

MULTIVAC: FERRAMENTA PARA ESTIMAR O TEMPO DE DURAÇÃO DE PROJETOS UTILIZANDO SIMULAÇÃO MONTE CARLO

CARVALHAIS, Diego de Almeida Nascimento ¹
BAÍA, Joas Weslei ²

RESUMO

No planejamento de projetos, é necessário estimar a duração de cada atividade do projeto. Isso é importante para o gerenciamento do tempo do projeto, sem o qual é possível que sejam gerados problemas ao definir os requisitos e na definição de prazos para os clientes. A ferramenta desenvolvida possibilita o apoio ao planejamento do projeto através da geração de um gráfico de probabilidade que mostra a probabilidade de realização de uma atividade no tempo estimado. Foi aplicado o Método Monte Carlo, levando em consideração a utilização de uma distribuição probabilística – neste caso, a distribuição triangular, tornando possível realizar a estimativa para alocação de tempo da entrega de atividades através da análise da probabilidade de conclusão. A ferramenta demonstra resultados compatíveis com outras ferramentas disponíveis, se mostrando mais rápida e fácil de ser utilizada.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de tempo. Simulação Monte Carlo. Distribuição Triangular.

INTRODUÇÃO

A gestão de projetos é uma realidade em todas as grandes economias desde os anos 90. Com o crescimento dos investimentos, as empresas e companhias começaram a planejar e organizar seus projetos para se adaptarem aos

1 FAGOC. E-mail: diego.carvn@gmail.com

2 FAGOC. E-mail: joasweslei@gmail.com



novos padrões. A inovação é necessária devido ao ambiente competitivo global, portanto tornou-se indispensável gerenciar projetos para minimizar seus riscos (MIND TOOLS, 2015).

Gerenciar um projeto é uma atividade complexa, e o uso de instrumentos baseados em métodos científicos para a tomada de decisão torna-se indispensável – tendência que se tem verificado nos últimos vinte anos. O uso de simulações em gerenciamento de projetos vem ganhando interesse, verificando-se o crescimento do número de pesquisas e publicações sobre o assunto (LEAL; OLIVEIRA, 2011).

Segundo Aguiar, Alves e Henning (2010), o método das simulações compreende ferramentas usadas na tomada de decisões para solução de vários tipos de problemas, em especial para situações que envolvem análise de risco para prever o resultado de uma certa decisão frente a incerteza. A aplicação de simulações em problemas de gerenciamento requer, em primeiro lugar, uma modelagem matemática do sistema a se investigar, reconhecendo as variáveis e os relacionamentos importantes do problema, tornando possível a simulação das respostas do sistema para diferentes escolhas da tomada de decisão.

O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

Uma parcela significativa dos projetos sofre com atraso para a entrega de seus produtos ou serviços. Dentre os vários motivos que

podem levar um cronograma de um projeto a sofrer atrasos, destacam-se os problemas de planejamento e execução (META ANÁLISE, 2015).

Os atrasos no cronograma do projeto aumentam os custos e implicam a insatisfação do cliente. Podem acontecer problemas de atraso no projeto por variáveis externas, mas geralmente eles são causados por problemas na execução das atividades (MEDEIROS, 2015).

Segundo Barcaui (2007), a estimativa dos prazos e custos das atividades deve ser cuidadosamente calculada, baseando-se na experiência de especialistas na área da tarefa e em lições aprendidas em projetos anteriores.

Atrasos na execução das atividades do caminho crítico implicam atrasos no projeto como um todo, devido à interdependência quanto à finalização dessas atividades. Algumas vezes o atraso ocorre por incompetência de quem a realiza (ocasionada por falta de capacidade), mas pode haver outras causas, como falha nas instruções ao executor ou troca de profissional (MEDEIROS, 2015).

O próprio projeto recebe os danos causados por atrasos, pois, além de aumentar o custo, aumenta também o tempo para sua entrega. Então, por que alguns projetos não cumprem o prazo programado? Segundo Cleland e Lewis (2007), o problema é que o prazo de execução está ligado a uma previsão feita durante a fase do planejamento, ou seja, antes de sua execução. Sabe-se que as previsões não são 100% acuradas, pois contratempos ocorrem e sempre irão ocorrer, por isso, ter boas ferramentas para realizar tais previsões é imprescindível.

Estimar e gerenciar o tempo com precisão é uma habilidade de grande importância na tarefa do gerenciamento de projetos, pois sem ela não há como saber o quanto vai demorar uma atividade, tampouco o quanto a execução do projeto vai levar, o que impossibilita estabelecer contratos de prestação de serviços. Existem métodos e ferramentas que podem auxiliar na realização dessas tarefas, como o método PERT, Simulação Monte Carlo e os dados históricos de estimativa.

Nesse trabalho, a ferramenta desenvolvida permite obter a estimativa probabilística de duração das atividades do projeto através do método Monte Carlo.

OBJETIVOS

Objetivos Gerais

Desenvolver uma ferramenta computacional para aplicar a Simulação Monte Carlo na estimativa de tempo de projetos.

Objetivos Específicos

- Desenvolver a representação gráfica da Simulação;
- Utilizar a distribuição Triangular de Probabilidades para realizar a estimativa de tempo em projetos;
- Testar a ferramenta desenvolvida.

GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Projeto é um conjunto de atividades realizadas com o objetivo de desenvolver um produto e/ou serviço em um determinado período de tempo o que significa que há um início, um meio e um fim para o projeto ser realizado. O gerenciamento de projetos se concretiza pelo planejamento, execução e controle das atividades através da aplicação de conhecimentos e de técnicas de uma forma eficaz e efetiva. Trata-se de uma competência estratégica para as organizações que faz com que se unam os resultados do projeto com o objetivo do negócio. A gerência de projetos sempre foi utilizada de forma informal, mas começou a crescer como uma profissão a partir de meados do século XX (DUNCAN, 2015).

De acordo com Larson e Gray (2011), o gerenciamento é composto por um grupo de processos compostos por 5 etapas: início; planejamento; execução; monitoramento e

controle; e encerramento.

Inicialmente, ocorre a definição do escopo do projeto, e são destinados os primeiros recursos para seu desenvolvimento. É uma etapa de altíssima relevância, pois nela fica estabelecido se o projeto é viável ou não.

No planejamento, define-se como a execução deve ocorrer a partir do gerenciamento de tempo, do gerenciamento de escopo, do gerenciamento de custo, além de outros planos definidos.

Na execução, boa parte do orçamento estipulado é gasta, pois é nessa fase que o esforço principal do projeto é realizado, seguindo os planos e gerenciamentos estipulados anteriormente para que o projeto tenha um resultado satisfatório. Durante essa fase, pode ser necessário atualizar algumas partes no planejamento e mudar alguns planos.

No controle ou monitoramento, é feito o acompanhamento, assim como a revisão e a regulamentação do processo e do desempenho do projeto, e ainda a identificação das áreas em que há necessidade de haver mudanças. Nessa fase, o desempenho do projeto é medido, periódica e uniformemente, para que haja a identificação de variações em relação ao planejado.

No encerramento, é feito o teste de aceitação com o cliente e com o patrocinador, para verificar se o resultado alcançado é o esperado, avaliar as documentações do que foi aprendido, atualizar ativos dos processos e arquivar os documentos relevantes.

O conhecimento do gerenciamento é composto por dez áreas, entre as quais estão o gerenciamento de tempo, que serão relevantes neste documento (KERZNER, 2013).

GERENCIAMENTO DE TEMPO

O Gerenciamento de tempo do projeto envolve um conjunto de atividades para garantir que as entregas previstas na fase de planejamento sejam realizadas (KERZNER, 2013). Segundo Atkinson (1999), o gerenciamento de tempo do

projeto é dividido nas seguintes etapas:

a) Definição das atividades – É o processo de identificar as ações específicas a serem realizadas para realizar a entrega do projeto, a fim de definir as atividades necessárias para concluir cada um dos pacotes de trabalho;

b) Sequenciar as atividades – É o processo de identificar e documentar o relacionamento entre as atividades de projeto. São usadas relações lógicas para fazer esse sequenciamento, o qual pode ser feito de forma manual ou através de ferramentas digitais de gerenciamento de projetos;

c) Estimar os recursos das atividades – É a tarefa de estimar os recursos necessários para cada atividade;

d) Fazer a estimativa do tempo de cada atividade – É o processo de prever o período de tempo que cada atividade do projeto levará para ser concluída, considerando os recursos alocados. As entradas para essa estimativa vêm de pessoas ou grupos da equipe do projeto que estão acostumados com a natureza do serviço que será realizado na atividade específica;

e) Desenvolver o cronograma do projeto – É o processo da análise das sequências de atividades, suas durações, os recursos e as restrições do projeto, com o objetivo de criar um cronograma a ser seguido no projeto;

f) Controlar o cronograma do processo de monitoramento – É a alteração do cronograma de acordo com as necessidades e problemas surgidos durante seu andamento.

Há diversas maneiras para se estimar o tempo das atividades presentes em um projeto. Na ferramenta desenvolvida e apresentada nesse artigo foi utilizado o Método de Monte Carlo, apresentado na seção a seguir.

SIMULAÇÃO MONTE CARLO

O Método Monte Carlo foi desenvolvido no laboratório de armas nucleares de Los Alamos, por John Von Neumann e Stanislaw Ulam, no

projeto Manhattan durante a Segunda Guerra Mundial. Recebeu o nome em referência aos jogos de azar, como dados e sorteios que aconteciam nos cassinos de Monte Carlo em Mônaco (ULAM, 1949).

Segundo Aguiar, Alves e Henning (2010), o método da simulação Monte Carlo é uma técnica que atribui valores as variáveis de forma estocástica. Para gerar esses valores aleatórios, são usadas rotinas disponíveis nos computadores através de funções como a Math.random da linguagem de Java. Para que haja segurança na estimativa do comportamento da variável, a simulação é repetida muitas vezes. O método Monte Carlo é aplicado em problemas de análise de risco, na política de estoques, no fluxo de produção, nas filas de espera e na política para manutenção de equipamentos. Esse método de simulação utiliza modelos estatísticos para representar o comportamento imprevisível das variáveis do sistema analisado.

Segundo Chwif e Medina (2010), existem duas variedades de simulações: as simulações computacionais e as simulações não computacionais, onde não há necessidade de um computador. O Método Monte Carlo está classificado como uma simulação do tipo computacional devido a necessidade de geração de números aleatórios. Para a realização de uma Simulação pelo método Monte Carlo é necessário:

a) Escolher a distribuição probabilística mais adequada ao problema estudado, nesse projeto foi utilizada a distribuição triangular;

b) Escolher um modo de gerar os valores aleatórios, já que a Simulação Monte Carlo funciona utilizando-os para simular a reação das variáveis que estão em análise. Existem diversas maneiras para a geração desses valores, indo de sorteios manuais até complexas funções computacionais;

c) Submeter os números aleatórios gerados na função de distribuição de probabilidades acumulada escolhida no primeiro passo. Com isso, os valores são associados aos parâmetros de intervalo inseridos para a

distribuição;

d) Gerar a tabela de frequências dos dados simulados;

e) Finalmente, gerar e exibir o histograma da tabela de frequência junto com a curva de frequência acumulada. Essa curva indica a probabilidade da ocorrência do valor da variável em análise.

A Simulação Monte Carlo apresenta respostas de teor probabilísticos, por exemplo, ao se executar uma simulação para realizar a estimativa do período de duração de uma atividade, a resposta para essa simulação é a probabilidade dessa atividade ser finalizada no tempo determinado. Ela excede as respostas estritamente binárias. Com a utilização de números aleatórios ela simula os eventos estocásticos que podem vir a interferir no período de duração das atividades.

DISTRIBUIÇÃO TRIANGULAR

A distribuição triangular é utilizada quando uma quantidade limitada de dados está disponível. Os seus parâmetros de entrada utilizados são: o menor valor, o maior valor e o valor mais provável. Suas aplicações mais comuns são as simulações econômicas; no planejamento da gerência de projetos e na modelagem de fenômenos naturais, entre outras (BUSSAB; MORETTIN, 2010).

Uma vez que os limites mínimo e máximo são conhecidos, é usada no gerenciamento de risco, por não se saber muito como o resultado é distribuído. A Figura 1 apresenta a função acumulada de Distribuição de Probabilidades Triangular. Essa função recebe cinco parâmetros:

- y: variável aleatória
- a: é a estimativa otimista
- b: é a estimativa pessimista
- m: é a estimativa mais provável
- n: é o número de simulações

$$F^{-1}(y|a, m, b, n) = \begin{cases} a + \sqrt{y(m-a)(b-a)}, & \text{Para } 0 \leq y \leq \frac{m-a}{b-a} \\ b - \sqrt{(1-y)(b-m)(b-a)}, & \text{Para } \frac{m-a}{b-a} \leq y \leq 1. \end{cases}$$

Fonte: Kotz e Dorp, 2004

O resultado dessa função é um valor entre 0 e 1, o qual não representa a duração da atividade, mas irá compor a tabela de frequência e consequentemente o histograma, para, então, através das frequências acumuladas, indicar a probabilidade de ocorrência do valor de duração da atividade.

GOOGLE CHARTS

O Google Charts³ é um componente desenvolvido e disponibilizado pela Google que provê funções para visualização de dados em páginas web. São oferecidos gráficos de linha, colunas, barras, área, radar e pizza (DOUGLAS, 2016).

O Google Charts é um componente escrito em JavaScript. Quando o desenvolvedor adicionar o componente na página, são carregadas as bibliotecas do Google Charts de acordo com o gráfico solicitado. Os gráficos são interativos e podem responder a eventos, criando outras experiências de usabilidade (GOOGLE DEVELOPERS, 2016).

Os gráficos renderizados no Google Charts utilizam a tecnologia HTML5 para deferir a compatibilidade que existe entre as plataformas e os navegadores. Todos os tipos de gráficos da API obtêm e armazenam os seus dados através de uma classe chamada DataTable. A classe DataTable é munida de métodos para ordenar, modificar e filtrar dados. Além de poder ser preenchida diretamente da página web (GOOGLE DEVELOPERS, 2016).

³ <https://developers.google.com/chart/>

MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO

Para desenvolver a ferramenta apresentada neste artigo, foram escolhidas tecnologias de acordo com as referências bibliográficas. Foi utilizado o Método Monte Carlo para estimar a duração das atividades; em decorrência, foi empregada a distribuição de probabilidades triangular. Para fornecer uma interface gráfica adequada à análise, foi utilizado o componente Google Chart.

Segundo Aguiar, Alves e Henning (2010), a grande diferenciação do método Monte Carlo das técnicas deterministas é que ele permite que os parâmetros do projeto que possuem incerteza sejam tratados de maneira probabilística. Exemplo desses parâmetros são as estimativas de duração das atividades ou quanto cada atividade irá custar. Resultado disso é que o cronograma também se torna probabilístico, permitindo análise dos cenários diversos que o projeto pode enfrentar e suas diferentes chances de ocorrência, que leva a resultados mais realistas, fornecendo uma base de conhecimento mais sólida para a tomada de decisão.

Tendo escolhido o Método da Simulação Monte Carlo, é necessário escolher uma das distribuições probabilísticas para realizar a associação dos valores aleatórios utilizando a função de distribuição probabilística acumulada e, como a ferramenta levaria em consideração o tempo das atividades de um projeto ou o tempo do projeto por inteiro, a distribuição mais apropriada seria aquela que se aproximasse mais de um prazo que um gerente de projetos teria na vida real. Nesse caso, foi escolhida a Distribuição Triangular, que leva em consideração três parâmetros, um pessimista, um otimista e outro mais provável – o que é bem próximo do que um gerente pode possuir para fazer a previsão do tempo de cada atividade ou do tempo total do projeto (CARLOS, 2014).

A ferramenta foi desenvolvida para a plataforma web por ser uma tendência na área do desenvolvimento, já que as novas tecnologias

estão cada vez mais tomando o formato da nuvem, ou seja, estão rodando inteiramente online. Outros motivos que são importantes para a escolha da plataforma web são: a facilidade no acesso, que pode ser feita em qualquer lugar bastando haver um navegador e uma conexão com a internet; a facilidade em se realizar alguma alteração na ferramenta, tendo apenas que alterar o servidor onde ela está hospedada; e a possibilidade de não ser necessário nenhum tipo de instalação na máquina do cliente para a ferramenta ser executada (ORANGE MANTRA, 2016).

Foi usado o html e o css para o desenvolvimento do layout, o html é uma linguagem de fácil uso e entendimento; não é necessário nenhum tipo de plug-in para funcionar, pois a ferramenta desenvolvida não deveria necessitar de nenhuma funcionalidade especial de um servidor, o html se torna uma ótima opção. Em conjunto com o html foi utilizado o CSS (Cascading Style Sheets), que é uma linguagem que define estilos das tags do html em um documento separado, tornando mais fácil a manutenção da página por ser simples e apenas descrever estilos, além de possibilitar o desenvolvimento de layouts primorosos sem a necessidade de utilizar imagens e tabelas (VTECH-SEO, 2016).

Para a implementação da simulação Monte Carlo e demais funcionalidades da página, foi utilizada a linguagem de programação JavaScript por se tratar de uma linguagem executada do lado do cliente, ou seja, o código é executado no processador do usuário e não no servidor, permitindo reduzir a latência da comunicação entre cliente e servidor, economizando assim recursos e banda de internet do servidor (JSCRIPTERS, 2016).

O resultado da simulação é exibido ao usuário no formato de histograma. Para gerar e exibir esse gráfico foi escolhida a API Google Charts do Google que possui o modelo de gráfico necessário e as opções de customização de estilo que tornaram possíveis a exibição adequada da informação. Além disso, a API foi escrita em

JavaScript (DOUGLAS, 2016).

RESULTADOS OBTIDOS

Na tela inicial da ferramenta apresentada na Figura 2, estão os campos para as entradas de dados: Limite Inferior, Limite Superior, o valor mais provável e a quantidade de simulações. Logo abaixo, está a funcionalidade que apresenta a probabilidade de o evento estar dentro de uma faixa de valores e que tem como dados de entrada um limite superior e um limite inferior. A probabilidade só pode ser obtida após a simulação ter sido executada.

Figura 2: Tela Inicial da Ferramenta

Com o objetivo de demonstrar o uso da simulação Monte Carlo implementada na ferramenta, considere os valores de entrada informados:

- Limite Inferior é a estimativa otimista prevista pelo usuário. No exemplo da Figura 2 foi inserido o valor 3;
- Limite Superior é o valor pessimista previsto pelo usuário. No exemplo da Figura 2 foi

inserido o valor 10;

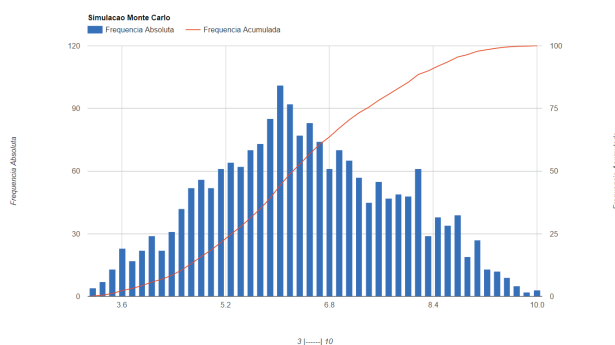
- Mais Provável é o valor que possui maior probabilidade de se concretizar. Por alterar completamente o resultado da simulação, é recomendável que esse parâmetro seja obtido através de estudos sobre a atividade. No exemplo da Figura 2 foi inserido o valor 6;

- Número de simulações é a quantidade valores aleatórios o sistema usará na simulação. A quantidade mínima de simulações geradas pelo sistema é 1000, em caso de um valor inferior, será feita a simulação com a quantidade mínima aceita.

Quando o usuário informa esses quatro valores e clica no botão executar (Figura 2), o sistema realiza em segundo plano as seguintes tarefas:

- São gerados os valores aleatórios de acordo com a quantidade e limites definidos pelo usuário;
- Os valores gerados são distribuídos na função de Distribuição Triangular Acumulada;
- Por fim, é calculada a tabela de frequência, então é exibida ao usuário no formato de histograma como mostrado na Figura 3.

Figura 3: Resultado da Simulação



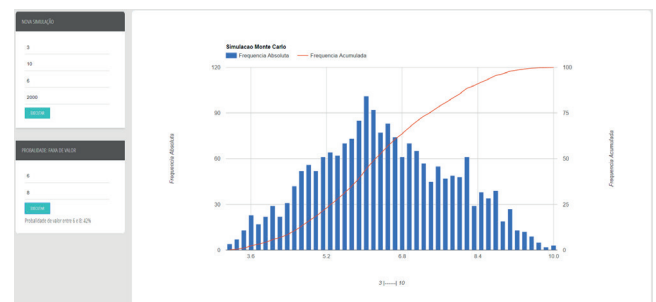
Analisando a Figura 3, no eixo horizontal do histograma são mostradas as classes de valores calculadas na tabela de frequência. Esses valores podem ser vistos com mais detalhe ao deixar o cursor sobre a barra da classe desejada, onde é mostrado o valor de sua frequência absoluta.

No eixo vertical à esquerda estão os

valores para as frequências absolutas (quantidade de simulações que encontraram os valores presentes em cada classe), apresentados em azul. No eixo vertical à direita estão os valores percentuais referentes à frequência acumulada, ou seja, o resultado probabilístico da ocorrência dos valores do intervalo compreendido entre o limite inferior e superior.

A partir do histograma é possível obter a probabilidade de ocorrência de um valor compreendido no intervalo entre o limite inferior e superior, utilizando a seção Probabilidade: faixa de valor no canto inferior esquerdo da ferramenta (Figura 2). Por exemplo: qual a probabilidade de uma atividade ser concluída entre os dias 6 e 8 na simulação obtida na Figura 3? Conforme mostra a Figura 4, há 42% de chance de o valor de duração ocorrer no intervalo informado.

Figura 4: Resultado final



A ferramenta está disponível no link⁴. Não é necessário nenhum tipo de instalação, e funciona diretamente no navegador. Para avaliar o comportamento da ferramenta em relação a outras ferramentas disponíveis, foram realizados três testes com valores disponíveis na literatura.

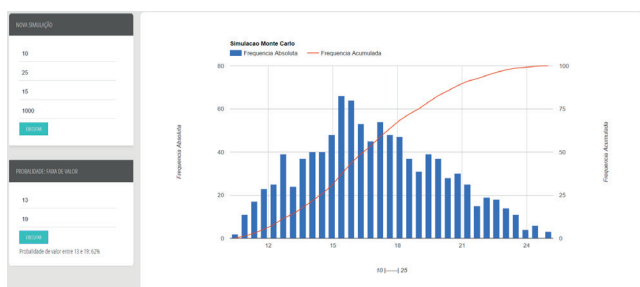
SIMULAÇÃO 1

Ferreira e Machado (2012) realizaram uma simulação usando o Microsoft Office Excel considerando 10 dias como limite inferior, 25 dias como limite superior e 15 dias como previsão mais provável. Eles calculam a probabilidade

⁴ <https://htmlpreview.github.io/?https://github.com/sthialth/Tcc-Diego-2016/blob/master/index.html>

de o valor de duração estar contido entre o intervalo [13, 19] dias, obtendo como resultado a probabilidade de 64%. Realizando a mesma simulação com a ferramenta desenvolvida, o resultado obtido foi de 62%, conforme ilustra a Figura 5. Observa-se que o resultado calculado pela ferramenta desenvolvida converge para a probabilidade calculada por Ferreira e Machado (2012).

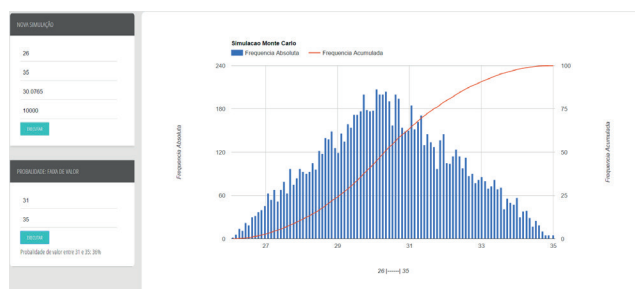
Figura 5: Resultado da simulação 1



SIMULAÇÃO 2

Aguiar, Alves e Henning (2010) realizaram a simulação do tempo de duração de um projeto, levando em consideração o período de 26 horas como o menor possível, 35 horas como maior período e, como duração mais provável, o tempo de 30,0765 horas e utilizando 10.000 números aleatórios. Logo após obter o histograma em sua simulação, foi calculada a probabilidade de o projeto levar mais de 31 horas de duração, recebendo como resposta a probabilidade 37%. Na ferramenta desenvolvida, foi obtida a probabilidade 35,36%, mostrando-se bem próximo em comparação à de Aguiar, Alves e Henning (2010), conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6: Resultado da simulação 2

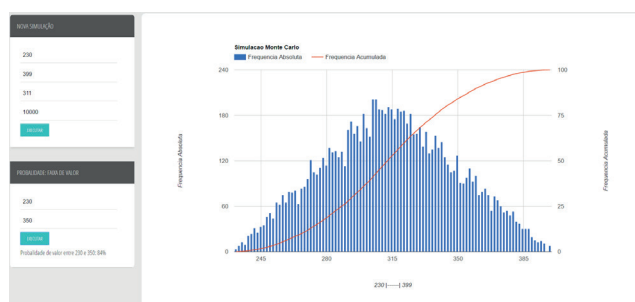


SIMULAÇÃO 3

Leal (2011) simulou o tempo para realização de um a projeto relativo à indústria de óleo e gás que levaria no mínimo o período de 230 dias, tendo como período máximo 399 dias e como previsão mais provável 311 dias.

A Figura 7 mostra o resultado da simulação realizada na ferramenta desenvolvida. Leal (2011) calculou que a chance de o projeto ser concluído entre 230 dias e 350 dias seria de 87,94%. A mesma simulação foi repetida na ferramenta desenvolvida e o percentual de chance de essa duração ocorrer no intervalo informado foi de 84%.

Figura 7: Resultado da simulação 3



A ferramenta desenvolvida mostrou resultados compatíveis com os das simulações disponíveis na literatura, em que as divergências nos resultados são devidas às simulações usarem valores aleatórios; porém, nos três testes realizados a diferença não ultrapassou o limiar de 5%. Os resultados da ferramenta estão de acordo

com os resultados de três simulações realizadas por pessoas diferentes em três softwares diferentes.

Uma vantagem dessa ferramenta em relação à simulação realizada no Microsoft Office Excel é a agilidade para obter os resultados; em contrapartida, há necessidade de criação da planilha e fórmulas para então obter o resultado da simulação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferramenta desenvolvida irá auxiliar o gerente de projetos na fase de planejamento do tempo do projeto, especificamente na tarefa de estimar a duração das atividades. A ferramenta tem como diferencial a velocidade de execução, que depende exclusivamente do poder de processamento do dispositivo do usuário, podendo assim gerar uma quantidade muito grande de valores aleatórios para a simulação. Além de ser executada diretamente do navegador sem que nenhum software separado seja necessário. Além disso, é possível descobrir a probabilidade para uma determinada faixa de valor.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Gilberto de; CUNHA ALVES, Custodio da; HENNING, Elisa. Gerenciamento de projetos: simulação de Monte Carlo via a ferramenta simular. 2010.
- ATKINSON, Roger. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*, v. 17, n. 6, p. 337-342, 1999.
- BARCAUI, André B. et al. Gerenciamento do tempo em projetos. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2007.
- BUSSAB, Wilton de O.; MORETTIN, Pedro A. Estatística básica. Saraiva, 2010.
- CARLOS, Leme. Sistema de apoio ao planejamento de projetos baseado no método de simulação de Monte Carlo, p.16, jun. 2014.
- CLELAND, David I.; IRELAND, Lewis R. Gerenciamento de projetos. LTC, 2007.
- CROCKFORD, Douglas. The application/json media type for javascript object notation (json). 2006.
- DEVELOPERS GOOGLE. Using Google Charts. Disponível em: <<https://developers.google.com/chart/interactive/docs/>>. Acesso em: 13 out. 2016.
- DOUGLAS, Allan. Introdução à Google Chart Tools. Disponível em: <<http://www.devmedia.com.br/introducao-a-google-chart-tools/26453>>. Acesso em: 9 out. 2016.
- DUNCAN, William R. A guide to the project management body of knowledge. 1996.
- GOODMAN, Danny. Dynamic HTML: The Definitive Reference: a comprehensive resource for HTML, CSS, DOM & JavaScript. “O’Reilly Media, Inc.”, 2002.
- JSCRIPTERS. JAVASCRIPT: advantages and disadvantages. Disponível em: <<http://www.jscripters.com/javascript-advantages-and-disadvantages/>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- KERZNER, Harold R. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling. John Wiley & Sons, 2013.
- KOTZ, Samuel; VAN DORP, Johan René. Other continuous families of distributions with bounded support and applications. World Scientific Press, Singapore, 2004.
- LARSON, Erik W.; GRAY, Clifford F. Project management: the managerial process. 2011.
- LEAL, Leonardo Rosas. Simulação de eventos discretos aplicada ao gerenciamento de prazo em projetos: um estudo de caso de projeto logístico na indústria de óleo & gás. 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- LEAL, Leonardo Rosas; OLIVEIRA, Mário Jorge Ferreira de. Simulação aplicada ao gerenciamento de projetos: uma revisão. *Revista Produção Online*, v. 11, n. 2, p. 503-525, 2011.
- MACHADO, Nilton Roberto dos Santos; FERREIRA, Alessandro Oliveira. Método de simulação de Monte Carlo em planilha Excel: desenvolvimento de uma ferramenta versátil para análise quantitativa de riscos em gestão de projetos. *Revista de Ciências Gerenciais*, v. 16, n. 23, p. 223-244, 2012.
- MEDEIROS, H. Grupos de processos segundo PMBoK. Disponível em: <<http://www.devmedia.com.br/grupos-de-processos-segundo-o-pmbok/27106>>. Acesso em: 15 set 2016.
- MEDINA, Afonso C.; CHWIF, Leonardo. Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria & aplicações. 2. ed. São Paulo: Editora dos Autores, 2007.
- META ANÁLISE. Os 8 porquês dos atrasos nos projetos. Disponível em: <<http://www.metaanalise.com.br/>>

inteligenciademercado/index.phpoption=com_content&view=article&id=6007:os-8-porques-dos-atrasos-nos-projetos&catid=1:ponto-de-vista&Itemid=353>. Acesso em: 02 nov. 2016.

METROPOLIS, Nicholas; ULAM, Stanislaw. The monte carlo method. Journal of the American Statistical Association, v. 44, n. 247, p. 335-341, 1949.

MIND TOOLS. Estimating time accurately. Disponível em: <http://www.mindtools.com/pages/article/newPPM_01.htm>. Acesso em: 12 out. 2016.

ORANGE MANTRA. Top five advantages of outsourcing web development projects. Disponível em: <<http://www.orangemantra.com/blog/top-five-advantages-outsourcing-web-development-projects>>. Acesso em: 9 out. 2016.

ROBBINS, Jennifer Niederst. Learning web design: a beginner's guide to HTML, CSS, JavaScript, and web graphics. " O'Reilly Media, Inc.", 2012.

SILVA, M. JQuery - a biblioteca do programador javascript. 2. ed. Novatec, 2010.

VTECH-SEO. Advantages of HTML. Disponível em: <<http://www.vtech-seo.com/web-design-articles/advantages-of-html.html>>. Acesso em: 9 out. 2016.