

AValiação DE UMA Dinâmica PARA O ENSINO DA Análise DO MODO E EFEITO DE Falha - FMEA

Carlos Eduardo Sanches da Silva ⁽¹⁾ (sanches@unifei.edu.br), Maura Regina Rennó Ferreira ⁽¹⁾
(maura@unifei.edu.br)

⁽¹⁾ Universidade Federal de Itajubá; Núcleo de Otimização da Manufatura e Tecnologia da Inovação - NOMATI

RESUMO: *Dinâmicas são meios que facilitam o processo de aprendizagem, pois permite a aplicação dos fundamentos do Problem Based Learning (PBL). Na graduação a disciplina de Engenharia do Produto fez uso de uma dinâmica para auxiliar na aprendizagem dos conceitos de Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA). O objetivo deste trabalho é avaliar esta dinâmica sob a perspectiva dos discentes. A avaliação da dinâmica, pelos discentes, foi realizada por meio do modelo proposto por Savi (2011). Os resultados das avaliações foram tabulados e estatisticamente analisados. Os resultados demonstram que a dinâmica, na opinião dos alunos, auxiliou na aprendizagem do FMEA. A análise das dimensões permitiu a identificação de ações que possibilitam o aperfeiçoamento da dinâmica. Destaca-se a papel do docente promover “atenção”, “confiança” e “satisfação”, por meio de ações do estabelecimento de regras claras e objetivas para a dinâmica tais como: pontuar o tempo para sua realização e o acerto dos conceitos do FMEA pelas equipes; estabelecer o número máximo de alunos por equipe; distribuir os alunos de melhor desempenho acadêmico entre as equipes; e ganhos pelos resultados que motivem os alunos. Observe que este desafio tende a orientar os alunos para a aprendizagem de curto tempo. Além destas ações manter um ambiente divertido é propício para a aprendizagem.*

PALAVRAS-CHAVE: FMEA, Ensino, Risco, PBL

EVALUATION OF A DYNAMIC FOR TEACHING FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS - FMEA

ABSTRACT: *Dynamics facilitate the learning process, as they allow the fundamentals of Problem-Based Learning (PBL) to be applied. During the undergraduate course, the Product Engineering discipline used a dynamic to help learn the concepts of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). This paper aims to evaluate this dynamic from the student's perspective. The students evaluated the dynamic using the model Savi proposed (2011). The results of the evaluations were tabulated and statistically analyzed. The results show that, in the opinion of the students, the dynamic helped them learn FMEA. Analysis of the dimensions enabled actions to be identified that would improve the dynamic. Of particular note is the role of the teacher in promoting "attention," "trust," and "satisfaction" through actions such as establishing clear and objective rules for the dynamic, such as setting a time limit for its completion and the correctness of the FMEA concepts by the teams; establishing the maximum number of students per team; distributing the students with the best academic performance among the teams, and; earning for results that motivate the students. Note that this challenge tends to orient students towards short-term learning. In addition to these actions, maintaining a fun environment is conducive to learning.*

KEYWORDS: FMEA, Teaching, Risk, PBL

1. INTRODUÇÃO

A Análise dos Modos e Efeitos de Falha, conhecido amplamente como FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Consiste em abordagem de engenharia de confiabilidade semiquantitativa que avalia sistematicamente o projeto de sistemas de componente por componente para identificar modos de falha e seus efeitos na função do sistema e em outros componentes do sistema (Colli, 2015). Existem vários tipos de FMEA, com destaque para: projeto; processos; e montagem.

O FMEA tem como uso (Kumamoto e Henley, 2000) recomendam vários usos para o FMEA: identificar componentes críticos para projeto à prova de falhas, redução da taxa de falhas ou contenção de danos; identificar componentes que requerem um controle de qualidade particularmente rigoroso; formular requisitos especiais a serem incluídos nas especificações para fornecedores; formular procedimentos especiais para sistemas de proteção, monitoramento ou alerta; e geralmente analisar riscos de forma genérica.

O FMEA calcula um índice importante que é o Índice de Prioridade de Risco (IPR), calculado pela equação (Tay e Lim, 2006):

$$IPR = O \times S \times D$$

Onde:

- O é a “ocorrência de falha” indicando a probabilidade de que o modo de falha ocorra como resultado de uma causa específica;
- S é a “gravidade”, uma avaliação da gravidade do efeito do modo de falha potencial sobre o processo quando ocorreu;
- D é a probabilidade que uma falha potencial será detectada.

Em geral, esses três itens são estimados por especialistas de acordo com uma escala baseada em critérios descritivos de avaliação comumente acordados (Stamatis, 1995). Estas escalas variam normalmente de 1 a 5 ou de 1 a 10. Como o IPN é uma medida do risco de falhas, ele é usado para classificar falhas e priorizar ações. As ações serão tomadas de acordo com a prioridade dada à falha que é classificado pela IPN.

O procedimento FMEA é resumido por Teng e Ho (1996):

- 1º. Definir a tabela de escala de Gravidade, Ocorrência e Detecção;
- 2º. Estabelecer uma meta para o IPR, acima deste valor devem ser implementadas ações;
- 3º. Selecionar a intenção, propósito, meta e objetivos do estudo do produto/processo;

- 4º. Identificar potenciais falhas do produto/processo; esse inclui problemas, preocupações e oportunidades de melhoria;
- 5º. Identificar as consequências das falhas para outros componentes/próximos processos, operação, clientes e regulamentações governamentais;
- 6º. Identificar possíveis causas raízes de possíveis falhas;
- 7º. Identificar o método/procedimento de primeiro nível para detectar/prevenir falhas de produto/processo;
- 8º. Classificar a gravidade do efeito de possíveis falhas atribuindo um valor numérico estabelecido pela tabela de escala de Gravidade (passo 1);
- 9º. Classificar a ocorrência estimada para a frequência das causas potenciais da falha, atribuindo um valor numérico estabelecido pela tabela de escala de Ocorrência (passo 2);
- 10º. Classificar a detecção que se relaciona aos mecanismos de controle do processo que são capazes de detectar a causa raiz específica de uma falha, atribuindo um valor numérico estabelecido pela tabela de escala de Ocorrência (passo 3);
- 11º. Calcular o IPR por meio do produto dos três insumos avaliados: gravidade; ocorrência; e detecção;
- 12º. Estabelecer ações, responsável e prazo de implementação, considerando os IPR de maior valor;
- 13º. Acompanhar as ações e após sua implementação recalculando o IPR.

Pode ser necessário voltar ao Passo (2) caso o IPR possua um valor acima da meta, ou tenha sua meta alterada.

O ensino do FMEA é prática comum em vários cursos de engenharia, sendo por exemplo conteúdo corrente nas disciplinas de manutenção, desenvolvimento de produtos e confiabilidade. Um dos meios para o processo de ensino-aprendizagem é a dinâmica de grupo.

Diversas pesquisas foram realizadas tendo como tema as dinâmicas de grupo, além de serem um meio de aprendizado seus resultados identificam outros benefícios como a socialização, inovações e auxiliar os indivíduos a compreenderem sua identidade (Minicucci, 1977; Silva, et, al. 2002; Pinheiro, 2014).

Apesar de antiga uma definição relevante de dinâmica de grupo é a descrita por Pichon-Rivière (1980), que são indivíduos unidos, direcionados por entregas em progressão de tempo e espaço, que se orientam de maneira clara ou oculta à prática de trabalhos, que culminam em resultados. São meios de aprendizagem que promovem as interações entre os indivíduos da equipe,

influenciam seus comportamentos, comunicações e atitudes, um ambiente complexo que possui forças psicológicas e sociais associadas.

Esta definição apresenta que a dinâmica de grupo vai além do processo de ensino-aprendizagem, pois prepara os alunos para os relacionamentos sociais.

Da Silva (2021), adverte que dinâmicas de grupo também desenvolvem a liderança, pois permite na prática que um integrante da equipe influencie os demais, por meio de suas atitudes. A liderança pode estar compartilhada entre os membros do grupo ou orientada em apenas algumas.

O professor é essencial, pois além de planejar a dinâmica de grupo assume papéis de orientador, mediador, condutor e culmina no ajuste correto da teoria abordada (Failde, 2014).

O uso de dinâmicas de grupo no processo de ensino-aprendizagem, fomenta o desenvolvimento de competências que vão além da teoria e que sempre podem ser aperfeiçoadas, surge a pergunta de pesquisa: “Como aperfeiçoar a dinâmica de grupo utilizada para o aprendizado do FMEA?”

Neste cenário, este trabalho tem como objetivo avaliar uma dinâmica de grupo utilizada para o ensino-aprendizagem do FMEA.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Após o professor ministrar aula teórica do FMEA, uma aplicação prática é feita por meio de uma dinâmica, que elabora um FMEA de projeto, tendo as seguintes etapas:

- 1º. Os alunos são divididos em equipes de 3 a 5 alunos;
- 2º. São dadas explicações acerca da dinâmica: objetivo dispor as cartelas (Figura 1) na mesa de maneira a formarem um FMEA (modo de falha; ocorrência; severidade; detecção; cálculo do IPR; e escreverem as ações/responsáveis/prazos); o tempo é de no máximo 20 minutos. O Anexo II possui a descrição de todos os cartões utilizados na dinâmica;
- 3º. Ao término o professor deve ser chamado pelo grupo que vai apresentar seus resultados. O professor analisa os resultados e se necessário orienta e complementa as respostas propostas pelo grupo.

As cartelas descritas na FIGURA 1 descrevem também causas de processo (por exemplo: montagem desalinhada entre o eixo e o motor), devendo a montagem do FMEA considerar apenas as causas de projeto. Assim nem todas as cartelas devem ser utilizadas. Também são fornecidas cartelas em branco para a equipe escrever: quantificar a ocorrência, severidade e detecção; o resultado do IPR; as ações, os responsáveis e o prazo (ANEXO II).

FIGURA 1. Alguns cartões que compõem a dinâmica do FMEA.



Para avaliar a dinâmica foi utilizada a sistemática proposta na tese de Savi (2011) prescreve (Quadro 1), tendo como coleta de dados um questionário (Anexo I).

QUADRO 1. Perguntas que compõem o questionário do Savi.

Subcomponentes	Dimensão	Perguntas
Motivação	Atenção	A1 - A dinâmica é atraente.
		A2 - Houve algo interessante no início da dinâmica que captou minha atenção.

Subcomponentes	Dimensão	Perguntas	
Experiência do Usuário	Relevância	A3 - A variação (de atividades) ajudou a me manter atento à dinâmica.	
		R1 - O conteúdo da dinâmica é relevante para os meus interesses.	
		R2 - O funcionamento desta dinâmica está adequado ao meu jeito de aprender.	
	Confiança	R3 - O conteúdo da dinâmica está conectado com outros conhecimentos que eu já possuía.	
		C1 - Foi fácil entender a dinâmica e começar a utilizá-la como material de estudo.	
	Satisfação	C2 - Ao passar pelas etapas da dinâmica senti confiança de que estava aprendendo.	
		S1 - Estou satisfeito porque sei que terei oportunidades de utilizar na prática coisas que aprendi com a dinâmica.	
	Experiência do Usuário	Imersão	S2 - É por causa do meu esforço pessoal que consigo avançar na dinâmica.
			I1 - Temporariamente esqueci das minhas preocupações do dia a dia; fiquei totalmente concentrado na dinâmica.
I2 - Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava; quando vi, a dinâmica acabou.			
Interação Social		I3 - Me senti mais no ambiente do jogo do que no mundo real, esquecendo o que estava ao meu redor.	
		IS1 - Pude interagir com outras pessoas durante a dinâmica.	
		IS2 - Me diverti junto com outras pessoas.	
Desafio		IS3 - A dinâmica promove momentos de cooperação e/ou competição entre as pessoas que participam.	
		D1 - Esta dinâmica é adequadamente desafiadora para mim; as tarefas não são muito fáceis, nem muito difíceis.	
Divertimento		D2 - A dinâmica evolui num ritmo adequado e não fica monótono - oferece novos obstáculos, situações ou variações de atividades.	
	DI1 - Me diverti com a dinâmica.		
		DI2 - Quando interrompido, fiquei desapontado que a	

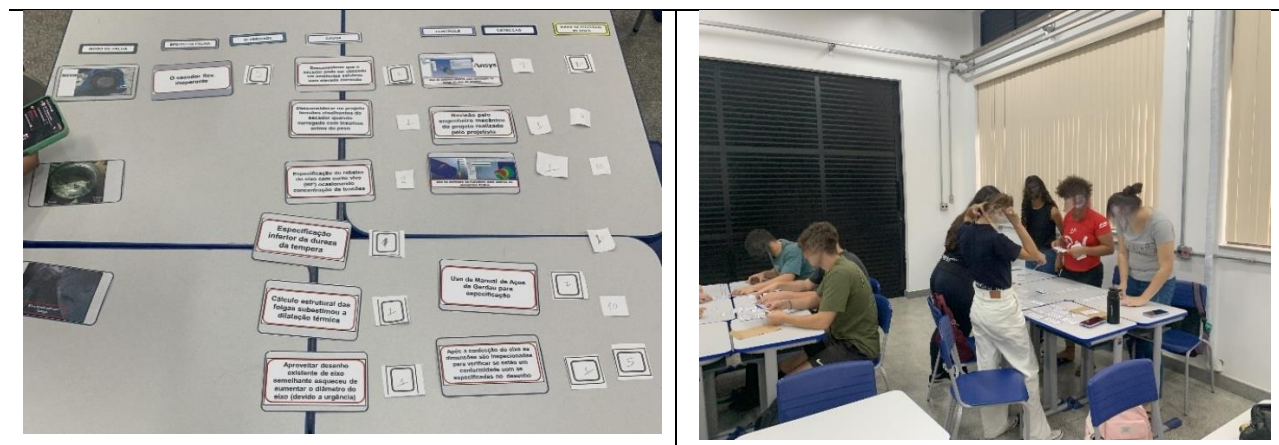
Subcomponentes	Dimensão	Perguntas
		dinâmica havia acabado (gostaria de jogar mais).
		DI3 - Eu recomendaria esta dinâmica para meus colegas.
		DI4 - Gostaria de utilizar esta dinâmica novamente.
	Competência	CM1 - Consegui atingir os objetivos da dinâmica por meio das minhas habilidades.
		CM2 - Tive sentimentos positivos de eficiência no desenrolar da dinâmica.
	Aprendizagem de curto termo	AP1 - A dinâmica contribuiu para minha aprendizagem na disciplina.
AP2 - A dinâmica foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina.		
AP3 - A experiência com a dinâmica vai contribuir para meu desempenho na vida profissional.		

Fonte: Adaptado de Savi (2011)

3. RESULTADOS.

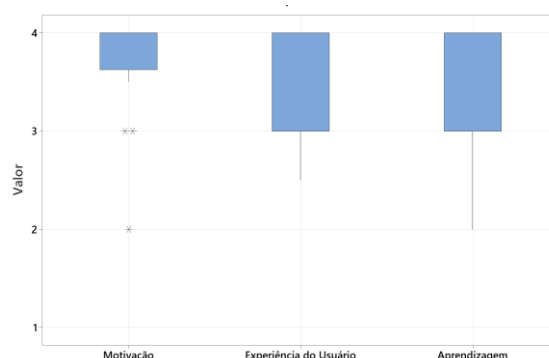
Participaram da dinâmica 32 discentes (Figura 2), sendo que todos responderam ao questionário. A opinião dos discentes foi coletada via questionário e os resultados tabulados no Excel. O questionário utilizou afirmações para mensuração, com a escala quantitativa variando de 1 ("discordo fortemente") a 4 ("concordo fortemente"), incluindo valores intermediários 2 e 3 (ANEXO I).

FIGURA 2. IMAGENS DA DINÂMICA



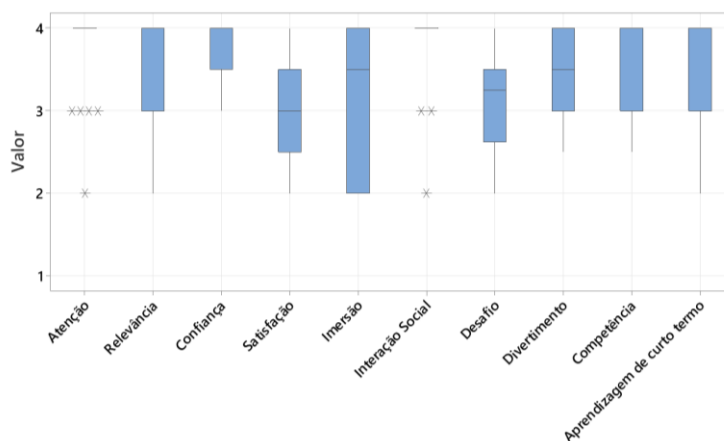
Os subcomponentes motivação, experiência do usuário e aprendizagem, foram analisados pelo Minitab 20® (Figura 3). Todos os subcomponentes tiveram valor 4 para as medianas, tendo a presença de outlier na motivação, sendo o subcomponente com menor variabilidade. Estes resultados permitem afirmar que a dinâmica motivou os participantes, propiciou experiências e aprendizagem.

FIGURA 3. Boxplot Subcomponentes.



Estes subcomponentes são desdobrados em dimensões, sendo seus respectivos valores dispostos no boxplot (Figura 4). O menor valor de mediana foi 3, sendo atribuído a dimensão “satisfação”. A dimensão “desafio” teve mediana 3,25, já nas dimensões “imersão” e “divertimento” a mediana foi 3,5. Todas as outras dimensões tiveram valor de mediana 4. Estes resultados permitem auferir que a dinâmica, na opinião dos discentes, reteve a atenção, foi relevante, deu confiança, permitiu interação social, desenvolveu competências e permitiu aprendizagem de curto prazo.

FIGURA 4. Boxplot Subcomponentes.



Analisando as opiniões dos alunos a dinâmica é avaliada como adequada devido aos valores obtidos das medianas dos subcomponentes e das dimensões, pois a maior parte teve como mediana a pontuação máxima (4). Porém as dimensões “satisfação” e “desafio”, merecem ser objeto de análise por terem obtido as menores medianas (respectivamente 3 e 3,25).

A dimensão “satisfação” é desdobrada respectivamente nas questões:

- “S1 - Estou satisfeito porque sei que terei oportunidades de utilizar na prática coisas que aprendi com a dinâmica” que como valor de mediana 4;
- “S2 - É por causa do meu esforço pessoal que consigo avançar na dinâmica”, teve como valor de mediana 3.

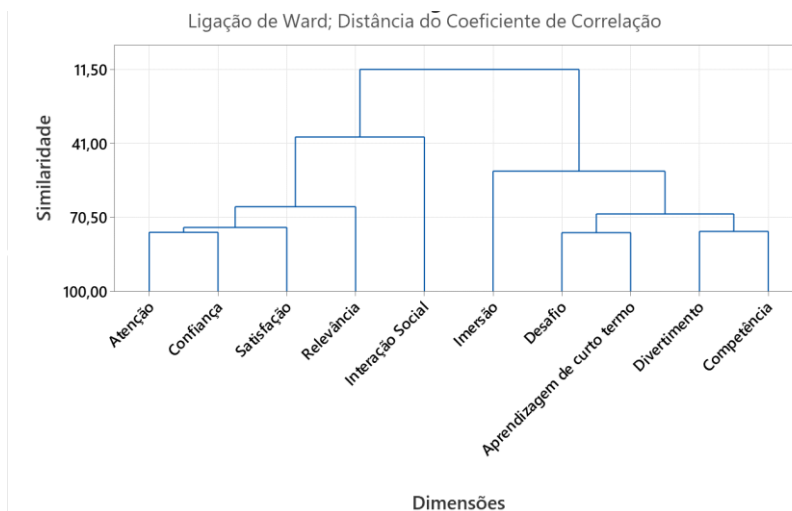
Já a dimensão “desafio” é formada por meio das questões:

- “D1 - Esta dinâmica é adequadamente desafiadora para mim; as tarefas não são muito fáceis, nem muito difíceis”, mediana igual a 3;
- “D2 - A dinâmica evolui num ritmo adequado e não fica monótono - oferece novos obstáculos, situações ou variações de atividades”, mediana igual a 3,5.

Esta análise estratificada permite auferir que em ambas as questões a dinâmica pode ser aperfeiçoada, uma ação identificada a realizada pelo professor é atribuindo uma nota ao tempo da dinâmica. Deste modo os alunos vão ficar preocupados com o tempo, potencializando maior agilidade para realização da dinâmica, pois agrega-se o desafio do tempo para concluir a dinâmica.

Os dados obtidos permitem a realização de uma análise multivariada que segundo Johnson e Wichern (2007) propõem que para minimizar a perda de informação pode-se utilizar o método de Ward, que minimiza a Soma dos Erros ao Quadrado (ESS). Segundo Hair, et al. (2009), o critério de agrupamento é “a soma de quadrados entre os dois agrupamentos somados sobre todas as variáveis”. Os estágios de agrupamento podem ser apresentados em um dendrograma (Figura 5),

FIGURA 5. Dendrograma das dimensões.



A análise do dendrograma permite identifica-se similaridade de: “atenção” e “confiança” 76,53% e “satisfação” 74,54%; “desafio” e “aprendizagem de curto termo” 76,65%; na dimensão atenção e confiança; e “divertimento” e “competência” 76,14%.

Estes resultados reforçam a afirmação de Pichon-Riviére (1980), de que a “atenção” e a “confiança” são dimensões similares, assim como o “desafio” e a “aprendizagem de curto termo”.

A similaridade das dimensões “divertimento” e “competência” comprovam que a dinâmica de grupo é um meio de promover o aprendizado de forma lúdica (Pinheiro, 2014).

4. CONCLUSÕES

A avaliação da dinâmica do FMEA forneceu evidências, por meio da sistemática de avaliação proposta por Savi (2011). Evidenciou-se a necessidade de se planejar a dinâmica e de estabelecer um desafio para os alunos em um ambiente de competição entre as equipes. Os resultados da dinâmica, apesar de focados no aprendizado do FMEA, permitiram mensurar outros benefícios desenvolvendo competências de decisão, liderança, planejamento, relacionar-se com diferenças pessoais e foco nos resultados.

A existência de similaridade entre as dimensões: “atenção” e “confiança”, “satisfação”; “desafio” e “aprendizagem de curto termo”; e “divertimento” e “competência”. Estas descobertas orientam o papel do professor como facilitador da dinâmica.

Assim se deve estabelecer um ambiente propício para a dinâmica que promova atenção, confiança e satisfação, por meio de ações do estabelecimento de regras claras e objetivas para a dinâmica tais como: pontuar o tempo para sua realização e o acerto dos conceitos do FMEA pelas equipes; estabelecer o número máximo de alunos por equipe; distribuir os alunos de melhor desempenho acadêmico entre as equipes; e ganhos pelos resultados que motivem os alunos. Observe que este desafio tende a orientar os alunos para a aprendizagem de curto tempo. Além destas ações, manter um ambiente divertido é propício para a aprendizagem.

Como proposta de continuidade esta pesquisa identificamos a possibilidade de aperfeiçoar a sistemática proposta por Savi (2011), bem como ampliar o desenvolvimento da dinâmica para ambientes virtuais de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

COLLI, Alessandra. Failure mode and effect analysis for photovoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 50, p. 804-809, 2015.

DA SILVA, Jorge Antônio Peixoto. O uso de dinâmicas de grupo em sala de aula. *Saber Científico*, v. 1, n. 2, p. 82-99, 2021.

FAILDE, Izabel. Manual do facilitador para dinâmicas de grupo. Papirus Editora, 2014.

HAIR; et al. Análise multivariada de dados. 6ed, Porto Alegre: Bookman, 2009.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Applied multivariate statistical analysis. 6ed. Upper Sadde River: Pearson Prentice Hall, 2007

KUMAMOTO, Hiromitsu; HENLEY, Ernest J. Probablistic risk assessment and management for engineers and scientists. IEEE Press, USA, NY, 425 p., 2000.

MINICUCCI, A. Dinâmica de grupo: teorias e sistemas. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 1997

PINHEIRO, A. F. S. Técnicas e dinâmicas de trabalho em grupo. Montes Claros: Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, 2014.

SAVI, R. Avaliação de jogos voltados para a disseminação do conhecimento. Tese em Engenharia e Gestão do Conhecimento - Universidade Federal de Santa Catarina, 236 p., 2011.

SILVA, Anaíde Oliveira da; BARBOSA, Anna Carolina Andrade; CHAVES, Ana Paula Barros; GONÇALVES, Betânia Diniz; SILVA, Cássia Beatriz Batista e; CASTRO, Gabriela Rodrigues Mansur de; BRANDÃO, Juliana Mendanha; SMIGAY, Karin Ellen von; THOMAZ, Maria Amélia; VELOSO, Mércia; GOMES, Romina Moreira de Magalhães; LOUREIRO, Stefânie Arca Garrido. Oficinas em dinâmica de grupo: um método de intervenção psicossocial. Belo Horizonte: Edições do campo social, 2002.

Stamatis, D. H. (1995). Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution. ASQC Quality Press, Milwaukee, WI.

Tay, K. M. & Lim, C. P. (2006). Fuzzy FMEA with a guided rules reduction system for prioritization of failures. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 23(8), 1047-1066.

Teng, S. H. & Ho, S. Y. (1996). Failure mode and effects analysis: An integrated approach for product design and process control. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 13(5), 8-26.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CONFEA/CDEN, CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo valioso suporte financeiro concedido, que tornou possível a realização deste projeto.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.

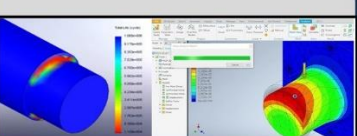
ANEXO I

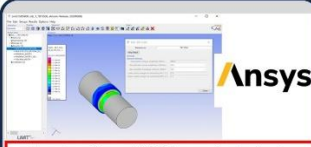
QUESTIONÁRIO PROPOSTO POR SAVI (2011) PARA AVALIAÇÃO DE DINÂMICA

Afirmação	Sua avaliação			
	Discordo totalmente			Concordo fortemente
	1	2	3	4
A dinâmica é atraente				
Houve algo interessante no início da dinâmica que captou minha atenção				
A variação (de atividades) ajudou a me manter atento à dinâmica				
O conteúdo da dinâmica é relevante para os meus interesses				
O funcionamento desta dinâmica está adequado ao meu jeito de aprender				
O conteúdo da dinâmica está conectado com outros conhecimentos que eu já possuía.				
Foi fácil entender a dinâmica e começar a utilizá-la como material de estudo				
Ao passar pelas etapas da dinâmica senti confiança de que estava aprendendo				
Estou satisfeito porque sei que terei oportunidades de utilizar na prática coisas que aprendi com a dinâmica				
É por causa do meu esforço pessoal que consigo avançar na dinâmica				
Temporariamente esqueci das minhas preocupações do dia a dia; fiquei totalmente concentrado na dinâmica				
Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava; quando vi, a dinâmica acabou				
Me senti mais no ambiente do jogo do que no mundo real, esquecendo o que estava ao meu redor				
Pude interagir com outras pessoas durante a dinâmica				
Me diverti junto com outras pessoas				
A dinâmica promove momentos de cooperação e/ou competição entre as pessoas que participam				
Esta dinâmica é adequadamente desafiadora para mim; as tarefas não são muito fáceis nem muito difíceis				
A dinâmica evolui num ritmo adequado e não fica monótono - oferece novos obstáculos, situações ou variações de atividades				
Me diverti com a dinâmica				
Quando interrompido, fiquei desapontado que a dinâmica havia acabado (gostaria de jogar mais)				
Eu recomendaria esta dinâmica para meus colegas				
Gostaria de utilizar esta dinâmica novamente				
Consegui atingir os objetivos da dinâmica por meio das minhas habilidades				
Tive sentimentos positivos de eficiência no desenrolar da dinâmica				
A dinâmica contribuiu para minha aprendizagem na Disciplina				
A dinâmica foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina				
A experiência com a dinâmica vai contribuir para meu desempenho na vida profissional				

ANEXO II

CARTÕES UTILIZADOS NA DINÂMICA.

 Secador Eixo de apoio do secador	 Eixo quebrado	Secador é aplicável para: ☐ Secagem de insumos de fluxo livre/não viscosos ☐ Secagem de farinha de sangue ☐ Operações de secagem em configurações de subprodutos de penas ☐ Operações de secagem em fábricas de farinha de peixe, onde o teor de óleo é removido antes da secagem
 Fadiga Fratura Final	 Eixo quebrado por fadiga	 Uso de software da Autodesk para análise de elementos finitos
Após a confecção do eixo as dimensões são inspecionadas para verificar se estão em conformidade com as especificadas no desenho	Revisão pelo engenheiro mecânico do projeto realizado pelo projetista	Barra de aço SAE 4120 para confecção do eixo com menos que 0,20% de Mo
Montagem desalinhada entre o eixo e o motor	Usinagem do eixo com diâmetro diâmetro que o do desenho	Desconsiderar que o secador pode ser utilizado em ambientes salubres com elevada corrosão
Aplicação de carboneto de tungstênio por HVOF, na região de desgaste do eixo	Brinelamento na montagem	Cálculo estrutural das folgas subestimou a dilatação térmica
Especificação inferior da dureza da tempera	Desconsiderar no projeto tensões cisalhantes do secador quando carregado com insumos acima do peso	Especificação do rebaixo do eixo com canto vivo (90º) ocasionando concentração de tensões

Especificação do aço para o eixo SAE 4340	Uso de Manual de Aços da Gerdau para especificação	Aproveitar desenho existente de eixo semelhante esqueceu de aumentar o diâmetro do eixo (devido a urgência)
Plano de manutenção preventiva	As mudanças climáticas estão ocasionando variações significativas nas temperaturas a cada ano	Não existe controle
O secador fica inoperante	 Uso de software ANSYS para simulação de fadiga do eixo do secador	
CONTROLE	EFEITO DA FALHA	SEVERIDADE
CAUSA	DETECÇÃO	MODOS DE FALHA
OCORRÊNCIA	PRAZO	RESPONSÁVEL
AÇÃO		Índice de Prioridade de Risco