



UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA TRIZ NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM PROJETO COM INGRESSANTES NOS CURSOS DE ENGENHARIA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3995

Anderson Harayashiki Moreira - anderson.hmoreira@maua.br
Instituto Mauá de Tecnologia

ANDRESSA CORRENTE MARTINS - andressa.martins@maua.br
Instituto Maua de Tecnologia

Angelo Eduardo Battistini Marques - angeloebm@gmail.com
Instituto Mauá de Tecnologia

Diego Hernandez Arjoni - diego.arjoni@maua.br
Instituto Mauá de Tecnologia

Gabriela Sá Leitão de Mello - gabriela.mello@maua.br
Instituto Mauá de Tecnologia

Keiti Pereira Vidal de Souza - keiti.vidal@maua.br
Instituto Mauá de Tecnologia

Resumo: Neste trabalho são apresentadas a proposta e os resultados obtidos na aplicação da aprendizagem baseada em projetos (PBL ou PjBL) com alunos ingressantes nos cursos de Engenharia utilizando a metodologia TRIZ como abordagem para a solução de problemas, aplicadas no início das atividades acadêmicas em 2022. Também são apresentadas as percepções dos estudantes com relação ao uso da metodologia e aos resultados obtidos na atividade.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Projetos, Educação em Engenharia, PBL, TRIZ



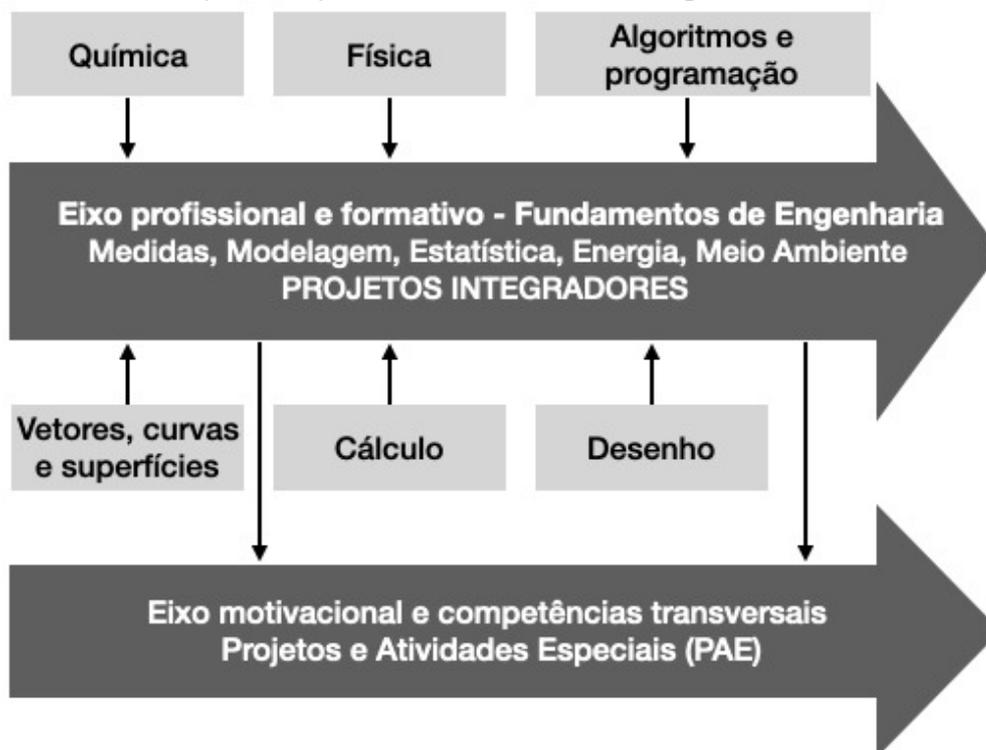
UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA TRIZ NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM PROJETO COM INGRESSANTES NOS CURSOS DE ENGENHARIA

1 INTRODUÇÃO

O Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) tem como propósito formar profissionais de Engenharia com qualidade e capacidade para atender às diversas frentes de atuação. Dessa forma, o currículo escolar e os procedimentos pedagógicos utilizados estão em constante atualização.

Dentro do exercício da profissão, o(a) engenheiro(a) precisa de habilidades fundamentais e ferramentas que possam ser utilizadas de forma prática e sinérgica, tais como cálculo numérico, desenho, física, química, entre outros. Para tanto, em seu projeto pedagógico, a disciplina Fundamentos de Engenharia, ministrada aos estudantes do primeiro ano dos cursos de Engenharia, foi inserida como eixo profissional e formativo, exercendo o papel de integrar e colocar em prática os conceitos vistos nas demais disciplinas do curso (Freitas, 2020). A Figura 1 esquematiza a estrutura do primeiro ano dos cursos de Engenharia.

Figura 1 - A disciplina Fundamentos de Engenharia e o contexto das disciplinas do primeiro ano dos cursos de Engenharia



Fonte: Autores (2022).

Dentro do escopo da disciplina de Fundamentos de Engenharia, busca-se desenvolver diversas competências técnicas, relacionadas a temas como metrologia, modelagem matemática e estatística, entre outros conceitos básicos das diferentes habilitações da Engenharia, como Energia e Meio Ambiente.

Além disso, técnicas e competências transversais, como Trabalho em Equipe, Criatividade, Senso Crítico e Comunicação, são trabalhadas em atividades de cunho completamente prático, utilizando como técnica a Aprendizagem Baseada em Projetos conhecida por PBL ou por PjBL (Brasil, 2019), referendada pelas Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia como sendo indicada, tanto no aspecto de construção de conhecimentos, como de competências transversais (Brasil, 2019). O PBL é, essencialmente, o desenvolvimento de projetos, por parte dos estudantes, desde a sua concepção até a fase de operação, ou pleno funcionamento, sendo continuamente orientada, acompanhada e avaliada pelo(a) professor(a) (MARQUES, 2021).

Diferentemente dos anos anteriores, em que apenas um único projeto era executado no decorrer do ano na disciplina, a proposta, a partir do ano de 2022, é que a cada bimestre os estudantes desenvolvam um projeto integrador baseado em competições que visam resoluções de problemas desafiadores e busca pela inovação.

Os projetos propostos a cada bimestre estão vinculados aos conceitos e assuntos abordados, não só em Fundamentos de Engenharia, mas também nas demais disciplinas do curso, provendo aos estudantes uma visão prática e a aplicação das disciplinas ensinadas em paralelo, melhorado a contextualização do ensino e conseqüentemente possibilitando uma visão mais abrangente aos estudantes sobre a necessidade de cada matéria.

Para o primeiro bimestre de 2022 foi proposto um projeto competitivo no qual os grupos de estudantes deveriam desenvolver um aparato para proteger um ovo em queda livre sem quebrá-lo, de uma altura de cerca de 20m. Os estudantes, divididos em grupos de até 5 integrantes deveriam criar conceito e executar a construção da estrutura utilizando como materiais apenas papel, cola branca e fita adesiva. A restrição de materiais foi adotada para simular um ambiente de escassez de matéria-prima estimulando a criatividade e a engenhosidade dos grupos.

Um dos pontos focais deste projeto é a apresentação de metodologias de resolução de problemas e desenvolvimento de projetos, dentre as quais destaca-se o TRIZ, uma ferramenta baseada em um vasto estudo prático, que visa a resolução de problemas contraditórios através de soluções inventivas.

A aplicação da metodologia mostrou-se útil, não apenas em sua própria aplicação, mas também como um meio para estimular um *brainstorm* com um direcionamento prático, auxiliando a concepção de ideias para o projeto.

2 MÉTODOS

Durante o primeiro dia de aula foi apresentado aos estudantes o edital do concurso, contendo as regras para o projeto. De acordo com o documento, os estudantes deveriam construir um aparato que protegesse um ovo em queda livre, de uma altura de até 20m de altura, sendo estabelecido como marco mínimo uma queda de 2 metros. Os materiais utilizados foram limitados a papel, cola branca e fita adesiva, sendo que a quantidade de fita adesiva e cola branca não poderia ultrapassar 20% do peso total do aparato. Além disso, foi estabelecido volume máximo de 50 cm³ e o objetivo de criar o aparato mais leve possível.

A pontuação foi dada em função da maior altura de queda livre sem quebrar o ovo, cada equipe possuía três tentativas de lançamento, sendo que a altura de lançamento era estabelecida pela equipe. A maior altura conseguida pelo grupo era a utilizada para a definição da pontuação obtida, conforme apresentado na Tabela 1, como critério de desempate foi utilizado a menor massa do aparato.

Tabela 1 - Pontuação das equipes de acordo com a altura da queda

Altura (m)	Pontos
Menos de 2	0
2	10
3	20
6	30
9	40
12	50
15	60

Fonte: Autores (2022).

Os estudantes foram divididos em equipes de até cinco integrantes e cada equipe deveria construir, estimar, medir e testar tamanho e massa do aparato durante as aulas. Os materiais básicos (papel, cola branca e fita adesiva, tesoura e régua) foram fornecidos às equipes, que também tinham liberdade de trazerem variações conforme julgassem necessário, sempre se atentando às limitações previstas no edital.

Para guiar os desenvolvimentos dos protótipos, os estudantes foram apresentados ao método TRIZ, para auxiliar a resolução de contradições de projeto através de soluções inventivas.

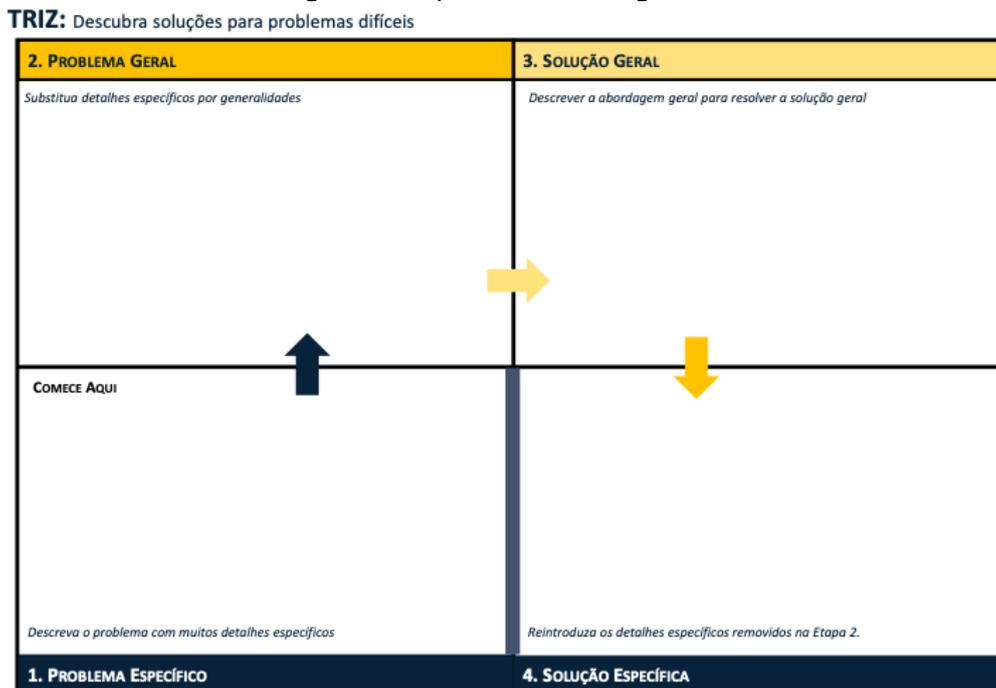
2.1 A Metodologia TRIZ

A metodologia TRIZ é constituída por um conjunto de ferramentas que permitem avaliar lógica e sistematicamente a maneira como ocorrem os processos inventivos (Altschuller, 1950). O nome TRIZ é um acrônimo em russo para "*Teorija Reszhenija Izobretatelskih Zadach*" ou "Teoria para a Resolução de Problemas Inventivos", criada por Genrich Altschuller, que analisou cerca de 400.000 patentes tecnológicas registradas, para encontrar padrões e regularidades de desenvolvimento nos projetos depositados por inventores, mapeando assim seus processos criativos na solução de problemas (Solid Creativity, 2004).

A metodologia TRIZ prevê as seguintes quatro grandes etapas que foram compiladas em um quadro distribuído aos estudantes para que fosse completado (Figura 2).

1. **Identificação do problema específico:** Inicialmente analisa-se o problema com todas as suas características e particularidades. No caso do projeto proposto aos estudantes, o problema específico é proteger o ovo em queda livre, sem quebrá-lo.
2. **Identificação do problema genérico:** O problema específico é analisado e transformado em um problema com características macro, simplificando a situação, que neste caso é proteger um objeto sólido durante a queda, diminuindo o impacto com o solo.
3. **Solução do Problema Genérico:** a terceira etapa da metodologia, consiste em analisar o problema de um escopo generalista, possibilitando a abertura do leque de possibilidades. No estudo atual pode-se descrever algumas soluções, tais como: diminuir o efeito da aceleração gravitacional (usando algo parecido com um paraquedas), usar algum material que possa amortecer o impacto ou uma combinação dos dois.
4. **Solução do Problema Específico:** esta quarta e última etapa, consiste em construir um aparato de amortecimento de impacto que pode ser combinado a outro aparato de redução do efeito da força gravitacional, levando em conta a resistência ao impacto da casca do ovo. Aqui também pode-se acrescentar um mecanismo que mantenha a posição do ovo evitando o impacto nas laterais, onde a resistência é menor.

Figura 2- Etapas da metodologia TRIZ



Fonte: Autores (2022).

Dentro do método proposto por Altschuller, após o passo 2, podem ser identificadas contradições inerentes ao projeto analisado, por exemplo, no caso do desafio de lançamento do ovo, a fragilidade da casca não é compatível com a energia a ser dissipada durante a queda. Desta forma, para sistematizar a metodologia de identificação de problemas paradoxais, o autor cria, com base na extensiva análise de patentes, duas tabelas, sendo de contradições, onde são listados 39 parâmetros conflitantes que devem ser analisados. Nesta tabela, as linhas representam os parâmetros a serem otimizados no projeto, as colunas expõem os parâmetros conflitantes. A segunda matriz diz respeito aos princípios inventivos que são endereçados aos cruzamentos de linhas e colunas.

A Figura 3 demonstra uma pequena porção da matriz, referente a algumas opções adotadas nos projetos dos estudantes. Neste caso, dentre as diversas possibilidades de contradições, algumas das mais adotadas foram:

- Resistência (14) x Força (Intensidade) (10)
- Resistência (14) x Velocidade (9).

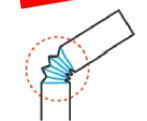
Executando o cruzamento dos itens na matriz de contradições, obtém-se uma célula com 4 numerações que correspondem a algumas das 40 soluções genéricas mapeadas. No caso do conflito Resistência (14) x Força (Intensidade) (10), chega-se as seguintes soluções:

- 10 – Ação Prévia: prevê no projeto alguma execução ou construção preparatória antes do momento contraditório, no caso onde a força conflita com a resistência do
- 18 – Vibração: Propõe o uso de algum tipo de sistema vibratório para diminuir os efeitos da força sobre o elemento não resistente.
- -Qualidade local: sugere modificar alguma parte específica do objeto não resistente para suportar a força introduzida.

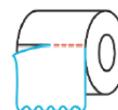
- 14 – Esferoidalidade (Curvatura): Sugere uma possível modificação da curvatura do objeto, neste caso para a melhoria da resistência.

Figura 3 – Matriz de Contradições e Princípios Inventivos para Solução

Recursos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1: Peso do objeto em movimento	* 29 34	-	15 8 29 34	-	29 17 38 34	-	29 2 40 28	-	2 8 15 38	8 10 18 37
2: Peso do objeto parado	-	* 40 29	-	10 1 29 35	-	35 30 13 2	-	5 35 14 2	-	8 10 19 35
3: Comprimento do objeto em movimento	8 15 29 34	-	* 18 4	-	15 17 4	-	7 17 4 35	-	13 4 8	17 10 4
4: Comprimento do objeto parado	-	35 28 40 29	-	* 26 7 9 39	-	17 7 10 40	-	35 8 2 14	-	28 10
5: Área do objeto em movimento	2 17 29 4	-	14 15 18 4	-	* 29 30 34	-	7 14 17 4	-	29 30 4 34	19 30 35 2
6: Área do objeto parado	-	30 2 14 18	-	26 7 9 39	-	* 29 30 34	-	-	-	1 18 35 36
7: Volume do objeto em movimento	2 26 29 40	-	1 7 4 35	-	1 7 4 17	-	* 29 30 34	-	29 4 38 34	15 35 36 37
8: Volume do objeto parado	-	35 10 19 14	19 14	35 8 2 14	-	-	-	* 29 30 34	-	2 18 37
9: Velocidade	2 28 13 38	-	13 14 8	-	29 30 34	-	7 29 34	-	* 29 30 34	13 28 15 19
10: Força (Intensidade)	8 1 37 18	18 13 1 28	17 19 9 36	28 10	19 10 15	1 18 36 37	15 9 12 37	2 36 18 37	13 28 15 12	*
11: Tensão ou pressão	10 36 37 40	13 29 10 18	35 10 36	35 1 14 16	10 15 36 28	10 15 36 37	6 35 10	35 24 36	6 35 36	36 35 21
12: Forma	8 10 29 40	15 10 26 3	29 34 5 4	13 14 10 7	5 34 4 10	-	14 4 15 22	7 2 35	35 15 34 18	35 10 37 40
13: Estabilidade do objeto	21 35 2 39	26 39 1 40	13 15 1 28	37	2 11 13	39	28 10 19 39	34 28 35 40	33 15 28 18	10 35 21 16
14: Resistência	1 8 40 15	40 26 27 1	1 15 8 35	15 14 28 26	3 34 40 29	9 40 28	10 15 14 7	9 14 17 15	8 13 26 14	10 18 3 14
15: Durabilidade do objeto em movimento	19 5 34 31	-	2 19 9	-	3 17 19	-	10 2 19 30	-	3 35 5	19 2 16



03
Qualidade Local



10
Ação Prévia



14
Esferoidalidade
(Curvatura)



18
Vibração

Fonte: Autores (2022).

Dentre estas opções, as mais adotadas pelos estudantes foram 03 – Qualidade Local e 10 – Ação Prévia. Nestes casos, muitos grupos que optaram pela qualidade local, tenderam a criar estruturas com resistência localizada que englobavam o ovo e se danificavam após o impacto, absorvendo a energia e protegendo o ovo. Por sua vez, os estudantes que optavam por uma Ação Prévia tendiam a criar sistemas de paraquedas que abriam antes da queda, impedindo que a força sequer chegasse ao ovo.

Cada projeto teve suas particularidades e desafios inerentes, contudo o direcionamento oferecido pela TRIZ impediu que os alunos optassem diretamente por um método de tentativa e erro, acelerando o desenvolvimento e conseqüentemente os testes.

Após essa primeira etapa de planejamento, os grupos fizeram as primeiras montagens e testes. Recomendou-se que os testes fossem filmados para que os estudantes pudessem observar melhor os possíveis pontos de melhoria. Em seguida,

utilizando o diagrama de Ishikawa (espinha de peixe), os grupos puderam identificar os problemas e refazer o quadro com as etapas do TRIZ, aprimorando a visão dos problemas, as contradições existentes e as possíveis soluções.

A competição foi realizada em um evento especial, com todas as equipes comparecendo em horários pré-determinados e podendo apresentar até três aparatos utilizando os mesmos princípios. Logo após a chegada, os grupos executavam um *check-in*, onde seus protótipos eram pesados e medidos pelos professores da disciplina para validar a conformidade com as regras. Após esta etapa as equipes eram direcionadas ao local de lançamento escolhido que poderia variar de 2 a 20 metros.

Era permitido aos grupos executar até três tentativas, apresentando, ao final da prova, o ovo para ser inspecionado. Foi então computada a pontuação de cada equipe, sendo classificadas primeiro em função da maior altura e, como critério de desempate, o aparato de menor massa.

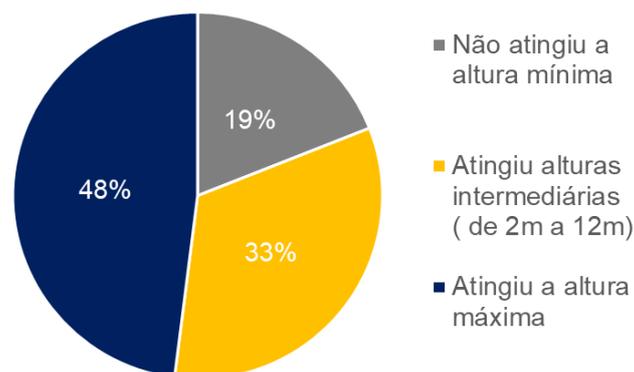
Após a competição, os grupos elaboraram um relatório no formato de um artigo técnico-científico, com a descrição do processo de construção, testes e resultados finais.

Ao final da atividade foi feita uma pesquisa para verificar as percepções dos estudantes com relação à validade da metodologia TRIZ e as contribuições à aprendizagem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Participaram da competição 103 equipes, sendo que 83 (81%) delas conseguiram atingir pelo menos o resultado mínimo de 2 metros e 47 grupos (47%) conseguiram que seu aparato protegesse o ovo na altura máxima possível (20 m) em pelo menos uma das três tentativas. A Figura 4 mostra os resultados obtidos.

Figura 4 - Proporções dos resultados obtidos pelas equipes



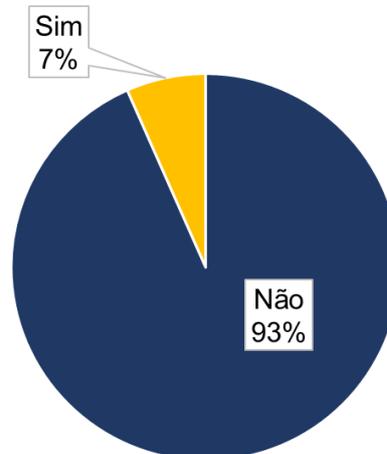
Fonte: Autores (2022).

Como várias equipes tiveram sucesso na altura máxima (20 metros), o desempate, para efeitos da premiação aos três primeiros colocados na competição, foi feito em função da menor massa da estrutura de proteção, embora em todos os casos, a pontuação, que faz parte da composição da nota, tenha sido a mesma, conforme mostrado anteriormente na Tabela 1.

Para verificar as percepções dos estudantes neste primeiro projeto, foi feita uma pesquisa quantitativa, 333 estudantes de um total de 400 ingressantes responderam à pesquisa. As questões propostas e os resultados da enquete são disponibilizados a seguir:

1. Você já conhecia a metodologia TRIZ?

Figura 5 - Conhecimento prévio sobre a metodologia TRIZ

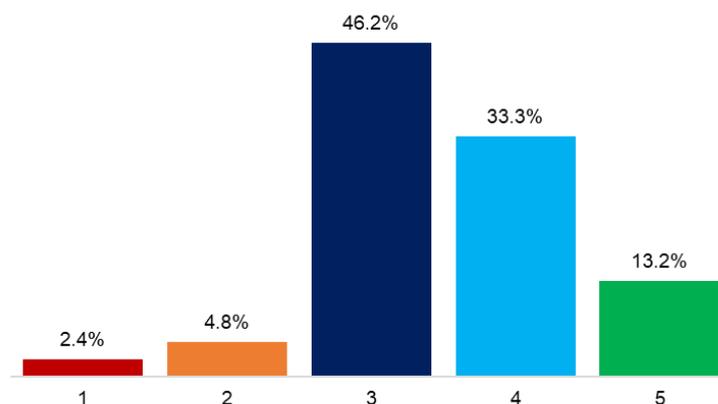


Fonte: Autores (2022).

Pode-se perceber através do gráfico da Figura 5, que, como esperado, a metodologia TRIZ não era uma ferramenta conhecida, desta forma, a apresentação aos alunos de uma técnica de projeto nova teve uma grande abrangência.

2. Quanto à facilidade na utilização da Metodologia TRIZ, sendo 1 Muito Difícil de se utilizar e 5 Muito Fácil de se utilizar, assinale a opção que melhor descreve a sua percepção sobre a Facilidade de Uso:

Figura 6 - Facilidade de Uso da TRIZ (1 – Muito Difícil 5 – Muito Fácil)

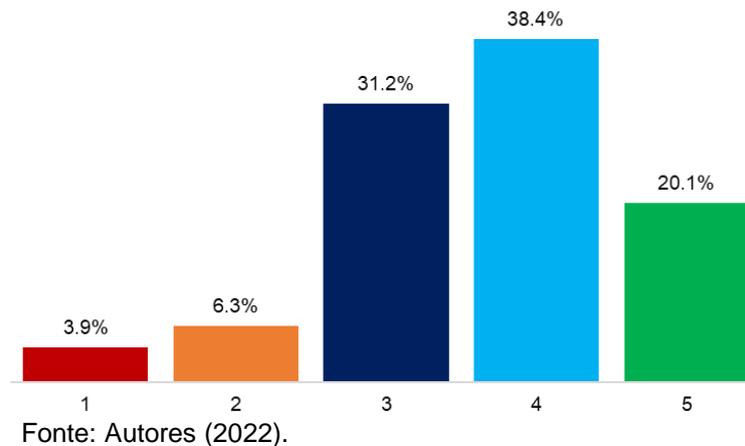


Fonte: Autores (2022).

Na pergunta 2, os alunos julgaram o uso da ferramenta TRIZ mediano, sendo que apenas aproximadamente 7% julgaram a aplicação Muito Difícil ou Difícil. Este dado valida o nível de desafio esperado para está atividade, uma vez que os alunos são ingressantes e tiveram pouco ou nenhum contato com técnicas de desenvolvimento e projeto.

3. Quanto à aplicabilidade da Metodologia TRIZ para a resolução de problemas inventivos, sendo 1 Pouco Aplicável e 5 Muito Aplicável, assinale a opção que melhor descreve a sua percepção sobre a Aplicabilidade:

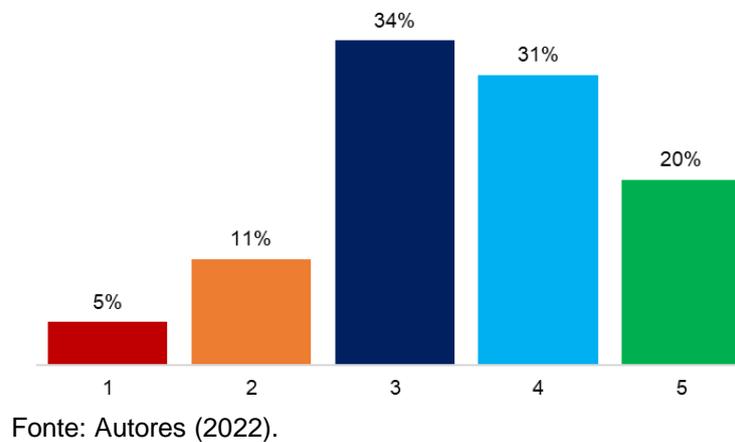
Figura 7 - Aplicabilidade da TRIZ (1 – Pouco Aplicável 5 – Muito Aplicável)



A análise de aplicabilidade no caso foi executada para verificar se os alunos conseguiram, além de executar no papel, colocar em prática as informações levantadas. Pode-se verificar através da Figura 7 que cerca de 60% dos alunos julgaram que a metodologia tem uma boa capacidade de aplicação. Este dado também se mostra importante para projetos futuros, que poderão ser beneficiados por uma nova aplicação da TRIZ.

- No caso do desafio "Ninguém segura esse ovo", sendo 1. Pouco útil e 5. Muito útil, como você avalia o uso da metodologia TRIZ?

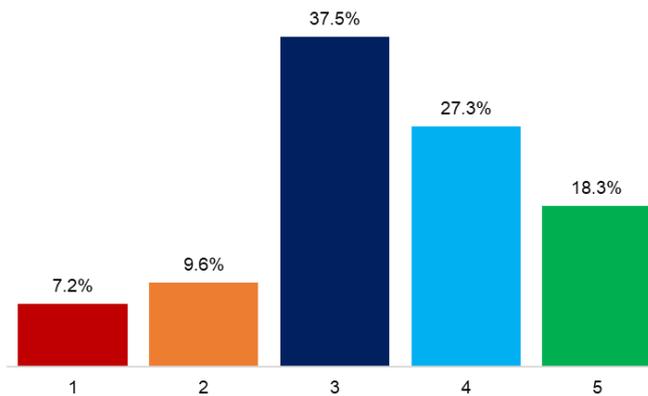
Figura 8 - Utilidade da TRIZ (1 – Pouco Útil 5 – Muito Útil)



Na questão 4, a maioria dos alunos analisou que a metodologia teve uma utilidade entre média e alta, como mostra a Figura 8, sugerindo uma boa adesão à técnica entre os projetos.

- Quanto à possibilidade de você utilizar a Metodologia TRIZ para resolução de outro problema ou projeto, sendo 1 Pouco Provável e 5 Muito Provável, assinale a opção que melhor descreve a sua percepção sobre a Possibilidade de Uso:

Figura 9 - Probabilidade de Uso Futuro da TRIZ (1 – Pouco Provável 5 – Muito Provável)



Fonte: Autores (2022).

Durante os bimestres correntes da disciplina serão executados outras competições e outros projetos. Os resultados desta pergunta (Figura 9) mostra que existe uma possibilidade de aplicação da TRIZ em outras situações de forma natural e autônoma. Além disso, atrelando este dado à facilidade de uso, espera-se que a TRIZ se torne uma possível ferramenta para uso dos alunos durante a vida acadêmica e profissional.

4 CONCLUSÕES

Considerando o envolvimento e empenho dos estudantes observados durante as aulas e, principalmente, os resultados obtidos pelas equipes, com 85% delas tendo sucesso na construção do aparato de proteção, pode-se afirmar que o projeto obteve os resultados planejados.

O uso da metodologia TRIZ como forma de pensar soluções criativas também foi percebido como importante pelos estudantes, visto que praticamente a metade dos respondentes disseram que seu uso ajudou no projeto e um terço deles tenha afirmado que foi medianamente útil.

Além disso, a facilidade relatada para aprender e aplicar a técnica corrobora com a aplicação nos demais projetos do curso de forma autônoma, por escolha própria das equipes.

Na avaliação dos autores, o contato com ferramentas de engenharia em fases ainda embrionárias do curso foi importante para demonstrar o caráter técnico e lógico de um projeto executado por um(a) engenheiro(a), sendo importante para guiar e servir de base para projetos futuros durante o decorrer da graduação.

AGRADECIMENTOS

Os autores prestam agradecimentos ao Instituto Mauá de Tecnologia por permitir e apoiar a execução do projeto e da competição, bem como por respaldar e apadrinhar de forma ativa, as propostas inovadoras desta e de outras disciplinas do curso de Engenharia.

REFERÊNCIAS

ALTSHULLER, Genrich. **And Suddenly the Inventor Appeared: TRIZ, the theory of inventive problem solving**. 2. ed. New York: Technical Innovation Ctr., 1996. 192 p.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação Superior. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia**. Brasília: MEC, 2019.

FREITAS, P. A. et al. Projeto 'OPENFAB': Metodologia de projeto aplicada aos alunos ingressantes do curso de Engenharia integrando Administração, Design e Engenharia. In: XLVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 48., 2020, Caxias do Sul. **Anais do XLVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. Caxias do Sul: ABENGE, 2020. v. 1, p. 67-76. Disponível em: http://www.abenge.org.br/sis_artigos.php. Acesso em: 11 abr. 2022.

MARQUES, Angelo Eduardo Battistini. **Projetos Acadêmicos Interdisciplinares: a Aprendizagem Baseada em Projetos em cursos superiores**. São Paulo: Dialética, 2021. 123 p.

SOLID CREATIVITY (França). Solid Creativity. **TRIZ40: The 40 TRIZ Principles**. 2004. Disponível em: http://www.triz40.com/aff_Principles_TRIZ.php. Acesso em: 15 abr. 2022.

THE TRIZ METHODOLOGY USAGE FOR PROBLEM SOLUTION IN PROJECT BASED LEARNING WITH FRESHMEN IN ENGINEERING COURSES

Abstract: This work presents the proposal and the results obtained in the application of project-based learning (PBL or PjBL) with freshmen in Engineering courses using the TRIZ methodology as an approach to problem solving, applied at the beginning of academic activities in 2022. Students' perceptions regarding the use of the methodology and the results obtained in the activity are also presented.

Keywords: *Project Based Learning, Engineering Education, PBL, TRIZ.*