

O USO DA APRENDIZAGEM ATIVA NO ENSINO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: APLICAÇÃO PRÁTICA DO FMEA NA DISCIPLINA DE CONFIABILIDADE

Alana Lopes Junho, UNIFEI, alana.junho@outlook.com
Leonardo Lourenço de Souza, UNIFEI, leo.lourenco93@gmail.com
Juliana Helena Daroz Gaudêncio, UNIFEI, juliana.gaudencio@unifei.edu.br

Resumo

A necessidade de estimular uma educação que aproxime os discentes do ambiente profissional e lhes proporcione uma aplicação dos conceitos teóricos na prática é um desafio a ser enfrentado nos cursos de engenharia. Baseado neste contexto, o objetivo deste relato de experiência é mostrar o uso da aprendizagem ativa no ensino da Engenharia de Produção, especificamente, na disciplina de Confiabilidade oferecida na Unifei. Para isso, foi proposto um estudo de caso baseado no acompanhamento de um ensaio de motobombas hidráulicas em um laboratório acreditado, no qual os alunos aplicaram a ferramenta FMEA. A partir da avaliação realizada, foi possível concluir que, de forma geral, tal experiência proporcionou aos alunos a oportunidade de vivenciar um caso real, trabalhar em equipe, e propor melhorias e soluções para a situação abordada, aplicando os conceitos de confiabilidade e da técnica FMEA.

Palavras-chave: Aprendizagem ativa, Estudo de Caso, Confiabilidade, FMEA.

1. Introdução

Nos últimos anos, tem aumentado consideravelmente a atenção de educadores e pesquisadores, a necessidade de adequar a educação às exigências da sociedade e, principalmente, do mercado profissional. Devido às transformações tecnológicas, sociais e econômicas, discute-se a importância de preparar os estudantes para lidar com as demandas atuais e futuras da sociedade, que estão em constante evolução. Isso inclui aptidões como desenvolver tecnologias, empreender, resolver problemas complexos e se adaptar à nova era digital (CNI, 2019). Para preparar os discentes aos desafios e oportunidades do mundo real é importante oferecer uma educação com qualidade que os motive a aprender e evoluir constantemente.

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para o curso de graduação em Engenharia, instituída em 24 de abril de 2019, direcionam como organizar e estruturar os currículos dos cursos de Engenharia oferecidos por instituições de ensino superior no Brasil. Essas diretrizes buscam formar engenheiros qualificados e que estejam preparados para atender às demandas do mercado de trabalho, além de contribuir para o desenvolvimento socioeconômico do país. Nessa resolução, torna-se necessário o uso de metodologias para aprendizagem ativa como forma de estimular uma educação mais centrada no aluno, além de desenvolver atividades que aproximem os estudantes do ambiente profissional (BRASIL, 2019). Já no contexto da Engenharia de Produção, espera-se que as metodologias ativas contribuam para desenvolver as competências profissionais e habilidades desejadas de um engenheiro de produção de acordo com as necessidades e demandas do mercado e da sociedade; e conforme estabelecido no documento “Engenharia de Produção: grande área e diretrizes curriculares”, elaborado pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 1998).

As metodologias ativas de ensino-aprendizagem possibilitam uma maior participação dos alunos, estimulando a autoaprendizagem e a criatividade. A estratégia de aprendizagem ativa auxilia no desenvolvimento de competências da engenharia, criando uma boa experiência de aprendizagem para os alunos (FREEMAN *et al.*, 2014). Além dos discentes receberem informações, também interagem com o professor e com os demais colegas, vivenciando situações mais profundas de aprendizado (MARQUES *et al.*, 2021). Isso significa que as universidades devem incentivar a adoção de abordagens que centralizem o aluno no processo de aprendizagem. Diversos métodos podem ser

utilizados tais como Aprendizagem baseada em projetos, Aprendizagem baseada em problemas, Ensino híbrido, Estudo de caso, Metodologia STEAM, Gamificação e entre outros, os quais promovem a participação ativa e a autonomia do aluno no processo de adquirir conhecimento.

O estudo de caso, utilizado neste relato, é uma abordagem de ensino e aprendizagem apoiada em situações em um contexto real, assim como, ocorre no método de Aprendizagem baseado em problemas (PBL – *Problem-Based Learning*). Esses tipos de abordagem são importantes para desenvolver competências e habilidades vinculadas à resolução de problemas, tomada de decisão, análise crítica e trabalho em equipe. Para Silva, Musetti e Andrade (2022), o método do estudo de caso tem como objetivo permitir ao aluno tomar decisões baseadas em situações reais registradas no mundo real. Similar ao método científico utilizado nas pesquisas (CAUCHICK MIGUEL *et al.*, 2018; YIN, 2010), o estudo de caso, seja ele hipotético ou real, permite identificar os principais problemas, analisar as causas e explorar diferentes pontos de vista e soluções. Além disso, permitem que os discentes apliquem seus conhecimentos teóricos em situações práticas, dentro de um ambiente de apoio (YADAV; SHAVER; MECKL, 2010). O professor, nesse caso, assume o papel de facilitador do processo de aprendizagem, fornecendo aos alunos as orientações e os *feedbacks* necessários (PAN *et al.*, 2020; RIEG *et al.*, 2021).

Com o intuito de aplicar os conhecimentos obtidos na disciplina de Confiabilidade da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), junto aos conceitos relacionados à ferramenta de Análise dos Modos de Falha e Seus Efeitos (FMEA), conduziu-se um estudo de caso para aplicar a técnica FMEA no procedimento de ensaio de motobombas hidráulicas centrífugas em um laboratório acreditado. Esse procedimento deve seguir os critérios estabelecidos para o programa de avaliação de conformidade de bombas e motobombas centrífugas através do mecanismo de etiquetagem previsto na Portaria RAC 319/2021 do INMETRO e na Norma ISO 9906:2012. Essa abordagem prática possibilita aos estudantes terem experiências que os conectem com a realidade do mercado de trabalho.

2. Descrição do problema

Diante do cenário de globalização, competitividade e as recentes mudanças tecnológicas (Indústria 4.0, por exemplo), há uma demanda no mercado de trabalho por profissionais da engenharia que possuam competências e habilidades para analisar

criticamente determinadas situações, além de serem capazes de resolver problemas de forma eficiente e eficaz.

Para atender tais demandas, os cursos de engenharia precisam se adaptar de modo que valorizem as competências e habilidades desses profissionais e não apenas o conjunto de conteúdos tradicionalmente abordados (MONTENEGRO *et al.*, 2023). Portanto, há alguns desafios a serem alcançados em relação ao ensino na engenharia, são eles:

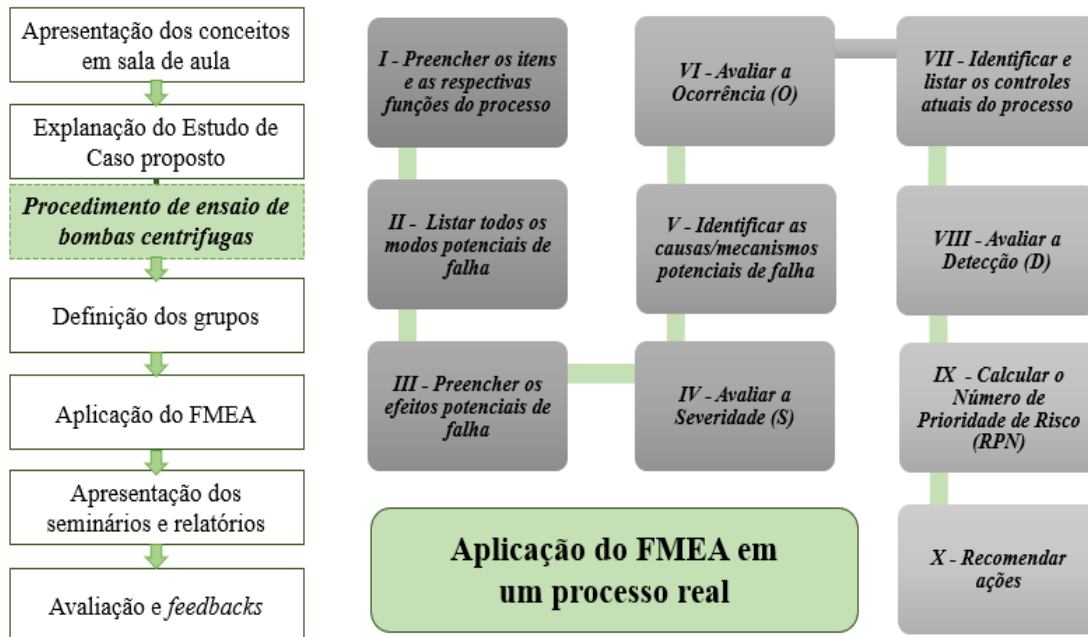
- Necessidade de adotar abordagens metodológicas alternativas ao modelo tradicional;
- Proporcionar aos discentes a oportunidade de vivenciar diretamente os processos reais das empresas;
- Desenvolver nos discentes as habilidades comunicação e trabalho em equipe;
- Estimular a capacidade de inovação e criatividade dos alunos;
- Desenvolver nos discentes a capacidade de resolução de problemas complexos e de tomada de decisão.

Nesse contexto, os docentes exercem um papel importante nos processos de ensino-aprendizagem e são responsáveis pela educação das futuras gerações de membros da sociedade (CHAMOSO; CÁCERES; AZCÁRATE, 2012). Assim, o uso do método de aprendizagem ativa, uma abordagem centrada no aluno através de atividades práticas, promove o protagonismo dos discentes em seu processo de aprendizagem, como também contribui para uma melhor compreensão e retenção do conhecimento (HERNÁNDEZ-DE-MENÉNDEZ *et al.* 2019; RIEG *et al.*, 2021). Segundo o estudo de Machado *et al.* (2023), um currículo que mistura métodos ativos e passivo de ensino pode ser positivo para o desenvolvimento das habilidades e das competências dos discentes.

3. Solução desenvolvida (percurso metodológico)

Como mencionado anteriormente, este relato de experiência tem como objetivo mostrar a atividade que foi desenvolvida na disciplina de Confiabilidade ministrada na Unifei, sobretudo, a aplicação prática da técnica FMEA em um processo real. A Figura 1 mostra as etapas da metodologia adotada.

Figura 1 - Etapas da aplicação da metodologia adotada



Fonte: Autor (2024)

Para esclarecer a metodologia adotada, apresentaremos alguns dos conceitos importantes que foram apresentados em sala de aula, tais como a NBR 5462-1994, Confiabilidade e a técnica FMEA. A norma NBR 5462 que define os termos relacionados à confiabilidade e manutenibilidade de itens (ABNT, 1994). A definição da confiabilidade, segundo Leemis (1995), é a probabilidade de um item “desempenhar adequadamente o seu propósito especificado, por um determinado período de tempo e sob condições ambientais predeterminadas”. Para Fogliatto e Ribeiro (2011), a confiabilidade está relacionada à capacidade de um produto ou sistema operar de forma bem-sucedida, sem apresentar quebras ou falhas. Nesse sentido, várias indústrias têm integrado programas de confiabilidade no processo de desenvolvimento de produtos, como por exemplo, em estudos qualitativos que envolvem o uso do FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* ou Análise dos Modos e Efeitos de Falha).

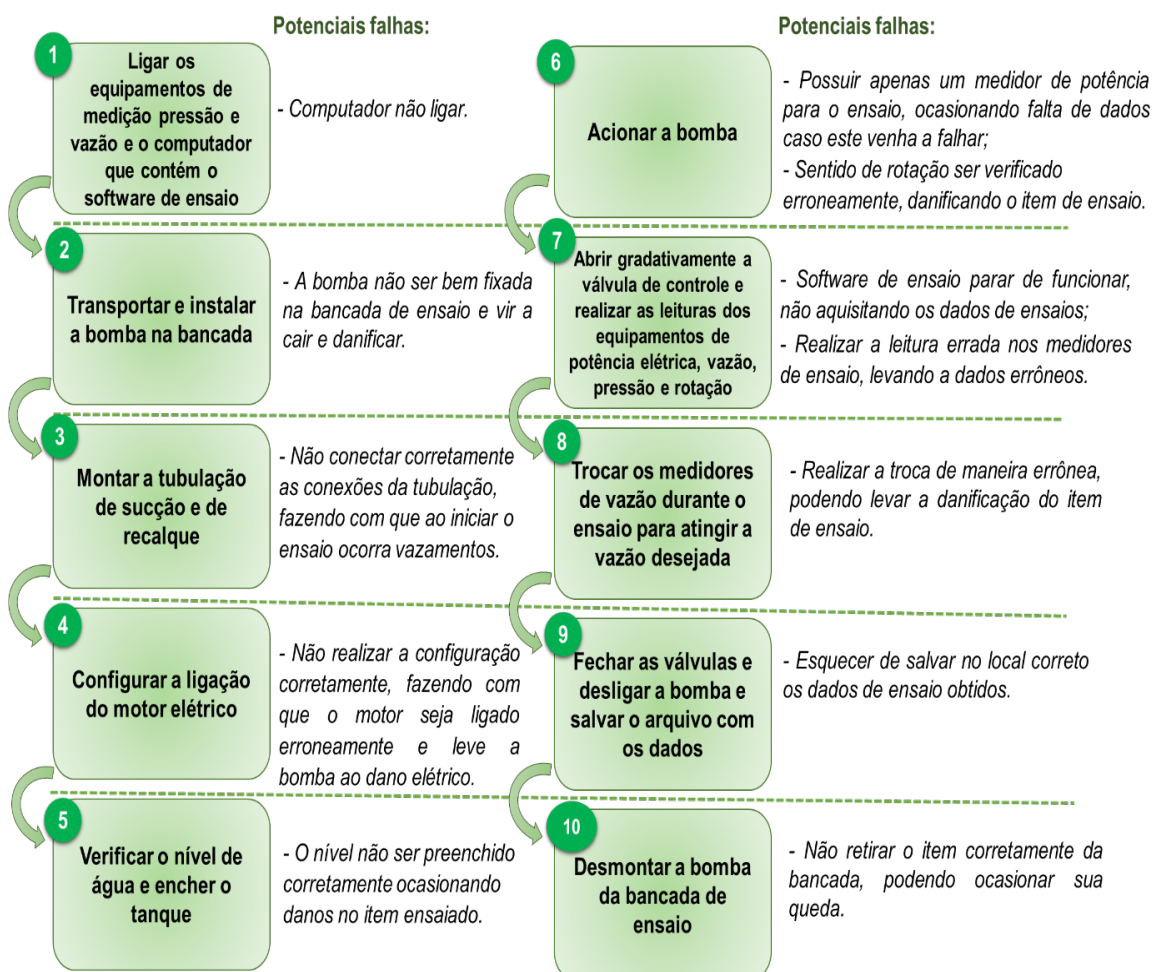
O FMEA é uma técnica de confiabilidade que identifica e avalia potenciais falhas em produtos ou processos, além de propor ações para reduzir sua ocorrência. O objetivo principal é documentar essas análises para auxiliar em revisões e melhorias futuras nos projetos ou processos (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011). O FMEA é um método proativo que evita falhas no sistema antes que elas ocorram (DAĞSUYU *et al.*, 2016) e que os produtos cheguem aos clientes com defeitos, não atendendo às suas expectativas

(STAMATIS, 2003). Essa técnica mostra os pontos fracos do sistema, fornecendo subsídios para as atividades de melhoria contínua.

Um caso real foi apresentado aos alunos envolvendo o procedimento de ensaio de motobombas hidráulicas centrífugas em um laboratório acreditado. Durante essa atividade, foram explanados detalhes sobre o caso, assim como o contexto, os desafios e as situações enfrentadas pelo laboratório nesse processo. Através da técnica do FMEA, os alunos tiveram que analisar e discutir esse caso de forma aprofundada, promovendo assim uma compreensão mais ampla dos conceitos estudados. Após essa etapa, os alunos se dividiram em grupos.

A Figura 2 mostra as etapas do processo de ensaio das motobombas hidráulicas com as respectivas potenciais falhas do processo.

Figura 2 - Procedimento de ensaio de motobombas hidráulicas centrífugas



Fonte: Autor (2024)

O processo de ensaio de bombas hidráulicas inicia-se com a preparação dos equipamentos de medição de pressão e vazão, bem como a ligação do computador que

contém o *software* de ensaio, 30 minutos antes do início dos ensaios para que entrem em regime de operação. Em seguida, as bombas selecionadas são transportadas e instaladas na bancada de ensaio. A montagem da tubulação de sucção e recalque segue com a conexão dos anéis piezométricos e a verificação do posicionamento adequado dos engates. Após isso, é realizada a configuração e ligação do motor elétrico, seguindo as especificações de tensão e fechamento elétrico das bobinas. Depois, verifica-se o nível de água no tanque e procede-se ao enchimento, se necessário, aguardando até que o nível alcance a marca adequada. Posteriormente, a bomba é acionada, configurando os medidores de potência e escolhendo a faixa de potência do motor. Durante o ensaio, a vazão da bomba é ajustada gradativamente, registrando os dados de pressão, vazão, potência elétrica e rotação em diferentes pontos de operação. Este processo é repetido para cada ponto, até que toda a curva de rendimento da bomba seja levantada. Caso necessite trocar os medidores de vazão durante o ensaio, segue-se conforme a rotina de ensaio, garantindo a continuidade do teste. Ao término do ensaio, todos os equipamentos são desligados, as válvulas são fechadas e as informações finais são registradas no formulário. Por fim, a bancada de ensaio é desmontada e a bomba é armazenada no estoque de bombas ensaiadas.

Após apresentado o procedimento de ensaio de motobombas hidráulicas, as equipes foram orientadas a preencher a tabela FMEA com informações referente aos modos potenciais de falha das bombas hidráulicas, as causas dessas falhas, seus efeitos no sistema ou produto, a severidade desses efeitos, a probabilidade de ocorrência das falhas, a capacidade de detecção dessas falhas antes que causem algum problema e, por fim, realizaram o cálculo do RPN (Número de Prioridade de Risco) de cada modo de falha. Essa planilha foi disponibilizada aos alunos no formato de arquivo de *Excel*®. Também foram disponibilizadas as tabelas que incluem as escalas de severidade, detecção e ocorrência, as quais podem ser encontradas no livro de Fogliatto e Ribeiro (2011).

A Figura 3 apresenta os campos da ferramenta FMEA preenchidos por um dos grupos. A implementação da técnica FMEA foi subdividida em 10 etapas, conforme descrito e adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2011):

I. Item/Função do processo

Os grupos preencheram os campos de "Item e "Função" para o ensaio de motobombas hidráulicas. Para cada item foi feita uma descrição simples e também explicado qual o

propósito ou requisito a ser alcançado. Isso fez com que a equipe tivesse uma visão geral do processo em análise, facilitando seu entendimento e a identificação das interfaces.

Figura 3 – FMEA do procedimento de ensaio de motobombas

Processo: Calibração de bombas centrífugas					Elaborado por: Grupo 12					
Item	Função	Modos de Falha	Efeitos	Severidade	Causas de falhas	Ocorrência	Controles atuais do processo	Deteção	RPN	Ações recomendadas
Bomba	Bombear água para as tubulações do ensaio	Bomba cair da bancada	Quebra do equipamento	10	Item de ensaio vibrando de maneira incomum na bancada	1	Fixação por meio de parafusos na bancada	1	10	Revisão quinzenal dos parafusos
			Técnico responsável machucado	10	Fixação inadequada	1		1	10	
		Curto circuito	Quebra do equipamento	10	Problemas na fiação ou no isolamento térmico	1	Isolamento das mangueiras com fita isolante	1	10	Revisão quinzenal do isolamento da mangueira
Tubulação de sucção	Transportar água da bomba para o tanque	Conexão de sucção escapar	A bomba em funcionamento pode ficar sem água e ser danificada	10	Vazamento na conexão de sucção	1	Identificação de vibração	3	30	Revisão semestral do engate
Tubulação de recalque	Conduzir a saída da água do tanque	Conexão de recalque escapar	Molhar a área de ensaio	4	Verificação visual da ligação do motor antes do ensaio	2	Não há	2	16	Revisão semestral do engate
Motor	Fornecer potência para o funcionamento da bomba	Curto circuito	Curto circuito do motor caso não tenha sido bem isolado	10	Falta de isolamento ou isolamento ineficaz	1	Isolamento das mangueiras com fita isolante	1	10	Revisão quinzenal do isolamento da fiação do motor
Medidores de vazão	Realizar leituras de vazão durante o ensaio	Falhas na leitura dos medidores de vazão	Ensaio realizado de modo errado.	10	Geração de informação errada atrapalham os resultados do ensaio	1	Realização de ensaios com amostra padrão para verificação dos equipamentos de leitura de	1	10	Realizar medidas prévias ao ensaio como verificação
			Relatório emitido pelo medidor com informações erradas	10		1		1	10	
Software de ensaio	Realizar leituras durante o ensaio	Falha na leitura do software de ensaio	Leituras devem ser inseridas manualmente	6	Maior tempo gasto com a inserção manual de dados no software	3	O laboratório faz uso de leituras "manuais" para conferir com as leituras realizadas pelo software	4	72	Utilização de um software reserva
		Leituras erradas feitas pelo software de ensaio	Relatório emitido pelo software com informações erradas	10	Geração de informação errada atrapalham os resultados do ensaio	1		2	20	
Tanque	Armazenar água da bomba	Tanque não estar no nível de água adequado	O ensaio não consegue ser realizado	10	Falta de água direcionada ao tanque	1	Verificação visual do nível da mangueira	2	20	Inspenção quinzenal do tanque
Válvulas de controle	Controlar a vazão de água	Válvulas de controle não conseguirem controlar a vazão	As leituras dos dados não conseguem ser realizados corretamente	10	Medição do ensaio com medidor de vazão é prejudicada	1	Verificação visual de vazamento nas conexões das válvulas	2	20	Testes das válvulas de controle em ambientes controlados

II. Modos potenciais de falha

As equipes listaram todos os modos potenciais de falha relevantes para cada item. Para identificar esses modos potenciais de falha, foram consideradas algumas questões: (1) “De que forma o processo ou o item podem falhar em alcançar as especificações

técnicas?”; (2) “Além das especificações de engenharia, que outros aspectos poderiam ser alvo de questionamentos (críticas) por parte do cliente?”.

É importante ressaltar que a falha no processo pode ser definida como qualquer ocorrência que possa comprometer a qualidade do produto final. A lista de modos potenciais de falha foi desenvolvida com base na experiência da equipe, e para isso, utilizaram a ferramenta *Brainstorming*.

III. Efeitos potenciais de falha

Os grupos preencheram os efeitos potenciais de falha, que são os defeitos resultantes dos modos de falha conforme percebidos pelo cliente. A descrição do efeito considerou o que o cliente poderá observar ou experimentar, compreendendo o cliente no seu sentido amplo, podendo ser o responsável pela próxima operação, o revendedor ou o cliente final. Para cada modo de falha corresponde um efeito.

IV. Severidade

Nessa etapa, realizaram uma avaliação qualitativa da severidade dos efeitos listados na etapa anterior. A severidade é definida pelo impacto que o efeito do modo potencial de falha exerce sobre a operação do sistema e, conseqüentemente, na satisfação do cliente. Essa avaliação foi feita através de uma escala de 1 a 10 disponibilizada para os alunos, onde 1 indica um efeito pouco severo e 10 indica um efeito muito severo. Vale ressaltar que a severidade se aplica somente ao efeito do modo de falha.

V. Causas/Mecanismos potenciais de falha

As equipes identificaram as causas/mecanismos potenciais de falha. Esta é considerada uma das etapas mais importantes do estudo, pois ajuda identificar a causa raiz do problema. Uma causa potencial de falha pode ser compreendida como uma deficiência no processo, resultando no modo de falha. Num primeiro momento, essa causa pode ser corrigida ou controlada. As causas de falhas identificadas pelos grupos incluem problemas como vibração do item de ensaio, fixação inadequada, vazamentos, falta de verificação visual, isolamento ineficaz, geração de informações incorretas, entre outros.

VI. Ocorrência (O)

Nessa etapa, avaliaram a ocorrência a qual está associada à probabilidade de que uma causa ou mecanismo listado ocorra. O ideal é que essa probabilidade seja determinada por meio de dados referentes a taxas de falha ou índices de capacidade do processo, obtidos por métodos estatísticos a partir de dados históricos de processos similares.

Quando esses dados não estão disponíveis, como neste estudo de caso, realizou-se uma análise subjetiva, buscando o consenso entre o grupo para classificar a probabilidade de ocorrência. Essa avaliação ocorreu por meio de uma escala de 1 a 10 disponibilizada aos alunos, onde 1 indica uma probabilidade muito baixa de ocorrência da falha, enquanto 10 indica uma probabilidade muito alta.

VII. Controle atuais do processo

As equipes identificaram e listaram os controles que já estão incorporados ao processo e que têm a capacidade de prevenir ou detectar a causa, bem como o seu respectivo modo de falha. Os controles atuais referem-se às práticas que foram ou estão sendo implementadas em processos similares. Nesse caso, os controles atuais do processo incluem medidas como fixação por parafusos na bancada, isolamento das mangueiras, identificação de vibrações, realização de ensaios com amostras padrão, comparação entre leituras manuais e automáticas, verificação visual do nível e vazamento das mangueiras, entre outros.

VIII. Detecção (D)

Nessa etapa, os grupos avaliaram a eficácia dos controles atuais em detectar potenciais causas ou modos de falha antes do item prosseguir para a próxima etapa do processo. Utilizou-se uma escala qualitativa de 1 a 10 que foi disponibilizada, onde 1 indica que modo de falha será detectado (situação favorável) e 10 indica que o modo de falha, caso exista, não será detectado (situação desfavorável). Considerou-se que o modo de falha tenha ocorrido e assim foi verificada a capacidade dos controles atuais em detectá-lo.

IX. Número de Prioridade de Risco

O cálculo do Número de Prioridade de Risco (RPN - *Risk Priority Numbers*) foi realizado para priorizar ações de correção e melhoria do processo. Esse cálculo considera a severidade, ocorrência e detecção de um modo de falha. A fórmula comumente usada para avaliar o risco é a multiplicação desses três itens ($RPN = S \times O \times D$) (DAĞSUYU *et al.*, 2016). Quanto maior a severidade, a probabilidade de ocorrência e a probabilidade de não detecção, maior será o risco. As equipes focaram seus esforços nos itens com maior risco que, nesse caso, foi o *software* utilizado no ensaio.

X. Ações recomendadas

Após o cálculo do risco, as equipes recomendaram ações para priorizar os modos de falha com maior risco. Vale ressaltar que, independentemente do valor do risco, é

importante considerar as causas que afetam a segurança. Essas ações podem incluir a revisão de procedimentos de ensaio, a implementação de novos controles, a adoção de tecnologias alternativas, o reforço das atividades de manutenção preventiva ou preditiva, entre outros. O objetivo dessas ações é reduzir o risco, além de melhorar a qualidade e a confiabilidade do processo de ensaio das bombas hidráulicas centrífugas.

Após o preenchimento do FMEA, os grupos elaboraram os relatórios e apresentaram em forma de seminário para o professor e receberam os respectivos *feedbacks*.

4. Resultados obtidos

Considerando a importância de transformar o ensino superior, novos métodos de ensino estão sendo desenvolvidos, nos quais os discentes não são mais vistos como receptores passivos de informação, mas sim como agentes ativos no aprendizado. A aplicação dos conhecimentos vistos em sala de aula e os conceitos relacionados à técnica FMEA em um contexto real estimulou o engajamento dos alunos, o trabalho em equipe, a troca de conhecimentos e a habilidade de comunicação. Além disso, as equipes desenvolveram o pensamento crítico, bem como algumas competências e habilidades desejáveis para sua formação na área de engenharia. Isso mostra que os alunos não apenas absorveram passivamente informações, mas também se envolveram ativamente na aplicação prática dos conceitos teóricos.

Conforme apresentado na seção anterior, os discentes tiveram a oportunidade de aplicar seus conhecimentos teóricos em um caso real, vivenciando situações práticas relacionadas à análise de riscos de falha, qualidade e confiabilidade de processos. Essa abordagem permitiu uma aprendizagem prática, preparando-os para os desafios e as exigências do mercado de trabalho em suas respectivas áreas de atuação, os quais enfrentarão após a graduação. Vale ressaltar que essa abordagem pode ser aplicada em diferentes temas e contextos. No entanto, Yadav, Shaver e Meckl (2010) comentam que os estudos de casos precisam ser cuidadosamente selecionados e implementados para que seus benefícios sejam alcançados.

Durante a aplicação, os grupos utilizaram o *Brainstorming* como ferramenta para identificar os modos potenciais de falhas, o qual todos os envolvidos tiveram a oportunidade de contribuir e expressar suas ideias. Segundo Senthamarai (2018), o *Brainstorming* geralmente ocorre em sessões de grupo, sendo uma ferramenta útil para

gerar pensamentos e ideias criativas. Além disso, promove habilidades de colaboração, comunicação e trabalho em equipe, ajudando os participantes a se unirem para alcançar objetivos comuns (SENTHAMARAI, 2018) e contribuindo de forma espontânea para encontrar soluções para uma determinada situação ou problema (RIEG *et al.*, 2021).

Os alunos se tornam proativos na identificação dos modos potenciais de falha e na resolução dos problemas que ocorrem no processo, o que é fundamental para o desenvolvimento de sua formação. Para Stamatis (2003), o FMEA tem como objetivo apresentar informações necessárias para apoiar a tomada de decisões no gerenciamento de riscos. Cada grupo teve que avaliar criticamente os modos de falha quanto à severidade, ocorrência e detecção, três parâmetros principais utilizados na análise de risco para priorizar as ações e reduzir essas falhas. Durante a aplicação, foram discutidas as medidas preventivas e corretivas para minimizar os modos de falha com maior risco, garantindo, assim, a qualidade e confiabilidade do processo.

Dentre os riscos identificados pelas equipes durante o processo de realização de ensaios, constatou-se que a falha do *software* é um dos mais críticos. Isso se deve ao fato de que o *software* é responsável pela aquisição dos dados do ensaio e pode falhar a qualquer momento. No entanto, como medida corretiva para este problema, as equipes observaram que o laboratório já adota a aquisição manual dos dados de ensaio. Isso é feito com o objetivo de possibilitar a comparação dos dados no caso de falha do *software*.

Os discentes relataram que foi mais difícil aplicar o FMEA na prática do que na teoria devido às informações disponíveis serem destinadas à criação de um FMEA mais elaborado, além de não terem um domínio total sobre o processo em si. Portanto, o trabalho de avaliação da severidade, ocorrência e detecção foi desafiador para eles. Também, destacaram que a atividade proporcionou uma ótima oportunidade para utilizar uma ferramenta que pode ser aplicada em todos os tipos de processos e contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento prático da metodologia por todos os integrantes do grupo, agregando conhecimento e experiência no assunto.

Dessa forma, concluiu-se que através da utilização de metodologias ativas de aprendizagem é possível atender às diretrizes para os cursos de Engenharia das instituições de ensino superior (DCNs) em relação a utilização de metodologias para aprendizagem ativa, bem como desenvolver algumas das competências e habilidades desejadas de um engenheiro de produção, conforme estabelecidas pela ABEPRO. Em

resumo, o relato apresentado demonstra que a metodologia aplicada trouxe benefícios para os discentes na disciplina de Confiabilidade, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 – Benefícios percebidos no processo de aprendizagem ativa na disciplina



Fonte: Autor (2024)

Tais benefícios podem ser obtidos através da aplicação de qualquer metodologia de aprendizagem ativa do curso de engenharia, em especial, no curso de Engenharia de Produção. A interação do professor com os alunos durante o processo de aprendizagem permite receber *feedbacks*, identificar pontos fortes, obter sugestões de melhorias, e assim, ajustar as abordagens de aprendizagem conforme necessário.

5. Lições aprendidas e conclusão

A aplicação da abordagem prática aliada ao conhecimento teórico promoveu um maior envolvimento e satisfação dos alunos no processo de aprendizagem. Isso é evidenciado neste relato, no qual, através de um estudo de caso real sobre o processo de ensaio de motobombas centrífugas, os alunos puderam aplicar o FMEA, uma ferramenta da Engenharia de Produção, além de desenvolverem a aprendizagem ativa.

Essa experiência proporcionou aos alunos a oportunidade de vivenciar um caso real e, a partir disso, propor melhorias e soluções para a situação abordada. Vale ressaltar que ao acompanharem esse estudo de caso, os alunos puderam ter contato com o dia a dia de um profissional de Engenharia de Produção, incluindo suas limitações e desafios. Além disso, ao trabalharem em equipe, puderam desenvolver a aplicação de ferramentas como o *Brainstorming* para a análise e solução das falhas que ocorrem no processo.

Portanto, acreditamos que a promoção de experiências práticas abordadas no presente relato está alinhada com as metodologias para aprendizagem ativa, conforme abordadas nas Diretrizes Curriculares Nacionais. O objetivo é estimular o aluno a desenvolver atividades que o aproximem do ambiente profissional, além de contribuir para desenvolver as competências e habilidades desejadas de um engenheiro de produção.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao laboratório da UNIFEI que colaborou e apresentou o estudo de caso sobre o procedimento de ensaio de motobombas hidráulicas centrífugas para os alunos.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ABEPRO). **Engenharia de Produção: grande área e diretrizes curriculares**, 1998. Disponível em: <<https://abepro.org.br/arquivos/websites/1/diretrcurr19981.pdf>>. Acesso em: 10 Mar. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5462:1994. Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução N° 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2019.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3. ed. Rio de Janeiro. Elsevier. 2018.p. 264.

CHAMOSO, J. M.; CÁCERES, M. J.; AZCÁRATE, P. Reflection on the teaching-learning process in the initial training of teachers. Characterization of the issues on which pre-service mathematics teachers reflect. **Teaching and Teacher Education**, v. 28, n. 2, p. 154-164, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.08.003>.

CONSELHO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Documento de apoio à implantação das DCNs do Curso de Graduação em Engenharia**. Brasília: CNI, 2020. Disponível em: <https://www.abenge.org.br/file/DocumentoApoioImplantacaoDCNs.pdf>. > Acesso em: 10 Mar. 2024.

DAĞSUYU, C.; GÖÇMEN, E.; NARLI, M.; KOKANGÜL, A. Classical and fuzzy FMEA risk analysis in a sterilization unit. **Computers & Industrial Engineering**, v. 101, p. 286-294, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.09.015>.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2011.

FREEMAN, S. *et al.* Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014. DOI: 10.1073/pnas.1319030111

HERNÁNDEZ-DE-MENÉNDEZ, M.; VALLEJO GUEVARA, A.; TUDÓN MARTÍNEZ, J. C. *et al.* Active learning in engineering education: A review of fundamentals, best practices and experiences. **International Journal of Interactive Design and Manufacturing**, v. 13, p. 909–922, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00557-8>

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Portaria Nº 319, de 23 de julho de 2021**. Aprova os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Bombas Centrífugas – Consolidado. Brasília, DF, 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 9906, Rotodynamic pumps - Hydraulic performance acceptance tests - Grades 1, 2 and 3**. 2012.

LEEMIS, L. **Reliability: probabilistic models and statistical methods**. Nova York: Prentice Hall, 1995. 384p

MACHADO, R. H. C.; CONCEIÇÃO, S. V.; PELISSARI, R.; AMOR, S. B.; RESENDE, T. L. A multiple criteria framework to assess learning methodologies. **Thinking Skills and Creativity**, v. 48, p. 101290, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101290>.

MARQUES, H. R.; CAMPOS, A. C.; ANDRADE, D. M.; ZAMBALDE, A. L. Inovação no ensino: uma revisão sistemática das metodologias ativas de ensino-aprendizagem. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 26, n. 3, p. 718–741, 2021. DOI: 10.1590/S1414-40772021000300005.

MONTENEGRO, A. C. L.; RODRIGUES, G. A.; OLIVEIRA, L. P.; ALMEIDA, M. R.; HEKIS, H. R. A experiência do uso de metodologias ativas e tecnologias educacionais no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. In: XLIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 43., 2023, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: Abepro, 2023.

PAN, G.; SEOW, P.-S.; SHANKARARAMAN, V.; KOH, K. An exploration into key roles in making project-based learning happen: Insights from a case study of a university. **Journal of International Education in Business**, v. 14, n. 1, p. 109-129, 2021. DOI: 10.1108/JIEB-02-2020-0018.

RIEG, D.L.; LIMA, R.M.M.; MESQUITA, D.; SCRAMIM, F.C.L.; MATTASOGLIO NETO, O. Active learning strategies to develop research competences in engineering education. **Journal of Applied Research in Higher Education**, v. 14, n. 3, p. 1210-1223, 2022. DOI: 10.1108/JARHE-01-2021-0038.

SENTHAMARAI, S. Interactive teaching strategies. **Journal of Applied and Advanced Research**, v. 3, p. S36-S38, 2018. DOI: 10.21839/jaar.2018.v3S1.166.

SILVA, T. G. E.; MUSETTI, M. A.; ANDRADE, H. S. Método do Caso: caracterização e casos de uso para ensino em Engenharia. In: XLII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 42., 2022, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: Abepro, 2022.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA**. From theory to execution. 2. ed. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press, 2003.

YADAV, A.; SHAVER, G. M.; MECKL, P. Lessons Learned: Implementing the Case Teaching Method in a Mechanical Engineering Course. **Journal of Engineering Education**, v. 99, p. 55-69, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2010.tb01042.x>.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos (4 ed.)**. Tradução de Ana Thorel. Porto Alegre: Bookman, 2010.