

APLICABILIDADE DE METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS EM UM CURSO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

Ricardo Luiz Perez Teixeira – ricardo.luiz@unifei.edu.br
Universidade Federal de Itajubá, IEI UNIFEI
Rua Irmã Ivone Drumond, 200, sala 2409, Distrito Industrial II,
35903-087 – Itabira – MG

Cynthia Helena Soares Bouças Teixeira – cyrilet@gmail.com
Autônomo, autônomo
Av. Fleming, 871, bloco 05, AP 503, bairro Ouro Preto
31310-490 – Belo Horizonte – MG

Priscilla Chantal Duarte Silva – priscillachantal@unifei.edu.br
Universidade Federal de Itajubá, ICPA UNIFEI
Rua Irmã Ivone Drumond, 200, sala 2432, Distrito Industrial II,
35903-087 – Itabira – MG

Resumo: Neste estudo, apresentam-se os resultados da prática ensino de metodologias ativas de aprendizagem baseada em problemas (PBL) em um curso de engenharia de materiais no Brasil. O objetivo da aplicação do PBL, em educação em Engenharia, é se melhorar o desempenho e a aprendizagem discente nas disciplinas específicas do curso de Engenharia, no intuito de fomentar a motivação e correlacionar teoria e prática. A utilização de PBL se deve ao fato da existência de um quadro de desmotivação e resistência por parte dos discentes quanto ao método de ensino clássico/ tradicional. Dessa forma, partiu-se da hipótese de que uma metodologia voltada para uma participação mais ativa do discente, bem como a oportunidade de lidar com problemas fosse capaz de engendrar motivação e minimizar o número de evasões. A metodologia utilizada para o estudo foi a de pesquisa-ação, em que os sujeitos não apenas pesquisam os temas buscando na ciência as possíveis soluções, mas também atuam como agentes. Os resultados indicaram um ótimo retorno no aprendizado e desempenho discentes com a utilização de PBL.

Palavras-chave: Ensino superior. PBL. Pesquisa-ação.

1 INTRODUÇÃO

O PBL, segundo Prometilla et al. (2017), pode ser considerado por muitos especialistas em educação como superior à aula clássica ou tradicional, particularmente para o aprendizado de habilidades e conceitos de educação do ensino superior. No PBL, segundo o autor, reforça-se a utilização de habilidades metacognitivas por parte dos discentes, onde a proficiência no uso de metodologias para solução de problemas é primordial. O aprendizado desenvolve-se em conjunto o aumento da complexidade do problema, assim, os discentes compreendem e

vivenciam a integração entre as unidades de processos e os componentes em engenharia entre si. Tan et al. (2016) complementa Prometilla et al. (2017) em seu trabalho de metodologia por PBL. Para Tan et al. (2016), para se promover de forma abrangente o desenvolvimento da identidade profissional, deve-se incluir necessariamente a experiência com a profissão.

Conforme Ortiz e Huber-Heim (2017), espera-se de um discente em engenharia que tenha condições de entender e buscar uma resolução assertiva de um problema técnico de forma independente ou pela troca de ideias com seus pares para se adquirir o conhecimento necessário que inicialmente lhes falta. Pelo PBL, espera-se esse desenvolvimento independente do raciocínio e motivacional por parte dos discentes, bem como as capacidades colaborativas de resolução de problemas em grupo (TBL). Nesse processo de aprendizagem, pode-se agrupar três diferentes abordagens interconectadas, que são: a aprendizagem social ou organizada em equipe (TBL), que é vista como um ato social; aprendizagem cognitiva, centrada em torno de problemas e realizada nos projetos (PBL); aprendizagem baseada em conteúdo, apoiando, assim, a relação entre teoria e prática.

A metodologia de PBL, segundo Fernandes (2014), visa à melhora da aprendizagem discente e os prepara para a prática profissional. Embora o PBL, conforme Najdanovic-Visak (2018), embora a metodologia tenha sido originalmente desenvolvida para um ambiente de escola de negócios, para se promover os benefícios do ensino em pequenos grupos em um ambiente de grupo mais amplo. O PBL possibilita, segundo o autor, um melhor aprendizado discente desde os anos iniciais de graduação, com um melhor engajamento discente na solução dos problemas em grupo, fortalecendo a disposição de trabalho em equipe, respeito mútuo, bem como alta atenção a conceitos e correlações no transcorrer do processo. Conforme Fernandes (2014), discentes e docentes podem identificar um conjunto de benefícios do PBL, tais como habilidades de trabalho em equipe (TBL), aumento de motivação, articulação entre teoria e prática, resolução de problemas, entre outros. As implicações do PBL para o ensino e a aprendizagem no ensino superior são bastante significativas, não apenas em termos de mudanças no papel de discentes e docentes, mas também no desenvolvimento de currículos. De acordo com Aranzabal (2018), os discentes nem sempre começam com a mesma motivação, expectativas ou autocomprometimento, o que pode levar a experiências de aprendizado decepcionantes nas equipes de PBL. Assim, as principais dificuldades na aprendizagem cooperativa é promover a interdependência positiva e a responsabilidade individual em cada grupo de discentes. Para que se alcance a complexidade proposta de aprendizagem por PBL, a estratégia de aprendizagem, de ensino e os métodos de avaliação devem estar claramente alinhados com a metodologia educacional adotada. Além disso, é importante garantir a diversidade nas metodologias de ensino e aprendizagem e proporcionar aos discentes projetos ricos e desafiadores, que os envolvam no aprendizado e na obtenção das habilidades essenciais necessárias para sua futura prática profissional. Conforme Prometilla (2017), a abordagem utilizada pelo PBL é particularmente útil onde a solução de problemas é primordial para indústria, como problemas em Engenharia de Sistemas de Processo e Integração de Processos que afetam diretamente no desempenho da produção industrial.

A integração entre o problema proposto ao discente com o que se encontraria na prática ou a indústria é um ponto chave para o PBL aplicado na engenharia. Conforme Totorella (2018), a integração do PBL com problemas em indústria fornece condições aos discente para o desenvolvimento de habilidades interpessoais de autoaprendizado. Tortorella (2018) ressalta que a adequada abordagem educacional para o ensino e a aprendizagem por PBL melhora a capacidade dos alunos de adquirir e aplicar conhecimento em situações reais, preparando-os para atender às competências exigidas que atendam às demandas atuais nas empresas, e também acadêmicas. Contudo, o autoaprendizado no PBL necessita sempre de uma

intervenção, necessária para reforçar ou esclarecer conceitos e, assim, melhorar a eficácia do método, conforme Rovers (2018). Tal comentário de Tortorella (2018) também é compartilhado por Hamburg (2016) que complementa a eficiência do aprendizado de PBL não depende apenas da geração e disseminação de métodos inovadores de aprendizagem, mas também da detecção de fatores que impedem seu uso como estratégias próprias e cultura de aprendizagem. Para cursos de engenharia, segundo Seman et al. (2017), são esperadas o desenvolvimento de habilidades que incluem o pensamento crítico, a comunicação e a consciência ecológica, dentre outros para a resolução de problemas técnicos enfrentados na vida profissional

Quanto à melhoria na motivação discente, estudo recente de Arrue et al. (2017) explana resultados da utilização de PBL nos cursos de enfermagem. Os resultados obtidos têm indicado aumentos significativos na motivação discente, no bem-estar ou satisfação, superior ao da melhoria no desempenho acadêmico ou na obtenção de habilidades práticas. Segundo resultados dos estudos de Seman et al. (2017), a utilização da metodologia PBL obteve resultados positivos de aprendizado junto aos discentes de engenharia em projetos de Energia Renovável e infere-se também motivacionais. Como comentário, Tortorella (2018) deduz que as preferências de aprendizado dos discentes podem influenciar na eficácia da aplicação do PBL para o aprendizado e motivação, portanto, devem ser levadas em consideração ao projetar um curso trazendo problemas da indústria, como num curso de *Lean Manufacturing*.

Neste estudo, são apresentados os resultados de experiências de aplicação de metodologias ativas de aprendizagem baseadas em problemas (PBL) em quatro diferentes disciplinas do ciclo profissional de um curso de engenharia de materiais no Brasil. Espera-se com o PBL melhorar a motivação e o desempenho acadêmico discente, correlacionando teoria e prática acadêmica, através da metodologia PBL. Portanto, a hipótese principal é que uma metodologia voltada para uma participação mais ativa do aluno, bem como a oportunidade de lidar com os problemas, é capaz de gerar motivação e minimizar o número de alunos que falham e evadem.

2 METODOLOGIA

A pesquisa-ação foi a metodologia empregada neste estudo, os discentes pesquisam não apenas os temas que buscam na ciência as possíveis soluções, mas também atuam como agentes-principais no aprendizado. A seguir, serão detalhadas as experiências em algumas disciplinas do curso de engenharia de materiais no Brasil.

Os participantes deste estudo incluíram assim discentes de um curso de engenharia de materiais envolvidos nas edições PBL realizado a partir do ano letivo de 2016. A pesquisa deste trabalho baseou-se em um estudo de abordagem pesquisa e ação, onde uma diversidade de métodos foram utilizados para a coleta de dados (De REZENDE JÚNIOR et al., 2013) como questionários individuais (Tabela 2) e seminários no início e término de cada fase na apresentação dos resultados obtidos para os problemas motivacionais propostos, Quadro 1. Neste artigo, os dados selecionados incidirão sobre os métodos de pesquisa que exploraram questões relacionadas com o tema principal de este artigo – motivação e preparação dos estudantes para a prática profissional. De forma sucinta, tem-se que estes métodos incluem, assim, questionários individuais e seminários para a apresentação dos resultados em grupo. Além disso, uma análise documental também foi realizada em conjunto com todas as turmas, num total de 97 discentes (Tabela 1), onde se realizou o PBL, que neste caso, é focado principalmente na análise das respostas dos discentes (Tabela 2) e na nota final obtida nas disciplinas em que se empregou PBL.

O PBL foi utilizado em quatro disciplinas diferentes do ciclo específico de um curso de Engenharia de Materiais no período de dois semestres consecutivos, Tabela 1. As disciplinas foram divididas em duas fases: i) apresentação dos problemas; ii) proposta de solução dos problemas subsidiada estatisticamente e com uma maior representatividade científica em confiança dos resultados almejados.

Tabela 1: Coleta de dados dos discentes

Ano	Semestre	Código	Nº de discentes	Disciplina
2016	2º Semestre	MCM1002	15	Estruturas e propriedades dos materiais
2016	2º Semestre	EME030	29	Processo de Manufatura
2016	2º Semestre	EMT013	23	Pesquisa e desenvolvimento em ciências dos materiais
2016	1º Semestre	EMT005	30	Processamento de materiais metálicos

Fonte: dados dos autores.

Quadro 1. Elementos motivadores em cada fase de PBL

Fase 01	O técnico de laboratório de uma siderúrgica foi solicitado pela chefia de laboratório para avaliar a dureza de duas amostras de aço (aço-carbono) produzidas recentemente por duas linhas diferentes e sem identificação. O técnico deverá informar à chefia como se obter a correta nomenclatura dos aços, de acordo com a norma ABNT NBR, utilizando informações baseadas nas propriedades mecânicas, nas informações de composição química e microestrutural, caso contrário será demitido.
Fase 02	O técnico de laboratório de uma siderúrgica foi solicitado pela chefia de laboratório para avaliar a dureza de duas amostras de aço (aço-carbono) produzidas recentemente por duas linhas diferentes e sem identificação. Na medição, o técnico encontrou valores diferentes de dureza para um mesmo tipo de indentador, força aplicada e tempo de aplicação da força sobre a superfície (de cada aço). Foi fornecida pela chefia, a informação de que um aço era hipoeutetóide e o outro eutetóide, o que justificaria os valores diferentes de dureza. O técnico deverá nomear os aços de acordo com a dureza e terá de justificar tecnicamente à chefia a escolha dos nomes, caso contrário será demitido.

Fonte: dados dos autores.

O docente facilitador organizou a atividade discente no PBL em ilhas de aprendizagem, nas quais os discentes elegeram: líderes e colaboradores para responder na Fase 1 questionamentos cruciais para a problematização científica, conforme Troncon (2016). Os questionamentos foram:

- “O que se quer conhecer?”;
- “Como solucionar o problema?”;
- “Como utilizar e conectar os conhecimentos adquiridos entre si?”;
- “Como registrar o que se conhece?”;
- “Como avaliar o registro obtido?”; e
- “Como apresentar os resultados obtidos estatisticamente no Seminário na Fase 2?”.

A Fase 2 consistiu na solução dos problemas PBL propostos. Cada ilha apresentou uma proposta de solução para os problemas propostos com a elaboração de um relatório técnico descritivo com um grau de confiança de 95% dos resultados e conclusões obtidos, a partir da experiência prática discente. Em cada fase foi apresentado um elemento motivacional, com o problema principal (Quadro 1). No final de cada Fase proposta foi realizada uma Avaliação do Processo de Ensino (APE) sendo somadas em conjunto as respostas discentes para as quatro disciplinas de estudo deste trabalho, conforme De Rezende Júnior et al. (2013), Figura 1. O APE apresenta parte da avaliação quantitativa de sete critérios coletados por meio de questionário tipo survey junto aos discentes onde o conceito (I) Insuficiente, 2,0 representa o conceito (R) Regular, 3,0 representa o conceito (B) Bom, 4,0 representa o conceito (O) Ótimo

e 5,0 representa o conceito (E) Excelente), conforme Tabela 2. Em conjunto com o APE, realizou-se ao término da Fase 02, a avaliação acadêmica dos discentes de cada disciplina, dispondo-os em gráfico com valores médios e o desvio padrão da média obtida pelos discentes em cada disciplina, Figura 1.

Tabela 2- Perguntas de Acompanhamento do Aprendizado

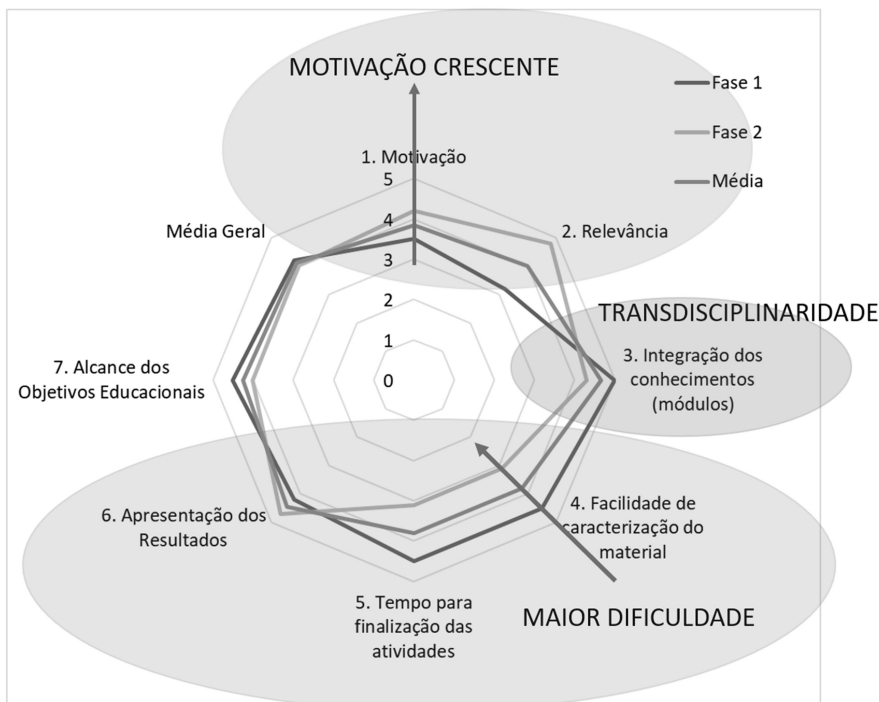
Perguntas	Avaliação de 1 a 5 pelo discente*
1. Você se sente motivado para a execução do trabalho proposto?	
2. Você considera relevante para o aprendizado em engenharia de materiais o trabalho proposto?	
3. Você visualiza a integração dos conhecimentos no trabalho proposto?	
4. Você considera que será fácil a caracterização do material deste trabalho?	
5. Considera o tempo para finalização das atividades proposto adequado?	
6. Compreendeu a forma proposta de apresentação dos resultados e de avaliação?	
7. Considera que será alcançado os Objetivos Educacionais Propostos?	

* 1,0 Não, definitivamente; 2,0 Não, parcialmente; 3,0 Sim, parcialmente; 4,0 Sim; 5,0 Sim, definitivamente
Fonte: dados dos autores.

3 RESULTADOS

A avaliação da aprendizagem e o desempenho dos discentes foram significativos (num total de 97 discentes), conforme resultados da Avaliação do Processo Educacional, APE proposto por De Rezende Júnior et al. (2013), com valores médios superiores a 4 (conceito ótimo), Figura 1, e desempenho superior a 7,0 (70% ou conceito C, bom) para as duas Fases propostas no PBL, Figura 2.

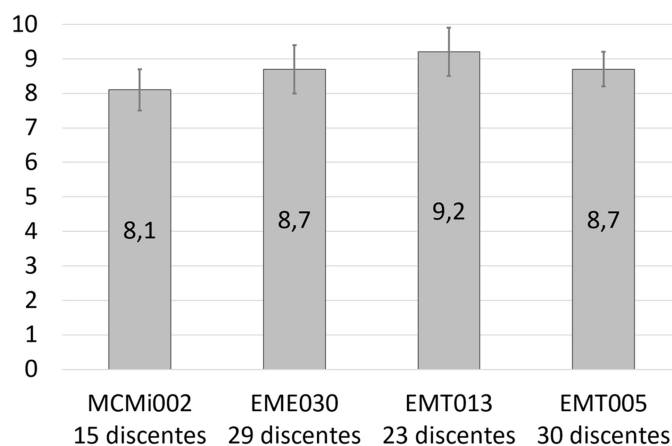
Figura 1 - Consolidação de parte da Avaliação do Processo Educacional (APE).



Fonte: dados dos autores.

Pelo gráfico da Figura 1, tem-se uma tendência de maior dificuldade, indicada pela seta na figura, quanto aos resultados a apresentar com o avanço de cada fase proposta, apesar da avaliação boa quanto ao "Tempo de finalização das atividades". Para esta tendência de maior dificuldade indicada pela seta na Figura 1, acredita-se que "os resultados" não foram melhores devido ao contato inédito discente na Fase 1 com uma nova metodologia PBL (média 4,1, considerado (O) Ótimo), o que pode ter demandado mais tempo de aprendizagem e entendimento inicial discente (de REZENDE JÚNIOR et al., 2013). Uma visão inicial da tendência da percepção da transdisciplinaridade por parte discente, mostrada na Figura 1, indica que os discentes estavam abertos e sensibilizados a buscar e experimentar, de diferentes maneiras, uma visão mais ampliada na resolução dos problemas propostos no PBL. Nesta visão mais ampliada discente fomentada pelo PBL, têm-se diversas disciplinas da formação discente a colaborar, entre si, na construção de um saber, da realidade, de um resultado ou solução. Pela Figura 1, a "Relevância" junto a "Integração dos resultados" do método foram os critérios de destaque na APE (média superior a 4,5, considerada (O) Ótima), o que indica que o método PBL está adequado para a disciplina e está motivando os discentes, conforme indica a seta de tendência "Motivação Crescente" da Figura 1.

Figura 2 – Média aritmética das notas dos discentes em cada disciplina.



Fonte: dados dos autores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os discentes apresentaram retorno positivo quanto ao aprendizado e ao desempenho acadêmico com o uso de metodologias ativas de PBL. Destaca-se, pela Avaliação do Processo Educacional discente, que a metodologia ativa de PBL não é somente motivacional, ela também fomenta a percepção da integração de conhecimentos, a percepção da transdisciplinaridade por parte discente. A menção de práticas acadêmicas de metodologias ativas nas disciplinas está prevista no Plano Pedagógico atual do curso de engenharia de materiais apresentado neste trabalho.

Agradecimentos

Ao Núcleo Pedagógico da UNIFEI Campus de Itabira e ao Grupo de Metodologias Ativas (MAES) da UNIFEI Campus de Itabira.

REFERÊNCIAS

ARANZABAL, A.; EPELDE, E.; ARTETXE, M. Monitoring questionnaires to ensure positive interdependence and individual accountability in a chemical process synthesis following collaborative PBL approach. **Education for Chemical Engineers**, v. 26, p. 58-66, 2019.

ARRUE, Marta et al. Effect of a PBL teaching method on learning about nursing care for patients with depression. **Nurse education today**, v. 52, p. 109-115, 2017.

De REZENDE JÚNIOR, R. A. et al. Aplicabilidade de metodologias ativas em cursos de graduação em engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41, 2013, Gramado. **Anais**. Gramado: Cobenge, 2013.

FERNANDES, Sandra Raquel Gonçalves. Preparing graduates for professional practice: findings from a case study of Project-based Learning (PBL). **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 139, p. 219-226, 2014.

HAMBURG, Ileana; VLADUT, Gabriel. PBL–Problem Based Learning for Companies and Clusters. **Transportation research procedia**, v. 18, p. 419-425, 2016.

NAJDANOVIC-VISAK, Vesna. Team-based learning for first year engineering students. **Education for Chemical Engineers**, v. 18, p. 26-34, 2017.

ORTIZ, Daniela; HUBER-HEIM, Karin. From information to empowerment: Teaching sustainable business development by enabling an experiential and participatory problem-solving process in the classroom. **The International Journal of Management Education**, v. 15, n. 2, p. 318-331, 2017.

PROMENTILLA, Michael Angelo B. et al. Problem-based learning of process systems engineering and process integration concepts with metacognitive strategies: The case of P-graphs for polygeneration systems. **Applied Thermal Engineering**, v. 127, p. 1317-1325, 2017.

ROVERS, Sanne FE et al. Improving student expectations of learning in a problem-based environment. **Computers in Human Behavior**, v. 87, p. 416-423, 2018.

SEMAN, Laio O. et al. MPPTjs: A JavaScript simulator for PV panels used in a PBL application. **Energy Procedia**, v. 107, p. 109-115, 2017.

TAN, Chin Pei; VAN DER MOLEN, H. T.; SCHMIDT, H. G. To what extent does problem-based learning contribute to students' professional identity development?. **Teaching and Teacher Education**, v. 54, p. 54-64, 2016.

TORTORELLA, Guilherme; CAUCHICK-MIGUEL, Paulo. Combining traditional teaching methods and PBL for teaching and learning of lean manufacturing. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 915-920, 2018.

TRONCON, Luiz Ernesto de Almeida. Estruturação de sistemas para avaliação programática do estudante de medicina. *Revista Brasileira de Educação Médica*, v. 40, n. 1, p. 30-42, 2016.

APPLYING PROBLEM-BASED LEARNING IN A MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING COURSE

Abstract: *In this study, the results of experiences of application of active learning methodologies based on problems (PBL) in a materials science and engineering course in Brazil are showed. Improving student performance and learning in the specific disciplines of the engineering course is the main objective of the application of the PBL in engineering education. It is expected to enhance student motivation, correlating academical theory and practice, through PBL methodology. Therefore, it was based on the hypothesis that a methodology aimed at a more active participation of the student, as well as the opportunity to deal with problems was able to engender motivation and minimize the number of students failing and evasion. The action-research was the methodology used for this study, in which the subjects not only research the themes seeking in science the possible solutions, but also act as key agents. The results indicated an optimistic return on students ' learning and performance with the use of PBL methodology.*

Key-words: *action-research practices, higher education, PBL.*