Análise multivariada de um *framework* para o gerenciamento de projetos de Simulação a Eventos Discretos em uma empresa de tecnologia

Tábata Fernandes Pereira[a]
tabatafp@unifei.edu.br
José Arnaldo Barra Montevechi[b]
montevechi@unifei.edu.br
Giseli Rocha[b]
giselirocha@gmail.com
Mona Liza Moura de Oliveira[b]
monaoli@yahoo.com.br
Milena Silva de Oliveira[b]
mile_4689@hotmail.com
Luiz Felipe Pugliese[a]
luizfelipe.pugliese@unifei.edu.br

Universidade Federal de Itajubá
[a]Campus de Itabira
[b]Instituto de Engenharia de Produção e Gestão

RESUMO

A Simulação a Eventos Discretos é uma área da Pesquisa Operacional que vem sendo cada vez mais integrada à outras áreas. Assim, este artigo pretende conduzir uma análise multivariada de um *framework* já desenvolvido para o gerenciamento de projetos de Simulação a Eventos Discretos. Para cumprir este objetivo, o *framework* foi apresentado e em seguida foram conduzidas as análises multivariadas, sendo: a análise de alpha de Cronbach, correlação, *cluster*, variância e *One Sample t*. Como resultado final do trabalho, obteve-se a validação do *framework* proposto e encontrou-se outras conclusões como, a influência do tempo de experiência do especialista em projetos de simulação e sua relação direta com o nível de detalhes que o mesmo considera no momento do desenvolvimento do projeto.

PALAVRAS-CHAVE. Simulação a Eventos Discretos, Gerenciamento de Projetos, Análise Multivariada.

ABSTRACT

Discrete Event Simulation is an area of Operational Research that has been increasingly integrated with other areas. Thus, this article intends to conduct a multivariate analysis of a framework already developed for the management of Discrete Event Simulation projects. In order to achieve this objective, the framework was presented and then the multivariate analyzes were conducted, such as: Cronbach alpha analysis, correlation analysis, cluster analysis, variance analysis, and One Sample t test. As a final result of the article, one can obtain the validation of the proposed framework and find other conclusions as the influence of the experience time of the expert in simulation projects is directly related to the level of detail that it considers at the moment of the development of the project.

KEYWORDS. Discrete Event Simulation. Project Management. Multivariate Analysis.

https://proceedings.science/p/85549?lang=pt-br

1. Introdução

A Simulação a Eventos Discretos é considerada uma poderosa ferramenta de auxílio a tomada de decisão que vem sendo cada vez mais utilizada em diversas áreas de aplicação (PEREIRA, 2017). Com o passar do tempo, percebe-se que a simulação em seu sentido tradicional é muito eficaz, no entanto, quando se considera o estudo dessa ferramenta integrada à outras ferramentas, tem-se um ganho ainda maior.

A simulação possui o objetivo de imitar o sistema em estudo, propor aos tomadores de decisão o uso de um modelo computacional, para então fazer alterações, inferências neste modelo, sem interferir na realidade. Esse tipo de análise reduz o risco de investimentos falhos e erros (PEREIRA *et al.,* 2015).

Conforme a literatura apresenta, a simulação está cada vez mais sendo combinada com outras áreas de investigação. Como exemplos, tem-se a SED combinada com *Lean Manufacturing* (Abdulmalek e Rajgopal, 2007), SED combinada à técnica *Soft System Methodology* (Pereira *et al*., 2015), SED combinada com técnicas de *Design of Experiments* (DOE) (Keshavarz Ghorabaee *et al*., 2017), entre outras aplicações.

Nesse sentido, o presente artigo traz um estudo incluindo a Simulação a Eventos Discretos e a área de Gerenciamento de Projetos. Em trabalhos anteriores dos autores, foi proposta uma metodologia para a gestão de projetos de Simulação a Eventos Discretos, enquanto que no presente artigo o objetivo é fazer uma análise multivariada desse *framework* proposto, a fim de avaliá-lo estatisticamente, tomando como base as respostas de profissionais da área da simulação. Para atingir este objetivo foi elaborada uma tabela que apresenta o *framework* proposto, que está dividido nas dez áreas do conhecimento da gestão de projetos, e com isso, pôde-se conduzir as análises multivariadas.

O artigo encontra-se dividido em cinco seções. A primeira contextualiza o tema do artigo. A segunda seção apresenta conceitos fundamentais sobre Simulação a Eventos Discretos, Gerenciamento de Projetos e Análise Multivariada. A seção três apresenta o *framework* proposto. Na quarta seção são conduzidas as análises multivariadas e a interpretação dos resultados. Por fim, a última seção traz as conclusões do artigo.

2. Revisão da Literatura

2.1 Simulação a Eventos Discretos (SED)

Conforme Ahmed, Scoble e Dunbar (2016), a simulação é a imitação da operação de um processo do mundo real ou sistema ao longo do tempo. Os autores a consideram como uma técnica popular para desenhar modelos de sistemas de produção que simulam operações reais e analisa diferentes cenários, mantendo um controle sobre custos e tempo, reduzindo a necessidade de realizarem experiências reais. Porém para Balci (1989) se o modelo não possui uma representação suficientemente precisa, pode-se facilmente constatar que se "entra lixo", automaticamente "sai lixo", ou seja, o modelo não pode ser utilizado para a condução de experimentos.

Booker (2016) e Botín, Campbell e Guzmán (2015) afirmam que a SED é um método que prossegue através de tempos discretos, onde o estado do sistema muda, devido à ocorrência de um evento. Além disso, para os mesmos autores, a SED incorpora efeitos da variabilidade do sistema, usando distribuições de probabilidade, estimados para caracterizar as variáveis do sistema de incerteza.

2.2 Gerenciamento de Projetos (GP)

Para Tavares (2008), a GP consiste na aplicação de conhecimentos e métodos de elaboração de tarefas, que se relacionam para atingir os objetivos definidos. Para Pollack e Adler (2016), o gerenciamento pode ser melhorado, desenvolvido e refinado, de modo que os objetivos organizacionais sejam entregues mais eficazmente.

O GP alinha os objetivos às ações, avalia possíveis soluções para os diversos problemas e toma providências corretivas para desvios de uma situação ideal. Esta situação ideal permite à organização, administrar mudanças constantes, adaptar-se às diversas instabilidades e garantir a sua própria sobrevivência diante das variações que se manifestam a cada instante (CHERMONT, 2001).

A GP é importante para a execução dos projetos, no entanto, quando se olha para a gestão de projetos de Simulação a Eventos Discretos, encontra-se uma lacuna na literatura, pelos resultados

https://proceedings.science/p/85549?lang=pt-br

bibliométricos encontrados, poucos trabalhos vêm investigando essa abordagem. Dessa forma, a GP vem ajudar, nesse artigo, na condução de projetos de simulação.

2.3 Análises Multivariadas (AM)

De acordo com Figueiredo (2010), uma pesquisa observacional na qual trabalha com dados, tem a necessidade de se descrever, explorar e analisar esses dados. Dessa forma, para que investigações possam ser conduzidas, devem ser utilizadas técnicas estatísticas. Nesse contexto, tem-se a Análise Multivariada, que é uma técnica amplamente utilizada nesse tipo de trabalho. Esta, por sua vez, compreende um amplo conjunto de métodos e procedimentos que representam mais de uma característica de uma amostra.

A AM envolve uma grande multiplicidade de conceitos estatísticos e matemáticos, considerando o comportamento de muitas variáveis simultaneamente. Também permite ao pesquisador avaliar erros de interpretação dos dados e revelar informações que não são imediatamente percebidas, quando se utiliza uma análise mais simples (MANLY, 2008). Considerando essas características, a AM foi selecionada para ser a técnica estatística que vai conduzir a validação do *framework* proposto, além de oferecer outras análises consideráveis neste artigo.

3. Apresentação do *framework* para o gerenciamento de projetos de Simulação a Eventos Discretos

O *framework* para o gerenciamento de projetos de Simulação a Eventos Discretos foi proposto no trabalho de Pereira (2017), no qual podem ser encontrados os detalhes desta proposta. No entanto, o foco do presente artigo está voltado para a avaliação estatística desse *framework* por especialistas em simulação. Dessa forma, discussões de como o *framework* foi obtido podem ser acessadas no trabalho original.

O *framework* foi elaborado baseando-se nos conceitos da área de Gerenciamento de Projetos, a qual é dividida em dez áreas do conhecimento: Escopo, Partes Interessadas, Recursos Humanos, Tempo, Aquisições, Risco, Comunicação, Custo, Qualidade e Integração. Essas áreas foram desdobradas em um projeto real de simulação, assim propôs-se o *framework* apresentado no Quadro 1.

Como exemplo, tem-se o Gerenciamento de Recursos Humanos, nesta fase do projeto de simulação, sugere-se que sejam conduzidas entrevistas com pessoas competentes para preencher as vagas disponíveis no projeto, sugere-se ainda que se conduza a parte burocrática desse processo de contratação, bem como a definição da carga horário de trabalho dessa pessoa, sua responsabilidade e remuneração e por fim, lidar com os conflitos que venham a acontecer durante o desenvolvimento de projeto de simulação. A mesma lógica acontece para os demais gerenciamentos.

4. Análises Multivariadas e Interpretação dos Resultados

As análises multivariadas selecionadas para este artigo, são:

- Análise do Alfa de Cronbach, na qual pretende-se medir a confiabilidade interna do questionário;
- Análise de correlação, na qual investiga como variáveis se relacionam entre si;
- Análise de *cluster*, na qual estuda agrupamentos de variáveis que se relacionam entre si;
- Análise de variância, na qual compara as médias entre os constructos;
- *One sample t*, na qual compara a média das respostas com um *target* pré-estabelecido.

Para obter a validação do *framework*, foram elaborados dois formulários digitais (português e inglês) com as informações do Quadro 1. Para cada item do questionário foi utilizada uma escala Likert, em que o especialista deveria selecionar em uma escala de 1 a 5, a melhor opção que retratasse seu julgamento, sendo 1 como não importante e 5 como extremamente importante. Escala Likert é o nome técnico dado a escala de resposta usada neste tipo de questão. Criada em 1932 pelo norte-americano Rensis Likert, a escala de Likert mede as atitudes e o grau de conformidade do respondente com uma questão ou afirmação. Além de ser um tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários, e é a escala mais usada em pesquisas de opinião (LIKERT, 1932).

Foi realizada uma validação do questionário com um especialista em simulação, o qual garantiu que o questionário estava adequado ao que se propunha. Em seguida, levantou-se uma lista de especialistas

em simulação. A escolha desses respondentes, se deu por meio de estudos bibliográficos, no qual mostraram quais eram os principais nomes de profissionais que trabalham com a área de pesquisa desse trabalho, sendo levantado um total de 30 nomes, com seus respectivos e-mails. O questionário foi enviado para estes 30 respondentes, no entanto, foram obtidos um total de 22 respostas, ou seja, um retorno de 73,33% dos respondentes. Partindo da coleta dos dados, pode-se dessa maneira, conduzir as análises multivariadas. Cabe ressaltar que todas as análises foram conduzidas utilizando *software* Minitab® versão do ano de 2016.

Gerenciamentos	Itens
1. Gerenciamento de Escopo	ESC1 - Reuniões com cliente para entender o objetivo do projeto
	ESC2 - Elaboração do escopo do projeto (documento), já incluindo prazos, orçamentos e pessoas
	ESC3 - Concordar com o cliente sobre o escopo
	ESC4 - Controlar e acompanhar a condução do projeto com o a delimitação do escopo
2. Gerenciamento das Partes Interessadas	PI1 - Identificar quais são todos os envolvidos no projeto
	PI2 - Definir até em que momentos esses envolvidos estão diretamente relacionados com o projeto
	PI3 - Levantar quais tipos de interesse, poder e influência cada um possui
	PI4 - Traçar estratégia para administrar esses membros e os conflitos que vierem a ocorrer
3. Gerenciamento de Recursos Humanos	RH1 - Entrevistar pessoas para preencher as vagas
	RH2 - Conduzir toda a parte burocrática para a contratação
	RH3 - Definir carga horária, responsabilidades e remuneração de cada membro
	RH4 - Gerenciar os conflitos que acontecerem entre os membros
4. Gerenciamento do Tempo	TEM1 - Construir o cronograma de atividades
	TEM2 - Definir as principais entregas e prazos para o cliente
	TEM3 - Detalhar as tarefas maiores em subtarefas e já estabelecer prazo e responsáveis por executar cada uma delas
	TEM4 - Definir as pessoas responsáveis para executar cada tarefa e subtarefa
	TEM5 - Construir diagrama de rede
	TEM6 - Desenvolver estrutura analítica do projeto e gráfico de Gantt
	TEM7 - Controlar e acompanhar o cronograma durante o desenvolvimento do projeto
5. Gerenciamento de Aquisições	AQUI1 - Verificar o que precisa ser comprado
	AQUI2 - Conduzir a compra efetiva dos equipamentos
	AQUI3 - Controlar e acompanhar essas aquisições (documento)
	AQUI4 - Manter documentos de compras
6. Gerenciamento de Riscos	RIS1 - Levantar os principais riscos do projeto
	RIS2 - Categorizá-los nos níveis: gerencial, organizacional, técnico e externo
	RIS3 - Separar entre riscos positivos e negativos
	RIS4 - Conduzir análise de SWOT e Matriz de probabilidade e risco
	RIS5 - Preparar plano de respostas a estes riscos, caso aconteçam
7. Gerenciamento da Comunicação	COM1 - Definir os membros que estão diretamente ligados ao projeto
	COM2 - Traçar modo de comunicação entre os membros do time de desenvolvimento e cliente
	COM3 - Estabelecer as ferramentas de comunicação (e-mail, telefone, reunião, sistemas web)
	COM4 - Controlar e acompanhar se o relacionamento entre os membros está sendo bem sucedido
	COM5 - Conduzir melhorias no modo de comunicação, se necessário
8. Gerenciamento de Custo	CUS1 - Elaborar detalhamento de custos de pessoal
	CUS2 - Adicionar despesas de aquisições e outras
	CUS3 - Controlar e acompanhar esse detalhamento de custos (documento)
9. Gerenciamento da Qualidade	QUA1 - Definir as métricas que medirão a qualidade do projeto
	QUA2 - Estabelecer ferramentas de medição
	QUA3 - Controlar e acompanhar esse processo
10. Gerenciamento de Integração	INT1 - Elaborar Termo de Abertura e Plano de Gerenciamento (documentos)
	INT2 - Desenvolver relatório de acompanhamento e monitoramento (documentos)
	INT3 - Gerenciar a solicitação de mudanças (documento)
	INT4 - Construir Termo de Encerramento e Relatórios de Lições Aprendidas (documentos)

Quadro 1 – *Framework* para o gerenciamento de projetos de Simulação a Eventos Discretos

- **Análise do Alfa de Cronbach**

O coeficiente Alfa de Cronbach (α) é a medida mais usada para estimar a confiabilidade de um questionário aplicado em uma pesquisa. Este calcula a consistência interna baseada na correlação média entre itens, além de verificar se há coerência na variação das respostas dos participantes do estudo. Partindo desse conceito, calculou-se o Alfa de Cronbach por gerenciamento ou constructo (como é chamado na área estatística). Essas informações podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise do Alfa de Cronbach por construto

Construtos	Questões	Alfa de Cronbach
Escopo	ESC1, ESC2, ESC3, ESC4	0,30
Aquisição	AQUI1, AQUI2, AQUI3, AQUI4	0,84
Partes Interessadas	PI1, PI2, PI3, PI4	0,76
Comunicação	COM1, COM2, COM3, COM4, COM5	0,85
Recursos Humanas	RH1, RH2, RH3, RH4	0,70
Tempo	TEM1, TEM2, TEM3, TEM4, TEM5, TEM6, TEM7	0,75
Custo	CUS1, CUS2, CUS3	0,84
Risco	RIS1, RIS2, RIS3, RIS4, RIS5	0,90
Qualidade	QUA1, QUA2, QUA3	0,87
Integração	INT1, INT2, INT3, INT4	0,91

Como demonstrado pela Tabela 1, os constructos Aquisição, Partes Interessadas, Comunicação, Recursos Humanos, Tempo, Custo, Risco e Qualidade apresentaram uma confiabilidade interna adequada, permanecendo entre uma escala de 0,70 e 0,90. De modo geral, o valor mínimo aceitável para a confiabilidade de um questionário é $\alpha \geq 0{,}70$, abaixo desse valor a consistência interna da escala utilizada é considerada baixa. O valor máximo esperado é 0,90, acima deste valor, pode-se considerar que há redundância ou duplicação, ou seja, vários itens estão medindo exatamente o mesmo elemento de um constructo, portanto, os itens redundantes devem ser eliminados. Usualmente, são preferidos valores de alfa entre 0,80 e 0,90 (STREINER, 2003).

No entanto, considerando o valor do alfa para o constructo do Escopo, este apresentou um alfa de 0,30. Como o cálculo para o alfa considera a variância de cada item e também a quantidade de itens, têm-se duas hipóteses para justificar esse baixo valor, ou o número de respostas não é suficiente para que o alfa seja adequado, ou a variância dos itens é muito baixa. No caso do trabalho, acredita-se que as duas hipóteses são válidas. Como já mencionado, foram obtidos um total de 22 respostas, desse modo, pode ser considerado que a quantidade de dados tenha influenciado na resposta. Dessa forma, para a estatística, menos variações nas respostas contribuiu para um baixo valor de alfa. Por fim, o alfa do constructo Integração, apresentou valor de 0,91 que, de acordo com a literatura, existe a possibilidade de itens redundantes. Sendo assim, avaliando o alfa de Cronbach de cada item nesse construto, tem-se a Tabela 2.

Tabela 2 - Análise do Alfa de Cronbach por itens do constructo Integração

Construto	Itens	Alfa de Cronbach
Integração	INT1	0,92
	INT2	0,86
	INT3	0,85
	INT4	0,89

Pela Tabela 2 observa-se que o item que mais impacta no alfa é o item INT1, que representa o item: Elaborar Termo de Abertura e Plano de Gerenciamento (documentos). Analisando os demais itens do questionário, encontra-se que o item do constructo Escopo, ESC2 – "Elaboração do escopo do projeto (documento), já inclui prazos, orçamentos e pessoas", sendo muito semelhante ao item INT1. No entanto, o que acontece é que o item INT1 propõe, que além do plano do gerenciamento, possa também ser desenvolvido o Termo de Abertura do Projeto, sendo assim, considerou-se este item na análise. Por meio desta análise, concluiu-se que o questionário aplicado contém uma boa confiabilidade interna e que pode ser utilizado para a condução de demais estudos. Os coeficientes mostraram que o questionário está medindo o objetivo que se propôs.

https://proceedings.science/p/85549?lang=pt-br

- **Análise de Correlação**

A correlação é uma medida de associação bivariada (força) do grau de relacionamento entre duas variáveis, o coeficiente de correlação mede a associação linear entre duas variáveis. O coeficiente de correlação Pearson (ρ) varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 e 1) indica que o escore de uma variável pode ser determinado exatamente ao saber o escore da outra. No oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis. Quanto mais próximo de 1, independente do sinal, maior a relação linear entre as duas variáveis (FIGUEIREDO e JUNIOR, 2010).

O coeficiente de correlação vem associado ao *p-value* que permite concluir sobre a existência ou não de relação entre as variáveis, testando as hipóteses apresentadas a seguir.

- H0: $\rho = 0$ (*p-value* > 0,05)
- H1: $\rho \neq 0$ (*p-value* < 0,05)

Sendo ρ a correlação entre duas variáveis. Entende-se que todos os valores de ρ que forem menores do que 0,05, há evidência suficiente em $\alpha = 0,05$, de que as correlações não são zero. Para este trabalho foram feitas as análises de correlação, adotando um nível de significância de $\propto = 5\%$, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Correlação entre fatores e respostas

N°	Variável Dependente	Variável Independente	ρ	*P-Value*
1	QUA2	QUA1	0,726	0,000
2	QUA3	QUA1	0,788	0,000
3	QUA3	QUA2	0,608	0,003
4	INT1	QUA1	0,414	0,055
5	INT1	QUA2	0,375	0,086
6	INT1	QUA3	0,591	0,004
7	INT2	QUA1	0,264	0,235
8	INT2	QUA2	0,205	0,359
9	INT2	QUA3	0,518	0,013
10	INT2	INT1	0,708	0,000
11	INT3	QUA1	0,286	0,198
12	INT3	QUA2	0,236	0,290
13	INT3	QUA3	0,502	0,017
14	INT3	INT1	0,708	0,000
15	INT3	INT2	0,842	0,000
16	INT4	QUA1	0,382	0,079
17	INT4	QUA2	0,428	0,047
18	INT4	QUA3	0,576	0,005
19	INT4	INT1	0,551	0,008
20	INT4	INT2	0,758	0,824
21	INT4	INT3	0,824	0,000

Pelos dados da Tabela 3, nota-se que não existe correlação em 4, 5, 7, 8, 11, 12, 16 e 20. Considerando os demais pares que possuem correlação, tem-se que em 15 (INT3 – INT2) e 21 (INT4-INT3) existe forte correlação positiva, ou seja, se uma variável aumentar, a outra variável aumentará na mesma proporção. Esses itens estão relacionadas as atividades de "INT2 - Desenvolver relatório de acompanhamento e monitoramento (documento)", "INT3 - Gerenciar solicitação de mudança (documento)" e "INT4 – Construir Termo de Encerramento e Relatório de Lições Aprendidas (documentos)". Em 1 (QUA2-QUA1), 2 (QUA3-QUA1), 3 (QUA3-QUA2), 10 (INT2-INT1), 13 (INT3-QUA3), 14 (INT3-INT1), 18 (INT4-QUA3) e 19 (INT4-INT1) existe moderada correlação positiva. Finalmente, em 6, 9 e 17 existe íntima correlação positiva.

A análise de correlação permitiu observar que os itens do questionário possuem correlações entre si para a maioria das variáveis, dessa forma, isso comprova-se o fato do questionário estar medindo satisfatoriamente as respostas, sendo um ponto positivo para a proposta. Os casos em que as variáveis não tiveram correlação, foram casos que os constructos analisados eram de dimensões distantes.

- **Análise de *Cluster***

Conforme Corrar *et al.* (2009), a análise de *cluster* ou conglomerados é uma das técnicas de Análise Multivariada cujo propósito é reunir objetos, baseando-se nas características destes. Esta classifica os objetos segundo aquilo que cada elemento tem de similar em relação a outros pertencentes a um grupo, considerando um critério de seleção predeterminado.

Para esse trabalho adotou-se o critério hierárquico de aglomeração empregando o método *Complete Ward*. Esse método foi escolhido, pois o processo de *Ward* é um método de variância bastante utilizado, no qual consiste em minimizar o quadrado da distância euclidiana às médias dos aglomerados. Dessa maneira, conduziu-se a análise de *cluster* dos dados utilizando o método *Complete Ward*, resultando no dendrograma apresentado na Figura 1, apresentando a união de dois *clusters*.

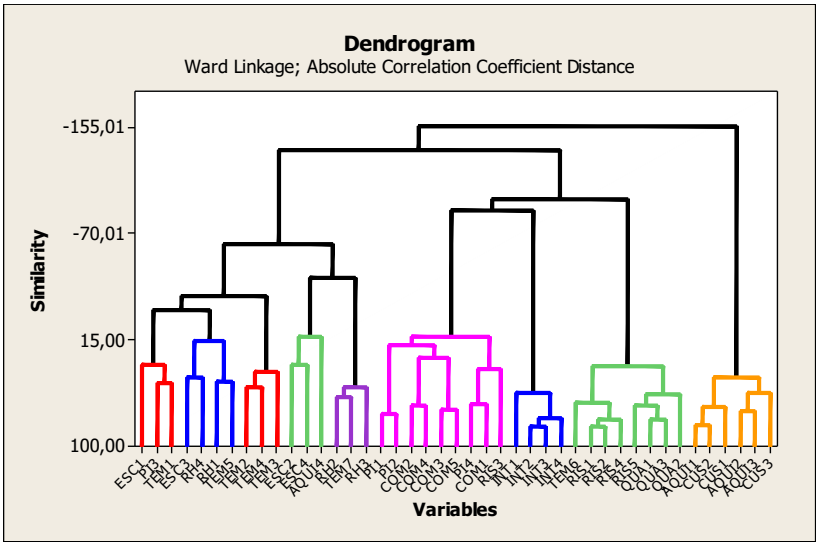


Figura 1 - Análise de *cluster* por variáveis

Neste caso, existem 9 *clusters* que estão aglomerados como mostra a Tabela 4, nessa tabela também são exibidos os níveis de similaridade para cada um dos *clusters* do dendograma e a quantidade de itens por *cluster*.

Tabela 4 - Características dos *clusters*

Clusters	N°Itens	Itens Agrupados	Similaridade
Cluster 1	3	ESC1, PI3, TEM1	34,55%
Cluster 2	3	ESC2, ESC4, AQUI4	34,97%
Cluster 3	4	ESC3, RH1, RH4, TEM5	44,61%
Cluster 4	6	AQUI1, AQUI2, AQUI3, CUS1, CUS2, CUS3	83,34%
Cluster 5	9	PI1, PI2, PI4, COM1, COM2, COM3, COM4, COM5, RIS3	74,56%
Cluster 6	3	RH2, RH3, TEM7	60,64%
Cluster 7	3	TEM2, TEM3, TEM4	53,02%
Cluster 8	8	TEM6, RIS1, RIS2, RIS4, RIS5, QUA1, QUA2, QUA3	84,61%
Cluster 9	4	INT1, INT2, INT3, INT4	84,19%

Considerando o *Cluster* 4, como exemplo, foram agrupados 6 itens, nos quais formam este *cluster* com um nível de similaridade de 83,34%. Os itens desse *cluster* são oriundos dos constructos: Aquisição e Custos, sendo "AQUI1 - Verificar o que precisa ser comprado"; "AQUI2 - Conduzir a compra efetiva dos equipamentos", "AQUI3 - Controlar e acompanhar essas aquisições (documento), "AQUI4 - Manter documentos de compras como notas fiscais", "CUS1 - Elaborar detalhamento de custos de pessoal", "CUS2

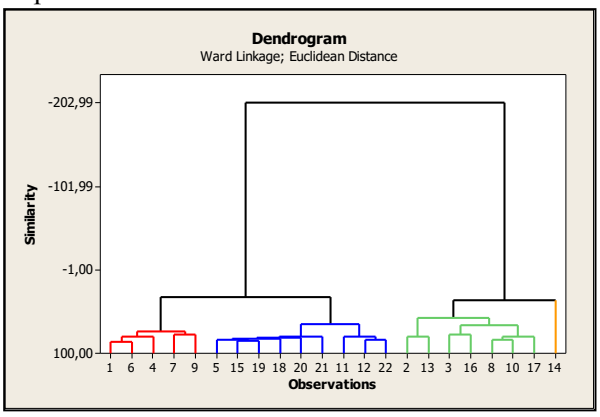
https://proceedings.science/p/85549?lang=pt-br

- Adicionar despesas de aquisições e outras", "CUS3 - Controlar e acompanhar esse detalhamento de custos (documento)". Nota-se que esses itens, realmente, possuem características similares, o que comprova a análise de *cluster* conduzida, sendo esta análise considerada coerente, pois o gerenciamento de aquisição está ligado ao gerenciamento de custos, em que o gerente faz a compra de um material, por exemplo, e este deve entrar no controle de custos do projeto.

Com base nas Análises Multivariadas conduzidas anteriormente, notou-se que as respostas fornecidas pelos respondentes tiveram uma variação muito grande, em que um respondente julga um item ser extremamente importante, no entanto, outro especialista acredita que o referido item não tem importância. Esse ponto instigou a pesquisa, dessa forma, foram estabelecidas duas avaliações quantitativas que serão respondidas:

- Avaliação 1: Tempo de experiência no desenvolvimento de projetos de Simulação a Eventos Discreto influencia no nível de detalhes que o especialista considera no desenvolvimento do mesmo.
- Avaliação 2: Tempo de experiência no desenvolvimento de projetos de Simulação a Eventos Discreto não influencia no nível de detalhes que o especialista considera no desenvolvimento do mesmo.

Com o intuito de responder a essa questão, utilizou-se novamente a análise de *cluster*. No entanto, nesse momento fez-se a análise considerando as observações, ou seja, os respondentes. Estes foram aglomerados em características similares, para isso, incluiu-se o fator anos de experiência na análise, o que permitiu responder às questões levantadas. Adotou-se o critério hierárquico de aglomeração empregando o método *Complete Ward*, com o método de distância euclidiana. A Figura 2 exibe o dendrograma das observações, contemplando 4 *clusters* de respondentes, bem como a quantidade de anos de cada respondente.



Relação dos respondentes e anos de experiência

Respondentes	Anos de Experiência	Respondentes	Anos de Experiência
Respondente 1	10	Respondente 12	4
Respondente 2	30	Respondente 13	30
Respondente 3	23	Respondente 14	40
Respondente 4	14	Respondente 15	3
Respondente 5	4	Respondente 16	25
Respondente 6	13	Respondente 17	19
Respondente 7	9	Respondente 18	3
Respondente 8	20	Respondente 19	5
Respondente 9	8	Respondente 20	2
Respondente 10	23	Respondente 21	1
Respondente 11	7	Respondente 22	5

Figura 2 - Análise de *cluster* por observadores e relação dos respondentes e anos de experiência

A Figura 2, à esquerda, exibe a existência de 4 *clusters*. O *cluster* 1, em vermelho é composto pelos respondentes 1, 4, 6, 7 e 9, possui um nível de similaridade de 85,89%. O *cluster* 2, representado na cor azul, é composto pelos respondentes 5, 11, 12, 15, 18, 19, 20, 21 e 22, possui um nível de similaridade de 83,34%. O terceiro *cluster*, apresentado na cor verde, é composto pelos respondentes 2, 3, 8, 10, 13, 16 e 17, e possui um nível de similaridade de 79,77%. Por fim, o quarto *cluster* é composto de apenas um respondente, 14, na cor laranja. O lado direito da Figura 2 apresenta a lista dos respondentes com seus respectivos anos de experiência de projetos de simulação.

Partindo dos resultados obtidos com a análise de *cluster* dos observadores, pôde-se fazer a relação dos *clusters* agrupados *versus* os anos de experiências de cada um. A Figura 3 apresenta esses dados. Observa-se que na Figura 3, o *cluster* 3 representado na linha azul (referente ao *Cluster* 2, linha azul na Figura 2, lado esquerdo), são os respondentes que têm em média 3,77 anos de experiência em desenvolver projetos de simulação, nota-se pela linha do gráfico que na maioria das variáveis, esses respondentes julgam ser entre muito ou extremamente importante a maioria dos itens. Dessa forma, pode-se concluir que os analistas iniciantes em projetos de simulação acreditam ser importante considerar um maior nível de detalhes nos projetos. Já com relação aos *clusters* 1 e 2 (referentes aos *Clusters* 1 e 3, vermelho e verde,

respectivamente, na Figura 2, à esquerda), no qual estão representados os respondentes que possuem em média 10,8 e 24,28 anos de experiência, respectivamente, nota-se pelas linhas laranja e cinza do gráfico da Figura 3, que se comparado com o *cluster* 3, esses julgam ser muito importantes a maioria dos itens, ficando um pouco abaixo da classificação do *cluster* 3. Por fim, no *cluster* 4 (referente ao *Cluster* 4, linha laranja na Figura 2, à esquerda) que é composto por apenas um respondente que possui 40 anos de experiência, é visível pela linha amarela do gráfico, que este não considera, a maioria dos itens tão importantes como os demais *clusters*. É importante mencionar, que o *cluster* 4 é composto por apenas um respondente, dessa forma, seria necessário coletar mais respostas de analistas que tenham o mesmo perfil, para afirmar com certeza esses dados. No entanto, para esta pesquisa, com os dados aqui disponíveis, pôde-se comprovar que a medida que os analistas de simulação ganham mais experiência em desenvolver projetos de simulação, estes consideram menos detalhes em um projeto de simulação. Sendo assim, confirma-se a avaliação 1, de que o tempo de experiência no desenvolvimento de projetos de Simulação a Eventos Discreto influencia no nível de detalhes que o especialista considera no desenvolvimento do mesmo.

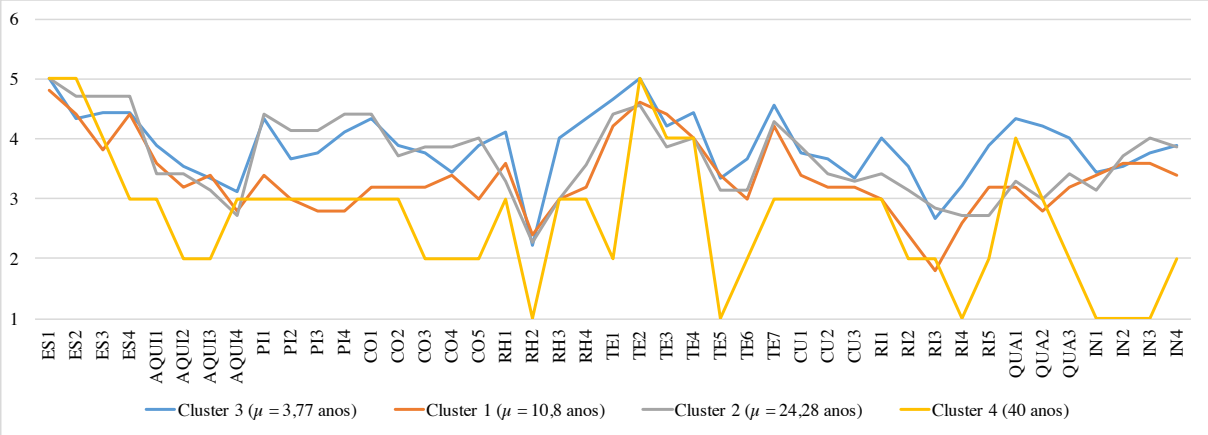


Figura 3 - Relação *clusters versus* anos de experiência

As Análises Multivariadas acima descritas puderam demonstrar as características dos dados obtidos e também fazer algumas conclusões sobre eles. Além das respostas estatísticas fornecidas pelos respondentes, havia mais um campo nos questionários, no qual os respondentes podiam fazer comentários adicionais. Dessa forma, a fim de contribuir para a análise serão apresentados os comentários dos respondentes que optaram por os fazer.

O respondente 1 (10 anos de experiência), relatou que "para um gerente de projetos, todas as questões são extremamente importantes ou muito importantes. Respondi como um profissional que conduz ou executa modelos de simulação. Por isso algumas perguntas ficaram como pouco importantes ao meu ver". Já o respondente 11 (7 anos de experiência), mencionou que: "o gerenciamento das informações envolvidas na elaboração de um projeto de simulação é de suma importância para que o mesmo se mantenha 'vivo' no decorrer dos anos, ou seja, seja aprimorado continuamente". Para o respondente 16 (25 anos de experiência), "a parte de gerenciamento de aquisições, a parte burocrática ligada aos recursos humanos, o gerenciamento de custos, riscos e qualidade não se aplicam muito bem a projetos de simulação, devido às suas particularidades. Por isso, não valorizei alguns desses pontos". Enfim, o respondente 22 (5 anos de experiência) atestou que: "todas as atividades são importantes, então tentei basear minha resposta na comparação entre elas. De qualquer forma, acredito que definitivamente a delimitação do escopo e o acompanhamento de solicitação de mudanças estejam entre as principais. É muito comum um projeto se estender infinitamente, porque o escopo fica sendo ajustado constantemente".

Baseando-se nesses comentários, nota-se esta diferença entre os analistas iniciantes entre 5 a 10 anos, demonstram a opinião de que todos os itens são importantes, já para o respondente que tem 25 anos de experiência, alguns itens não são tão relevantes assim. Dessa forma, justifica-se a variação das respostas fornecidas pelos especialistas.

- **Análise ANOVA**

Foi conduzida a estatística que permite analisar a variância dos constructos e dizer se as médias dos mesmos são iguais ou diferentes. O teste realizado foi o *One-Way* ANOVA. Para se executar este teste, faz-se necessário testar os conjuntos de dados, a fim de identificar se os dados são normais. Dessa forma, foi utilizado o *software* StatFit® para testar a melhor distribuição que representasse o conjunto de dados, por meio dos resultados, pode-se dizer que todos os constructos podem ser representados por uma distribuição normal. Com isso, foi possível conduzir o teste efetivamente, utilizando o *software* Minitab®. A Figura 4 apresenta os resultados desta análise.

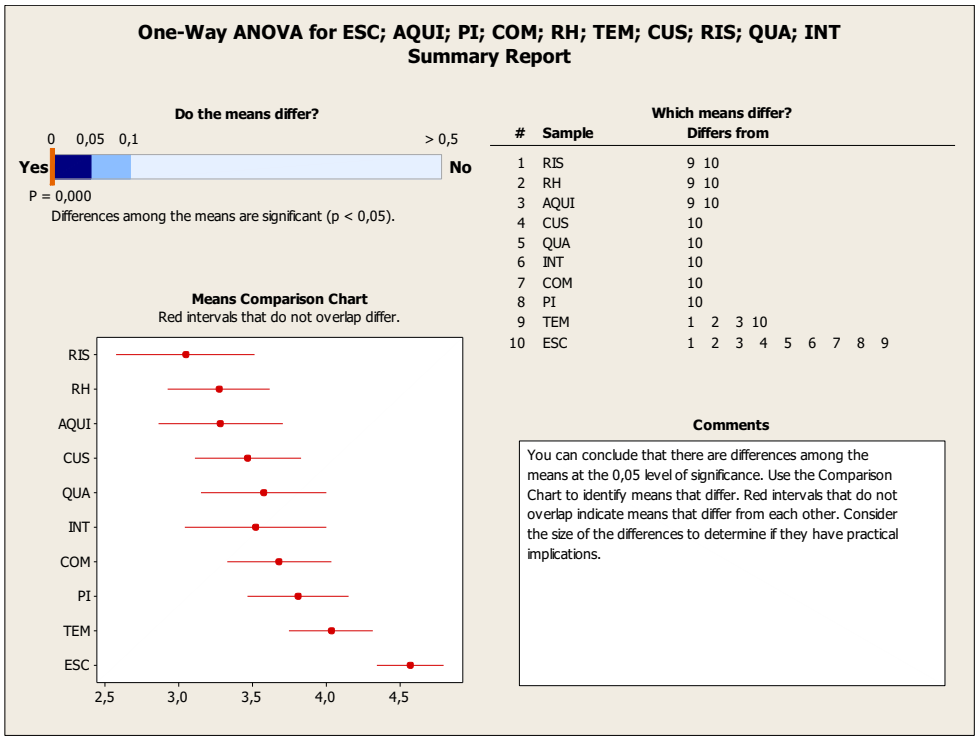


Figura 4 - Resultados do teste *One-Way* ANOVA

Pelos resultados da Figura 4, nota-se que as médias se diferem entre si. Conforme a tabela apresentada no canto superior direito, tem-se as informações de quais constructos se diferem entre si. Por exemplo, o constructo Risco se difere dos constructos 9 e 10, que são respectivamente, Tempo e Escopo. Já o constructo Escopo, se difere, estatisticamente, de todos os demais constructos, considerando as médias.

Essa análise permite observar quais foram os constructos que obtiveram uma média maior que os demais, ou seja, os constructos que possuem média maior possuem mais importância para os respondentes do que outros. Sendo assim, essa é a ordem de classificação de importância de acordo com as respostas: escopo, tempo, partes interessadas, comunicação, qualidade, integração, custo, aquisição, recursos humanos e riscos. Nesse caso, o gerenciamento de escopo é considerado o constructo mais importante pelos respondentes.

- ***One Sample t***

Considerando toda a análise estatística discutida e os resultados concluídos, como validação final dessa pesquisa, fez-se ainda uma última avaliação dos constructos. Utilizou-se o teste *One Sample t,* para conduzir a validação por meio da comparação dos itens dos constructos com um *target* pré-estabelecido. O *target* tem coeficiente igual a 3, este será comparado no teste. A escolha pelo coeficiente 3, se deu ao fato de que a escala *Likert* utilizada neste trabalho possui 5 níveis, o coeficiente 3 corresponde ao nível

importante, ou seja, este foi definido como *target* de comparação. Os níveis que ficarem inferiores a esse valor, pertencem aos níveis 1 e 2, nos quais representam escalas que consideram os itens como pouco importantes ou sem importância.

Essa análise envolve tanto as respostas de analistas iniciantes como analistas experientes, sendo assim, aqueles itens que foram julgados com valor inferior a 3, realmente não são considerados importantes por nenhum dos tipos de analistas. Cabe lembrar, que para conduzir o teste *One Sample t* também é necessário verificar a normalidade dos dados, logo, isso já foi feito para a análise anterior.

Para realizar essa análise, deve-se entender o que está sendo analisado. Tem-se duas hipóteses:

- H0 = a média é igual ou maior que o *target* (*p-value*> 0,05)
- H1 = a média é significativamente menor que o *target* (*p-value*< 0,05)

Sendo assim, o coeficiente que será comparado com o *target* será o *p-value*. Com isso, tem-se que se o *p-value* for maior que 0,05, então, conclui-se que a média é igual ou maior que o *target*.

Na análise dos dados gerados pelo software Minitab®, os itens RH2 - Conduzir toda parte burocrática para a contratação e RIS3 – Separar entre riscos positivos e negativos, foram os únicos que apresentaram o *p-value* inferior a 0,05. Com isso, rejeita-se a hipótese nula de que a média é igual ou superior ao *target*. Assim, estes itens estão na escala de "Pouco importante" e "Não é importante", sendo assim, podem ser retirados da proposta, pois de acordo com os respondentes não possuem tanta importância para serem abordados e desenvolvidos em um projeto de simulação. Os demais itens apresentaram o *p-value* maior ou igual a 0,05, classificando-os como importantes.

Sendo assim, pode-se chegar a validação do *framework*, na qual considera os demais itens do constructo como estatisticamente importantes para serem desenvolvidos em um projeto de simulação. Esta conclusão somente foi possível baseando-se, nos dados fornecidos pelos respondentes dos questionários.

5. Conclusões

O presente artigo teve como objetivo conduzir uma análise multivariada de um *framework* voltado para o gerenciamento de projetos de Simulação a Eventos Discretos, o qual foi desenvolvido por Pereira (2017). Com a realização dessa análise multivariada, foi possível validar estatisticamente o *framework*.

Para que isso pudesse ser realizado, foi inicialmente apresentado conceitos básicos sobre os três principais temas desta pesquisa, sendo: Simulação a Eventos Discretos, Gerenciamento de Projetos e Análises Multivariadas. Em seguida o *framework* foi apresentado. Com isso, pôde-se conduzir as análises.

A primeira análise multivariada conduzida foi a do Alpha de Cronbach, que faz o estudo da confiabilidade interna do questionário que está sendo investigado. De maneira geral, os coeficientes encontrados para cada constructo foram coeficientes satisfatórios, que demonstraram ter uma boa confiabilidade dos resultados. Dois dos construtos obtiveram coeficientes inadequados, o que foi justificado.

Em seguida, conduziu-se a análise de correlação, na qual teve como objetivo mostrar se os dados estavam correlacionados. Os resultados apresentaram que existe correlação na maioria das variáveis investigadas, no entanto, quando os constructos eram de áreas completamente diferentes a correlação era fraca ou não existia.

Já a análise de cluster permitiu fazer o agrupamento dos itens que apresentaram um nível de similaridade semelhante, com isso, foram formados 9 *clusters*. Uma segunda análise permitiu agrupar os respondentes, o que ressaltou uma possível relação entre o tempo de experiência de cada respondente em projetos de simulação e o nível de detalhes que o mesmo considera. Com essa hipótese levantada, pôde-se por meio da análise de *cluster* mostrar, que o tempo de experiência está relacionado com o nível de detalhes a se considerar no projeto. Conclui-se que a medida que o especialista obtém experiência em desenvolver projetos de simulação, ele considera menos detalhes no momento da execução.

A análise de variância apresentou uma ordem de importância dos constructos, sendo escopo, tempo, partes interessadas, comunicação, qualidade, integração, custo, aquisição, recursos humanos e riscos.

Por fim, o teste *One Sample t* permitiu conduzir a validação do *framework*. Este teste compara a média das respostas com um *target* pré-estabelecido. Foram observados que apenas dois itens propostos no *framework* tiveram média de respostas abaixo do *target*, ou seja, esses itens não são considerados

importantes pelos respondentes, dessa forma, estes foram retirados do *framework*. Assim, Com base em todas as análises estatísticas, obteve-se a validação esperada.

Como conclusão final do trabalho, destaca-se a utilização desse *framework* validado para o desenvolvimento de projetos de simulação, principalmente por especialistas iniciantes ou inexperientes que podem fazer uso deste *framework*, a fim de evitar erros e retrabalho.

Mais uma vez ressalta-se que a SED é uma ferramenta multidisciplinar, o que possibilita sua integração com demais áreas de investigação, trazendo melhorias para ambas as áreas, como no caso deste artigo, que abordou a Simulação a Eventos Discretos combinada à área de Gerenciamento de Projetos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, CNPq, Fapemig e Honeywell por fornecerem suporte neste artigo.

Referências

Abdulmalek, F. A., e Rajgopal, J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of production economics*, v. 107, n. 1, p. 223-236, 2007.

Ahmed, H. M., Scoble, M. J. e Dunbar, W. S. A Comparison Between Offset Herringbone and El Teniente Underground Cave Mining Extraction Layouts using a Discrete Event Simulation Technique. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, v. 30, n. 2, p. 71-91, 2016.

Balci, O. How to assess the acceptability and credibility of simulation results. In: Winter Simulation Conference, *Proceedings*... Washington, DC, p. 62-71, 1989.

Booker, M. T., O'connell, R. J., Desai, B. e Duddalwar, V. A. Quality Improvement with Discrete Event Simulation: A Primer for Radiologists. *Journal of the American College of Radiology*, v. 13, n. 4, 2016.

Botín, A. J., Campbell, N. A. e Guzmán, R. A Discrete-Event Simulation Tool for Real-Time Management of Pre-Production Development Fleets in a Block-Caving Project. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, v. 29, n. 5, p. 347-356, 2015.

Chermont, G. S. A qualidade na gestão de projetos de Sistemas de Informação. 2001. 169p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia de Produção, RJ, 2001.

Corrar, J. L., Paulo, E. e Filho Dias, J. M. *Análise Multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia*. 1a ed., São Paulo: Atlas, 2009.

Figueiredo Filho, D. B.; Junior, J. A. S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, v. 18, n. 1, 2010.

Keshavarz Ghorabaee, M., Amiri, M., e Turskis, Z. A New Approach for Solving Bi-Objective Redundancy Allocation Problem Using DOE, Simulation and ε-Constraint Method. *Informatica*, v. 28, n. 1, p. 79-104, 2017.

Likert, R. A Technique for the Measurement of Attitudes, *Archives of Psychology*, v. 140, p. 1-55. 1932.

Manly, B. F. J. *Métodos Estatísticos Multivariados: uma introdução*. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

Pereira, T. F. Metodologia para Gerenciamento de Projetos de Simulação a Eventos Discretos baseada no PMBOK®: Pesquisa-ação em uma empresa de alta tecnologia. 2017. 197p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Itajubá. Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, MG, 2017.

Pereira, T. F., Montevechi, J. A. B., Miranda, R. D. C., e Friend, J. D. Integrating soft systems methodology to aid simulation conceptual modeling. *International Transactions in Operational Research*, v. 22, n. 2, p. 265-285, 2015.

Pollack, J. e Adler, D. Skills that improve profitability: The relationship between project management, IT skills, and small to medium enterprise profitability. *International Journal of Project Management*, v. 34, n. 5, p. 831-838, 2016.

Streiner, D. L. Being inconsistent about consistency: when coefficient alpha does and doesn't matter. *Journal of Personality Assessment*, v. 80, p. 217-222. 2003.

Tavares, A. Gerência de Projetos com PMBOK e Scrum: um estudo de caso. 2008. Trabalho de Graduação (Bacharelado). Faculdade Cenecista Nossa Senhora dos Anjos da Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, 2008.

https://proceedings.science/p/85549?lang=pt-br