetos, quando não temos dados suficientes disponíveis para especificar a incerteza de uma variável, opta-se por consultar especialistas que possam oferecer sua opinião sobre essa incerteza (VOSE, 2008), e existem protocolos sugeridos sobre como quantificar essa informação dadas as peculiaridades dos parâmetros.

Szwed (2016) realizou uma pesquisa bibliográfica em aproximadamente 41 artigos sobre elicitación de especialistas e a partir da comparação dos processos definidos para estruturar o julgamento de especialistas em 5 trabalhos principais, esse autor chega a um protocolo de 7 etapas genéricas para o desenvolvimento de um estudo neste ramo, são elas:

1. Defina o problema
2. Planeje a elicitação
3. Selecione os especialistas
4. Treine os especialistas
5. Obtenha os julgamentos
6. Analise e compile os julgamentos
7. Documente e comunique os resultados

Conforme levantando também por Szwed (2016) o protocolo definido acima pode ser comparado com as fases do gerenciamento de projetos definidas pelo Guia PMBOK®, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Comparação entre o protocolo de elicitação de especialistas e as etapas de gerenciamento de projetos



Fonte: Adaptado das informações de Szwed (2016).

Na primeira fase, é muito importante a clara definição do que será elicitado sendo, por exemplo, valores quantitativos ou probabilidades de ocorrência de determinados eventos (SZWED, 2016). A partir desta definição, já na Fase 2, o protocolo IDEA prevê duas alternativas de formato de questões, levando em consideração se o valor elicitado será uma quantidade ou um probabilidade (HEMMING et al., 2018).

Hemming et al. (2018) sugere a utilização do protocolo IDEA para melhorar a precisão dos julgamentos de especialistas, abrangendo passos-chave, abordando um procedimento Delphi modificado e a aplicação dos 5 passos do IDEA: Investigar, Discutir, Estimar e Agregar. Hanea et al. (2018) também indica a aplicação do protocolo IDEA em seu estudo para julgamento de especialistas estruturado, ressaltando que apesar da utilização desses ser de grande

aplicabilidade em estudos diversos, e muito difundido na área de análise de riscos, o uso de ferramentas para lidar com esses julgamentos de forma transparente ainda é relativamente recente.

Um fator importante que deve ser considerado e tratado ao ser elaborado um protocolo de elicitação de especialista são os vieses existentes a partir das respostas dadas, levando em consideração a forma como as pessoas fazem julgamentos (O’HAGAN, 2019a).

Ao elaborar a questão o pesquisador deve procurar contornar esses vieses, usando táticas já estabelecidas e estudadas previamente na forma como a questão é estruturada, bem como o procedimento como um todo é conduzido.

### **2.1. Elicitando a distribuição Beta**

O uso de métodos bayesianos para a análise de dados e a obtenção de resultados a partir de informações de um processo, vem crescendo muito em uso nas mais diversas áreas de aplicação desde a psicologia (ANDREWS; BAGULEY, 2013), no desenvolvimento e análise de ensaios clínicos (AZZOLINA et al., 2021), ao gerenciamento de projetos na obtenção de elicitaciones para construção de cronogramas e orçamento (FIROUZI; KHAYYATI, 2020; KHAMOOSHI; ABDI, 2017; KIM; REINSCHMIDT, 2009; REZAKHANI, 2020).

O método parte do uso de informações iniciais, que conforme levantado por Kim & Reinschmidt (2009), podem ser obtidas através de estimativas randômicas para uma elicitação a priori, mas apenas quando essa informação não é relevante para a performance do processo atual. No caso do planejamento de um projeto em fase de concepção, sabe-se que o resultado da informação é importante para o processo de planejamento de recursos, logo é sugerido o uso da elicitação de especialista, conforme sugerido por Kim & Reinschmidt (2009) em seu modelo com o uso da distribuição Beta, utilizando a elicitação de uma distribuição PERT, definindo um cenário otimista, mais provável e pessimista, na sequência para obtenção dos parâmetros da Beta para aplicação do modelo.

Um método sugerido por O’Hagan (1998) em seu trabalho consiste na obtenção de estimativas para os limites superior (L), inferior (U) e da moda (M) – ou valor mais provável – através da elicitação dos especialistas.

Na sequência são obtidas 5 probabilidades também indicadas pelos especialistas, sendo elas as probabilidades de um valor não conhecido X se encontrar entre os seguintes intervalos:

$$\begin{aligned}\rho_1 &= P(L < X < M), \\ \rho_2 &= P(L < X < \frac{L+M}{2}), \\ \rho_3 &= P(\frac{M+U}{2} < X < U), \\ \rho_4 &= P(L < X < \frac{L+3M}{4}), \\ \rho_5 &= P(\frac{U+3M}{4} < X < U).\end{aligned}$$

As probabilidades devem ser solicitadas ao especialista na ordem apresentada a fim de mitigar o possível vício nos valores elicitados, e permitem que o especialista concentre a sua elicitación nos valores do centro da distribuição, evitando que o mesmo elicite pequenas probabilidades onde é maior a chance de erro.

Na sequência, os valores elicitados são transformados em seis probabilidades, conforme abaixo:

$$\begin{aligned}q_1 &= P\left(L < X < \frac{L+M}{2}\right) = \rho_2, \\ q_2 &= P\left(\frac{L+M}{2} < X < \frac{L+3M}{4}\right) = \rho_4 - \rho_2, \\ q_3 &= P\left(\frac{L+3M}{4} < X < M\right) = \rho_1 - \rho_4, \\ q_4 &= P\left(M < X < \frac{U+3M}{4}\right) = 1 - \rho_1 - \rho_5, \\ q_5 &= P\left(\frac{U+3M}{4} < X < \frac{M+U}{2}\right) = \rho_5 - \rho_3, \\ q_6 &= P\left(\frac{M+U}{2} < X < U\right) = \rho_3.\end{aligned}$$

Durante a elicitación é indicado que as probabilidades obtidas de  $q_1, \dots, q_6$  sejam apresentadas para os especialistas na forma de um histograma, para que possa ser confirmado por eles se a forma apresentada representa o que eles acreditam.

Finalizando, O’Hagan (1998) sugere que uma distribuição Beta de limites (L, U), seja obtida a partir da determinação do par de valores ( $\alpha, \beta$ ) parâmetros da distribuição Beta que minimize a soma de quadrados das diferenças entre as probabilidades obtidas a partir da elicitación  $q_1, \dots, q_6$  e as probabilidades da distribuição Beta ( $\alpha, \beta$ ). Na sequência aconselha-se mostrar a distribuição Beta obtida para o especialista e questioná-lo se ela também representa o seu conhecimento acerca da informação elicitada para decidir continuar com a Beta obtida.

### 3. Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido a partir do objetivo de realizar uma análise crítica dos estudos da literatura científica para embasar uma estratégia de atuação e aplicação de elicitação de especialista em atividades de um projeto de renovação de linha ferroviária. Após análise da literatura foram selecionados quatro principais estudos que nortearam a execução desse trabalho (MOALA; PENHA, 2016; O’HAGAN, 1998, 2019b; SZWED, 2016).

Para o protocolo de trabalho em etapas foi seguido o sugerido por Szwed (2016), com objetivo de estruturar o trabalho de elicitação e reduzir o viés dos especialistas através da definição das perguntas. Na sequência, para obter uma estimativa mais assertiva das massas de probabilidade foi utilizado o método de 5 probabilidades, a partir da obtenção dos limites e valor mais provável, proposto por O’Hagan (1998), e complementado com os pontos levantados por O’Hagan (2019b) para evitar viés e trabalhar as informações dos especialistas. Moala e Penha (2016) ratifica e complementa o estudo de O’Hagan (1998).

Foram obtidas as elicitações para a produtividade da atividade de desguarnecimento de linha (metros/hora), sendo uma atividade realizada de forma mecanizada, porém com muita influência de fatores como clima e qualidade do lastro ferroviário. A partir das informações, utilizou-se a distribuição Beta como a que melhor representa a opinião do especialista.

Posteriormente a curva construída foi validada com o especialista e apresentadas as possibilidades de aplicação da curva num cenário de planejamento do projeto e posterior controle através da atualização com informações reais das atividades.

### 4. Resultados e Discussões

As informações obtidas através da pesquisa bibliográfica foram aplicadas a um projeto de desguarnecimento e renovação de linha em uma empresa ferroviária. Um projeto como esse prevê a troca do lastro ferroviário, que corresponde a brita que dá suporte para os trilhos e dormentes – vigas de madeira, concreto ou aço normalmente que sustentam os trilhos. A partir do peneiramento e substituição desse lastro é realizada na sequência também a renovação dos componentes anteriormente citados, como dormentes, trilho e toda a fixação.

Todo o processo é quase inteiramente mecanizado com equipamentos ferroviários específicos para cada atividade, existindo uma sequência estabelecida para atuação de cada equipamento considerando o avanço do projeto em quilômetros ferroviários, muito semelhante a projetos de origem repetitiva como construção ou revitalização de estradas, gasodutos e outros.

Para aplicação do estudo foram seguidas as fases sugeridas por Szwed (2016) e apresentadas no referencial teórico do presente trabalho, estabelecendo as atividades e parâmetros elicitados e preparando os especialistas para obter a opinião dos mesmos evitando possíveis viés ou vícios intrínsecos ao processo de elicitação, garantindo o entendimento e participação direta do especialista no processo.

#### 4.1. Escolha das atividades e parâmetros a serem elicitados

Na Fase 1 foi definido que o foco da aplicação da elicitação de especialistas seria obedecendo dois critérios na seguinte ordem: (i) processos que não possuem produtividade muito clara e definida por fatores simples de serem monitorados e quantificados, sendo necessário o uso da experiência de especialistas ligados àquelas atividades; e também (ii) processos críticos para o andamento do projeto por serem considerados caminho crítico do mesmo em seu cronograma, ou gargalos de grande impacto nas demais atividades planejadas.

Desta forma foram definidos dois processos para serem elicitados, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Processos a serem elicitados

Valor a ser elicitado	Atividade ligada ao processo	Justificativa
<b>Produtividade da atividade de desguarnecimento de linha levando em consideração a sazonalidade das chuvas na região (km/dia)</b>	Desguarnecimento de linha	Processo crítico por ser o carro chefe que “abre frente” de trabalho para os demais processos e por sofrer grande influência de chuvas
<b>Disponibilidade esperada de equipamentos ferroviários</b>	Correção geométrica (Socaria de linha)	Processo crítico por garantir o reestabelecimento da linha ferroviária para a passagem de trens

Fonte: Autores (2021)

#### 4.2. Definição das perguntas e perfil dos especialistas

Na Fase 2 de Planejamento da elicitação foi definido que as perguntas seriam formuladas usando o procedimento sugerido por O'Hagan (1998) para obter os valores da produtividade da atividade de desguarnecimento de linha, na unidade de medida de metros por hora (m/h). Essa atividade foi escolhida considerando o impacto nas demais etapas do projeto, e por sua produtividade variar bastante dependendo de fatores internos, como quebra de máquina,

qualidade do lastro no local, e também externos como chuva ou interferências com comunidades, fatores esses que muitas vezes são conhecidos, mas difíceis de quantificar.

O método desenvolvido por O'Hagan (1998) foi confirmado por Moala e Penha (2016) como o melhor método a ser aplicado, se comparado com outros três estudados, onde O'Hagan (1998) possui um desempenho superior quando a imprecisão do especialista aumenta, e se mostrou um método robusto para garantir a elicitação da massa de probabilidade na proximidade da moda do valor obtido, sem menosprezar as probabilidades das bordas, dado que 5 probabilidades são levantadas a partir da obtenção do maior valor, da moda e do menor valor.

Para esse estudo foi selecionado um especialista com mais de 15 anos de experiência no setor de manutenção ferroviária e em projetos semelhantes a esse, conhecendo na prática a execução da atividade em questão.

#### 4.3 Elicitação e obtenção da distribuição Beta

A metodologia foi aplicada para a obtenção da produtividade da atividade de desguarnecimento de linha através das informações obtidas em reunião com um especialista que conhece a fundo os detalhes da atividade no dia-a-dia e os fatores internos e externos que levam a variação da sua produtividade.

Depois de devidamente esclarecido sobre as fases e treinado para obter as elicitações, o especialista iniciou definindo os limites inferior (L), superior (U) e o valor mais provável, a moda (M). Na sequência foi solicitado ao mesmo que definisse os valores para as probabilidades  $\rho_1$  a  $\rho_5$  definidas a partir dos limites e moda informados, conforme abaixo:

$$L = 50,$$

$$U = 160,$$

$$M = 100,$$

$$\rho_1 = P(L < X < M) = P(50 < X < 100) = 0,40,$$

$$\rho_2 = P\left(L < X < \frac{L+M}{2}\right) = P(50 < X < 75) = 0,05,$$

$$\rho_3 = P\left(\frac{M+U}{2} < X < U\right) = P(130 < X < 160) = 0,05,$$

$$\rho_4 = P\left(L < X < \frac{L+3M}{4}\right) = P(50 < X < 87,5) = 0,1,$$

$$\rho_5 = P\left(\frac{U+3M}{4} < X < U\right) = P(115 < X < 160) = 0,2.$$

A partir dos valores elicitados, foram calculadas as probabilidades  $q_1$  a  $q_6$ , que representam as subdivisões da distribuição de probabilidade elicitada, desde o valor inferior informado ao valor superior, conforme demonstrado abaixo:

$$q_1 = P\left(L < X < \frac{L+M}{2}\right) = P(50 < X < 75) = \rho_2 = 0,05,$$

$$q_2 = P\left(\frac{L+M}{2} < X < \frac{L+3M}{4}\right) = P(75 < X < 87,5) = \rho_4 - \rho_2 = 0,1 - 0,05 = 0,05,$$

$$q_3 = P\left(\frac{L+3M}{4} < X < M\right) = P(87,5 < X < 100) = \rho_1 - \rho_4 = 0,40 - 0,1 = 0,3,$$

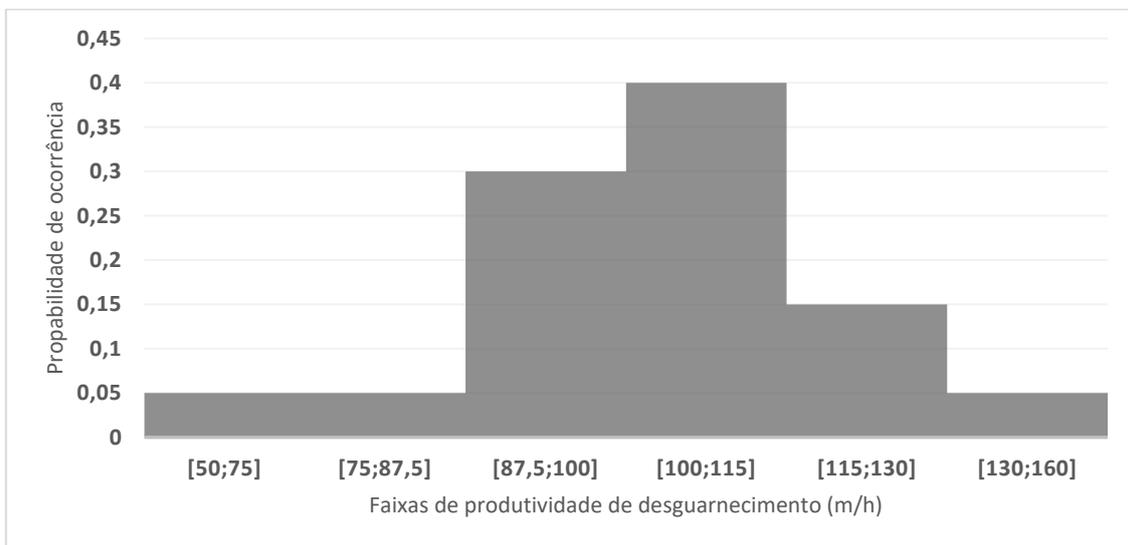
$$q_4 = P\left(M < X < \frac{U+3M}{4}\right) = P(100 < X < 115) = 1 - \rho_1 - \rho_5 = 1 - 0,40 - 0,2 = 0,40,$$

$$q_5 = P\left(\frac{U+3M}{4} < X < \frac{M+U}{2}\right) = P(115 < X < 130) = \rho_5 - \rho_3 = 0,2 - 0,05 = 0,15,$$

$$q_6 = P\left(\frac{M+U}{2} < X < U\right) = P(130 < X < 160) = \rho_3 = 0,05.$$

Com os valores de  $q_1$  a  $q_6$  foi possível desenhar o histograma das probabilidades obtidas na elicitación conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Histograma de produtividade elicitada da atividade de desguarnecimento de linha



Fonte: Autores (2021)

Após definido o histograma das probabilidades, o próximo passo foi a obtenção dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição Beta que melhor represente as probabilidades elicitadas, através da

minimização do erro quadrático entre as probabilidades acima e as probabilidades da Beta obtidas para os mesmos pontos, método proposto por Moala e Penha (2016) em seu estudo.

Para a minimização do erro quadrático foi implementado um modelo de otimização conforme demonstrado matematicamente abaixo:

$$\text{MIN FO} = \sum_i^6 (q_i - f(x_i; \alpha, \beta))^2$$

Sujeito a:

$$\alpha \geq 1$$

$$\beta \geq 1$$

Sendo:

$q_i$  as probabilidades obtidas a partir dos valores  $\rho_i$  elicitados

$f(x_i; \alpha, \beta)$  a função de densidade de probabilidade (PDF) da distribuição Beta para uma variável qualquer  $x$  dada por (KIM; REINSCHMIDT, 2009):

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} \frac{(x - L)^{\alpha-1} (U - x)^{\beta-1}}{(U - L)^{\alpha+\beta-1}}$$

onde,  $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$ ,  $L \leq x \leq B$  e

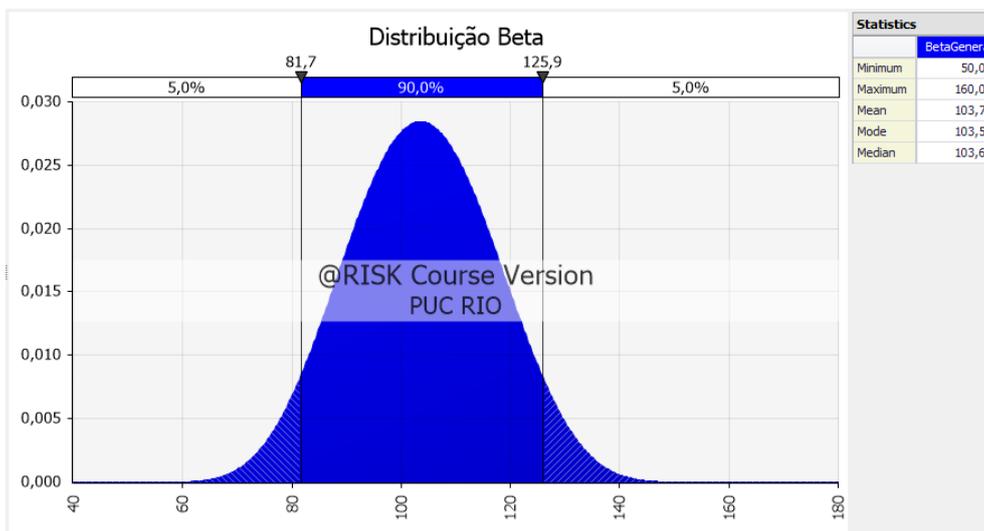
$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 t^{\alpha-1} (1 - t)^{\beta-1} dt$$

O problema de otimização acima foi resolvido através do método não linear Gradiente Reduzido Generalizado (GRG) (ABADIE, 1969) e obtidos os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  para a distribuição que melhor atendessem as condições impostas. De acordo com Köksoy e Yalcinoz (2006) este é um método muito utilizado para a otimização de problemas com múltiplas respostas por aproximação e pelo mesmo ser disponibilizado no pacote Solver do software Microsoft Excel®.

Para contornar a limitação levantada por Köksoy e Yalcinoz (2006) de que a estimativa inicial do parâmetro seja próxima ao valor obtido para acontecer a convergência para o ponto ótimo, no modelo matemático foi definido que  $\alpha$  e  $\beta$  deveriam ser maiores que 1 (um) já levando em consideração o estudo do formato do histograma obtido na Figura 2 e analisados os parâmetros de  $\alpha$  e  $\beta$  que se aproximavam em forma do histograma obtido anteriormente. Os valores obtidos

foram  $\alpha = 7,75$  e  $\beta = 8,12$  e a curva de densidade de probabilidade da Beta conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Curva de distribuição de probabilidade da Beta



Fonte: Autores (2021)

Após definida a curva da Beta foi confirmado com o especialista se a mesma representada a informação elicitada, sendo recomendado executar esse procedimento mostrando a curva, mas também trazendo informações relevantes sobre os resultados da probabilidade, como por exemplo o limite inferior de 5%, que seria 81,7 metros/hora e o superior de 95% que corresponde a 125,9 metros/hora, traduzindo a curva em informações do dia-a-dia que são melhor entendidas por ele.

A partir da distribuição de probabilidade obtida, amplia-se o campo de aplicações da produtividade elicitada no contexto do planejamento do projeto, usando a informação para estimativa de cronogramas com o uso de simulação, obtenção de horas previstas de máquina trabalhando para a previsão de paradas para a manutenção, definição de estoques mínimos e máximos necessários dentro de uma porcentagem de incerteza agregada ao modelo, dentre outros.

Além disso, também é previsto com o avanço do projeto, a utilização de informações reais de produtividade para a dada atividade correlacionadas a distribuição beta definida a priori, podendo assim aprimorar os seus parâmetros e atualizar as estimativas para os processos controlados.

## 5. Considerações Finais

Nesse trabalho foi apresentada a eficácia do método de elicitação de especialistas expandindo a sua aplicação em um novo contexto além da estatística bayesiana, e agregando-o a processos importantes de planejamento e gerenciamento de projetos.

Constata-se ser essencial integrar aos métodos quantitativos estudados, boas práticas de gerenciamento, agindo em pontos cruciais para garantir que a informação obtida é confiável, buscando elicitar quantidades ou informações que os especialistas entendam bem, e ao elaborar as perguntas e apresentar a metodologia, usar linguagem simples e assertiva, sempre questionando através de exemplos e aferições se as informações levantadas estão refletindo a sua opinião.

Outro aspecto muito importante desse processo é garantir que as fontes de incertezas estão sendo mapeadas e provocar separadamente a identificação das mesmas, o que se mostra não só uma boa prática para combater o excesso de confiança dos especialistas como também auxilia no mapeamento para o controle ao longo da execução de um projeto.

Após a aplicação do método descrito nesse estudo em um projeto de renovação ferroviária, espera-se um maior aperfeiçoamento da fase de planejamento, utilizando a distribuição obtida como *input* para modelos de planejamento das atividades com utilização de simulação. A informação também oferece perspectivas alinhadas ao controle do projeto, correlacionadas a produtividade real do desguarnecimento de linha, e conseqüentemente permitir a retroalimentação do planejamento.

## 6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Além do apoio das universidades parceiras: PUC-Rio e UFJF.

## REFERÊNCIAS

- ABADIE, J. Generalization of the Wolfe reduced gradient method to the case of nonlinear constraints. **Optimization**, p. 37–47, 1969.
- ANDREWS, M.; BAGULEY, T. Prior approval: The growth of Bayesian methods in psychology. **British Journal of Mathematical and Statistical Psychology**, v. 66, n. 1, p. 1–7, 2013.
- AZZOLINA, D. et al. Prior Elicitation for Use in Clinical Trial Design and Analysis: A Literature Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 4, p. 1833, 2021.
- CAETANO, L. F.; TEIXEIRA, P. F. Optimisation model to schedule railway track renewal operations: a life-

- cycle cost approach. **Structure and Infrastructure Engineering**, v. 11, n. 11, p. 1524–1536, 2 nov. 2015.
- CAETANO, L. F.; TEIXEIRA, P. F. Strategic Model to Optimize Railway-Track Renewal Operations at a Network Level. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 22, n. 2, p. 04016002, jun. 2016.
- CHARISSE FARR, A. et al. Combining Opinions for Use in Bayesian Networks: A Measurement Error Approach. **International Statistical Review**, p. insr.12350, 29 dez. 2019.
- FIROUZI, A.; KHAYYATI, M. Bayesian Updating of Copula-Based Probabilistic Project-Duration Model. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 146, n. 5, p. 04020046, 2020.
- GOROD, A. et al. **Evolving Toolbox for Complex Project Management**. [s.l.] CRC Press, 2019.
- HANEA, A. M. et al. Classical meets modern in the IDEA protocol for structured expert judgement. **Journal of Risk Research**, v. 21, n. 4, p. 417–433, 2018.
- HANEA, A. M.; NANE, G. F. Calibrating experts’ probabilistic assessments for improved probabilistic predictions. **Safety Science**, v. 118, n. June, p. 763–771, 2019.
- HEMMING, V. et al. A practical guide to structured expert elicitation using the IDEA protocol. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 9, n. 1, p. 169–180, 2018.
- KHAMOOSHI, H.; ABDI, A. Project Duration Forecasting Using Earned Duration Management with Exponential Smoothing Techniques. **Journal of Management in Engineering**, v. 33, n. 1, p. 04016032, 2017.
- KIM, B.; REINSCHMIDT, K. F. Probabilistic Forecasting of Project Duration Using Bayesian Inference and the Beta Distribution. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 3, p. 178–186, 2009.
- KÖKSOY, O.; YALCINOZ, T. Mean square error criteria to multiresponse process optimization by a new genetic algorithm. **Applied Mathematics and Computation**, v. 175, n. 2, p. 1657–1674, 2006.
- LINDLEY, D. V.; BEDFORD, T.; COOKE, R. **Probabilistic Risk Analysis: Foundations and Methods**. [s.l.: s.n.]. v. 86
- MOALA, F. A.; PENHA, D. L. ELICITATION METHODS FOR BETA PRIOR DISTRIBUTION. **REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA**, v. 34, p. 49–62, 2016.
- O’HAGAN, A. Eliciting expert beliefs in substantial practical applications. **Journal of the Royal Statistical Society Series D: The Statistician**, v. 47, n. 1, p. 21–35, 1998.
- O’HAGAN, A. Expert Knowledge Elicitation: Subjective but Scientific. **American Statistician**, v. 73, n. sup1, p. 69–81, 2019a.
- O’HAGAN, A. Expert Knowledge Elicitation: Subjective but Scientific. **The American Statistician**, v. 73, n. sup1, p. 69–81, 29 mar. 2019b.
- PARGAR, F.; KAUPPILA, O.; KUJALA, J. Integrated scheduling of preventive maintenance and renewal projects for multi-unit systems with grouping and balancing. **Computers and Industrial Engineering**, v. 110, p. 43–58, 2017.
- REZAKHANI, P. Hybrid fuzzy-Bayesian decision support tool for dynamic project scheduling and control under uncertainty. **International Journal of Construction Management**, v. 0, n. 0, p. 1–13, 2020.
- SZWED, P. S. **Expert Judgment in Project Management: Narrowing the Theory-Practice Gap**. [s.l.] Project Management Institute, 2016.
- VOSE, D. **Risk Analysis - A quantitative guide**. [s.l.: s.n.].