

ALÉM DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS NA ENGENHARIA QUÍMICA: MISTURANDO METODOLOGIAS ATIVAS PARA APRENDIZAGEM DE DIMENSIONAMENTO E AVALIAÇÃO DE GERADORES DE VAPOR

BEYOND LEARNING BASED ON PROJECTS IN CHEMICAL ENGINEERING: MIXING ACTIVE METHODOLOGIES FOR LEARNING DIMENSIONING AND EVALUATION OF STEAM GENERATORS

Kamila Colombo,¹ Fulvy Antonella Venturi Pereira,² Aline Cadena Von Bahten,³ Roger Borges⁴

RESUMO

Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL – *Project Based Learning*) é um método de ensino ativo, centrado no estudante, que se apresenta como uma abordagem adequada ao ensino de Engenharia, devido ao processo de autonomia na aprendizagem, no desenvolvimento de habilidades sociais e à resolução de projetos relacionados à vida real. Este artigo descreve a aplicação do PjBL em uma disciplina do curso de Engenharia Química, utilizando como complemento outras metodologias ativas com o objetivo de contemplar dois resultados de aprendizagem dando significância à aprendizagem. Foram descritas as estratégias utilizadas nas escolhas das metodologias e como elas complementaram o projeto proposto. Os resultados mostram uma melhoria qualitativa na aprendizagem dos estudantes e demonstra a responsabilidade e comprometimento dos estudantes com a proposta dada. O método PjBL apresentou-se como uma possibilidade viável no processo de ensino e aprendizagem de um gerador de vapor e é possível mesclar outras metodologias de forma a melhorar a efetividade da aprendizagem.

Palavras-chave: PjBL; metodologia ativa; engenharia; resultados de aprendizagem.

ABSTRACT

Project Based Learning (PjBL) is an active, student-centered teaching method that presents itself as an appropriate approach to engineering education due to the process of autonomy in learning, the development of social skills and the resolution of projects related to real life. This article describes the application of the PjBL in a discipline of chemical engineering course, as a complement of other active methodologies aiming to contemplate two learning outcomes giving meaning to learning. The strategies used in the methodological choices were described, and how they complemented the proposed project. The results show a qualitative improvement in student learning and demonstrate the students' responsibility and commitment to the given proposal. The PjBL method can be applied successfully for teaching and learning in a steam generator and it is possible to merge other methodologies in order to improve the effectiveness of learning.

Keywords: PjBL; active methodology; engineering; learning outcomes.

1 Professora doutora PUC Paraná, kamila.colombo@pucpr.br

2 Professora doutora PUC Paraná, fulvy.pereira@pucpr.br

3 Professora mestre PUC Paraná, aline.bahten@pucpr.br

4 Professor doutor IFSC, 1roger.borges@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os engenheiros exercem influência fundamental na transformação do contexto social e econômico (CARVALHO et al., 2014). Não há como contestar que, há algumas décadas, a educação em engenharia formava profissionais adequados, considerando-se os conhecimentos, valores e habilidades dos perfis profissionais praticados à época (RUGARCIA; FELDER, 2000).

As condições operacionais das empresas na atualidade mostram realidade diferente. Com estruturas organizacionais inovadoras, incluem dimensões como interdependência e autogestão; são organizações planas, dão mais ênfase ao trabalho em equipes e às atividades colaborativas entre os membros, mostrando grande flexibilidade e características destacadas de funções compartilhadas, exigindo equipes em que seus membros sejam autônomos e responsáveis por seus atos, tomando e executando decisões, independentes de supervisores (PRINCE, 2004).

A formação de perfis profissionais que atendam a essas demandas exige, certamente, posturas diferenciadas para a Educação em Engenharia. É necessária uma abordagem metodológica considerando-se os problemas encontrados no mercado de trabalho atual, que exige novas competências além do conhecimento específico, tais como: capacidade de colaboração, conhecimento interdisciplinar, habilidade para inovação, capacidade de trabalho em grupo, inteligência emocional, liderança, pensamento crítico, iniciativa, educação para o desenvolvimento sustentável entre outros (CUNHA, 2018; THE FUTURE OF JOBS REPORT, 2018).

A motivação para o aprendizado é um dos grandes desafios atuais postos aos docentes universitários e exige a utilização de estratégias inovadoras (BRESSANE et al., 2017) que se pautam na relação teoria e prática (SANTOS et al., 2016), na construção do conhecimento a partir dos saberes prévios dos estudantes, na utilização de práticas dialógicas e reflexivas, no ensino com pesquisa, ampliando-se o espaço do diálogo e as aprendizagens na aula (VEIGA; OLIVEIRA, 2012).

Atualmente, o docente não pode ser visto como um agente que transmite conteú-

dos e sim um agente que forma indivíduos que tomem consciência de si mesmos, de suas potencialidades e de suas fraquezas, adquiram a capacidade de investigação, senso crítico, tomada de decisões, autoconfiança e independência, promovendo o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo (BRASIL, 1996; BIGGS; TANG, 2007).

Sabendo-se que a construção da educação está passando por várias tendências e métodos de ensino, o desafio é saber qual método se utilizar para obtenção de uma prática pedagógica eficaz e que ultrapasse os limites exclusivamente técnico e tradicional, visando a formar um profissional ativo, um ser crítico, reflexivo, humanizado e transformador do espaço onde está inserido (ZALUSKI; OLIVEIRA, 2018). As aprendizagens ativas compõem um conjunto de potenciais possibilidades no ensino, em que o aluno pode exercer a autonomia na realização das atividades e na tomada de decisões (BAR DINI e SPALDING, 2017).

As metodologias ativas têm o potencial de despertar a curiosidade à medida que os alunos se inserem na teorização e trazem elementos novos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor (ANGELO; BERTONI, 2014; BERBEL, 2011).

Algumas técnicas utilizadas para envolver ativamente o estudante no processo de aprendizagem são: leitura, escrita, perguntas, discussões em grupos ou, ainda, manter o estudante ocupado em resolver problemas e desenvolver projetos. O aluno deve realizar tarefas mentais de alto nível, como análise, síntese e avaliação. Nesse sentido, as estratégias que promovem aprendizagem ativa podem ser definidas como sendo atividades que ocupam o aluno em fazer alguma coisa e, ao mesmo tempo, o leva a pensar sobre as coisas que está fazendo (ZALUSKI; OLIVEIRA, 2018; MICHAEL, 2006).

As abordagens de ensino listadas a seguir são consideradas aprendizagens ativas: Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), Aprendizagem Baseadas em Grupos (TBL), Pense- Uma-Compartilha (*Think-pair-share*), Instruções por Pares (*peer instruction*), Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL), Aprendizagem de descoberta, *Just in time teaching* (JiTT), Sala de aula invertida, Aprendizado

aprimorado pela tecnologia (MICHAEL, 2006). Dentre os métodos ativos citados, o PjBL constitui uma estratégia que vem sendo amplamente adotada no ensino de Engenharia, organizando-se ao redor de projetos (RAILSBACK, 2019; REYES, 2014).

Parte da formação dos estudantes de Engenharia Química envolve a habilidade em desenvolver projetos industriais. Inseridas dentro da grade curricular do curso, disciplinas como Operações Unitárias podem oferecer a aprendizagem baseada em projetos ao criar um ambiente de aprendizagem no qual o projeto guia o aprendizado dos alunos. Assim, antes dos estudantes aprenderem um determinado conteúdo, eles recebem um desafio em forma de projeto. Esse projeto é proposto de modo que os estudantes venham a descobrir que precisam buscar novos conhecimentos antes de poder solucioná-lo. Colocar o problema antes do aprendizado motiva os estudantes e o projeto torna-se a força motriz que impulsiona o aprendizado.

Esse tipo de estratégia foi utilizado na disciplina de Operações Unitárias II, do curso de Engenharia Química da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC-PR e consistiu em cinco etapas, objetivando o desenvolvimento de dois resultados de aprendizagem. Nessa metodologia os estudantes englobaram conhecimentos de cálculo e teoria aliados aos projetos reais para construir um conhecimento completo sobre geradores de vapor, utilizando outras metodologias ativas para obter a aprendizagem pretendida.

ESTUDO DE CASO

Parte desta pesquisa é definida por um estudo de caso ministrado na disciplina de Operações Unitárias II – 6º período do curso de Engenharia Química da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), período noturno, na cidade de Curitiba. Nessa disciplina estavam matriculados 25 estudantes com idade média de 20 anos, todos com perfis de vida pessoal e acadêmica similares, comprovados através de relatos feitos no primeiro dia de aula.

Este trabalho fez parte de um projeto com apoio financeiro da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). O projeto visa à inova-

ção no ensino superior e, por meio do CrEAre (Centro de Ensino e Aprendizagem da PUC-PR), os professores aprovados neste projeto participaram de capacitações para qualificar sua prática docente atual, utilizando-se diferentes estratégias e metodologias ativas para promover uma aprendizagem significativa. Durante a capacitação foi possível a elaboração de um plano de ensino que contemplava em seu cronograma atividades que estimulassem a aprendizagem ativa para atingir os resultados de aprendizagem da disciplina.

Ao longo da disciplina foram elaborados diários de bordo referente ao relato e à reflexão de todas as aulas. Através desse material o professor tem a possibilidade de refletir sobre os pontos positivos e negativos da sua aula e sobre aspectos que poderiam ser melhorados para aulas futuras. O diário de bordo foi essencial para a concepção desta pesquisa.

Os estudantes assinaram um termo de consentimento perante o comitê de ética para que todas as produções de conteúdo feitas por eles – imagens; impressão e avaliação dos colegas/professor/disciplina – pudessem ser publicados por diferentes meios de comunicação.

O OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo desta pesquisa é relatar o uso do PjBL na Engenharia e relatar o porquê de algumas metodologias que foram utilizadas como complemento ao projeto, visando a uma aprendizagem significativa de dois resultados de aprendizagem (RAs) entre os cinco pretendidos na disciplina:

1) Resultado de Aprendizagem 1 (RA1) → Dimensionar um gerador de vapor, calculando sua eficiência e selecionando componentes que atendam às características de operacionalidade.

Os indicadores de desempenho do RA1 são: escolher o combustível que mais se adequa ao processo, levando em conta Poder Calorífico Superior (PCS) e Poder Calorífico Inferior (PCI) (ID1.1); escolher um gerador de vapor que atenda à demanda de um processo industrial (ID1.2); calcular a quantidade de energia disponível em um gerador de vapor e as perdas energéticas associadas ao processo (ID1.3).

- 2) Resultado de Aprendizagem 2 (RA2) → Avaliar os componentes de um gerador de vapor considerando suas perdas energéticas e as características operacionais (segurança). Os indicadores de desempenho do RA2 são: analisar as funções dos componentes de um gerador de vapor, considerando as perdas energéticas (ID2.1); avaliar os riscos envolvidos na operação de um gerador de vapor, considerando procedimentos de segurança (ID2.2).

A CONCEPÇÃO DAS ETAPAS DE APRENDIZAGEM

A principal metodologia utilizada nesta disciplina contempla os dois RAs é o PjBL. O Quadro 1 apresenta as etapas do PjBL realizadas com os respectivos indicadores de desempenho.

Quadro 1: Etapas do PjBL versus Indicadores de desempenho

Etapas PjBL	Resultado de Aprendizagem	Indicadores de Desempenho
Etapa 1: Combustíveis	RA1 e RA2	ID1.1 e ID2.1
Etapa 2: Queimadores	RA2	ID2.1
Etapa 3: Coleta de Dados	RA1 e RA2	ID1.2 e ID2.1
Etapa 4: Geradores de Vapor e Distribuição de energia térmica	RA1 e RA2	ID1.2, ID2.1 e ID2.2
Etapa 5: Eficiência nos geradores de Vapor	RA1	ID1.3

Fonte: elaborado pelos autores.

As cinco etapas do PjBL são descritas a seguir:

- 1) Primeira etapa: dada a composição de um combustível calculou-se: massa de ar, volume de ar, massa de gases, volume de gases, excesso de ar, PCS, PCI e composição de gases secos e úmidos.
- 2) Segunda etapa: pesquisa, estudo e escolha do melhor queimador para que ocorra a combustão para cada tipo de combustível, deixando claro seu princípio de funcionamento.
- 3) Terceira etapa: coleta de dados de processos industriais. Informações coletadas: quais equipamentos utilizam gerador de vapor, quanto vapor necessita ser produzido, qual a quantidade de combustível necessário para essa produção de vapor.

- 4) Quarta etapa: leitura e estudo de um material de apoio. Nessa etapa foram elaborados os fluxogramas de distribuição de energia térmica, dimensionadas as chaminés dos geradores de vapor, realizados a escolha do gerador de vapor e o esquema das trocas de calor presentes no gerador de vapor.
- 5) Quinta etapa: cálculo da eficiência do gerador de vapor com base nas etapas anteriores.

O Quadro 2 apresenta as estratégias de aprendizagem ativas que foram utilizadas juntamente com o PjBL e a descrição da razão pela qual foram utilizadas e para atender a quais indicadores de desempenho.

Quadro 2: Estratégias de aprendizagem ativa extras versus indicadores de desempenho e intenções docente

Estratégia de aprendizagem ativa extra	Indicadores de desempenho contemplados	Intenções docente
Aprendizagem baseada em times (TBL)	Todos	A intenção da estratégia é dar a oportunidade para que os estudantes possam desenvolver um conjunto de competências que, em outros contextos, não é possível, e que se revelam fundamentais à sua prática profissional, tais como: comunicação, relacionamento interpessoal, gestão de conflitos, negociação, liderança etc.
Sala de aula invertida	ID2. – Analisar um gerador de vapor, considerando suas aplicações em processos industriais; ID2.2 – Avaliar os riscos envolvidos na operação de um gerador de vapor, considerando procedimentos de segurança.	Em complemento à quarta etapa do PjBL havia uma atividade prévia: a leitura e estudo de um material de apoio disponibilizado no ambiente virtual de aprendizagem. A intenção da atividade é o estudante estar preparado e ter autonomia de estudo, para a realização da atividade em sala de aula.
<i>Just in time teaching</i> (JiTT)	ID2.1 – Analisar um gerador de vapor, considerando suas aplicações em processos industriais; ID2.2 – Avaliar os riscos envolvidos na operação de um gerador de vapor, considerando procedimentos de segurança.	O JiTT foi utilizado como etapa complementar à sala de aula invertida, para garantir que todos estudantes interpretassem a leitura de forma correta. As dúvidas são sanadas neste momento. A estratégia é utilizada para que todos estudantes tenham capacidade de realizar a atividade presencial com o mesmo nível de conhecimento.
Aprendizagem baseada em problemas (PBL)	ID1.2 – Escolher um gerador de vapor que atenda à demanda de um processo industrial.	O PBL foi utilizado com intuito de contextualizar os diferentes tipos e especificações dos geradores de vapor, utilizando a problematização em um contexto real.
<i>Gallery Walk</i> (cartazes para serem consultados pelos colegas)	ID2.1 – Analisar um gerador de vapor, considerando suas aplicações em processos industriais.	Para a escolha do queimador e sistematização das trocas de calor em um gerador de vapor utilizou-se o <i>Gallery Walk</i> como forma de apresentar e compartilhar as informações entre as equipes, estimulando a comunicação oral.

Fonte: elaborado pelos autores.

A EXECUÇÃO DAS ESTRÁTEGIAS

Aprendizagem baseada em times – TBL

De acordo com a proposta da estratégia TBL, as equipes foram criadas seguindo alguns critérios básicos, sendo eles: ter em cada equipe pelo menos um estudante que já fez estágio ou trabalhou na área de processos químicos, um estudante que tenha dificuldade em falar em público, um estudante que não tenha dificuldade em se relacionar e falar em público e um estudante que tenha experiência em laboratório. A estratégia utilizada justifica-se para o objetivo de criar times heterogêneos entre si e homogêneos no contexto da turma, que contemplem habilidades diferentes, dando a oportunidade para os

estudantes desenvolverem as que não possuem; essas características individuais foram coletadas através de perguntas feitas aos estudantes no primeiro dia de aula.

Um ponto interessante é que alguns estudantes se sentem valorizados, pois notam que o professor está interessado na individualidade de cada um (OAKLEY; FELDER; BRENT, 2004).

Para completar as equipes, os demais estudantes foram alocados de forma aleatória. As equipes continham cinco pessoas (totalizando cinco grupos). Para promover a integração de cada equipe, realizou-se uma dinâmica em que os integrantes escolheram um nome para a equipe e elaboraram regras que deveriam ser seguidas pelos seus membros (Quadro 3).

Quadro 3: Nomes e Regras das equipes

Equipe	Regras
<i>Atypical</i>	-Não estar presente apenas fisicamente; -Trabalhar sempre com felicidade; -Participar da aula; -Não achar que nada é óbvio; -Não fazer cópias; -Ter bom senso.
<i>Breaking Bad</i>	-Não faltar e/ou se atrasar para avaliações; -Trazer material para as avaliações; -Proatividade; -Responsabilidade individual e com o grupo; -Comprometimento; -Não guardar dúvidas.
<i>Los Processos de La PUC</i>	-Não abandonar a equipe; -Tentar se manter paciente; -Se comprometer/estudar a apresentação do trabalho; -Notificar as atividades da matéria; -Manter uma comunicação ativa.

Fonte: elaborado pelos autores.

Esta etapa foi fundamental para uma aproximação inicial dos componentes da equipe, que a partir de um planejamento conjunto tiveram que elaborar regras de conduta dentro da equipe.

O desenvolvimento dessa metodologia cria oportunidades para o estudante adquirir e aplicar conhecimento através de uma sequência de atividades que incluem etapas prévias ao encontro com o professor e aquelas por ele acompanhadas.

Os alunos são avaliados pelo seu desempenho individual e também pelo resultado do trabalho em grupo, além de se submeterem

à avaliação entre pares, o que incrementa a responsabilização. As regras criadas pelas equipes são os critérios a serem avaliados pelos pares, o que atribui responsabilidade aos estudantes. A avaliação pelos pares é essencial, pois os componentes da equipe são, normalmente, os únicos que têm informações suficientes para avaliar com precisão a contribuição do outro.

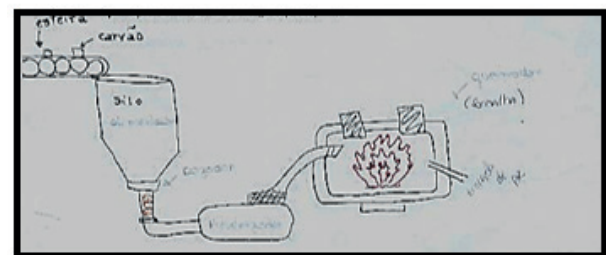
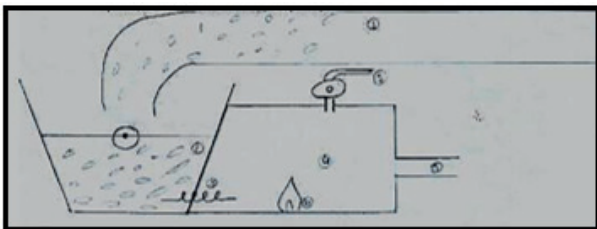
Segundo Watson, Michaelsen e Sharp (1991), em 98% dos casos o desempenho da equipe, em um teste padronizado aplicado pelos autores, supera o desempenho individual do melhor membro da equipe.

Aprendizagem Baseada em Projetos – PjBL

Na primeira etapa do PjBL o combustível a ser trabalhado no projeto foi escolhido e os cálculos citados anteriormente realizados. Os cálculos efetuados possibilitaram que o ID1.1 e parte do ID2.1 fossem contemplados.

Na segunda etapa do PjBL utilizou-se a estratégia do *Gallery Walk* (Figura 1) para uma aprendizagem efetiva de parte do ID2.1, respectivo ao RA2. Após pesquisa e avaliação do melhor queimador para o combustível escolhido pelas equipes, os estudantes ilustraram através de um *Gallery Walk* o princípio de funcionamento dos queimadores. *Gallery Walk* é um método de aprendizagem ativa que leva os estudantes a trabalharem em equipe, socializando e sistematizando o conhecimento para expô-lo oralmente. Essa estratégia permitiu que os estudantes compartilhassem as pesquisas realizadas sobre o princípio de funcionamento dos queimadores escolhidos, contribuindo para sua aprendizagem haja vista que as escolhas foram diferentes devido ao estado físico dos combustíveis. Os estudantes se mostraram curiosos pelo fato da nova forma de apresentação e percebeu-se que esta atividade proporcionou aos estudantes exercitar a comunicação verbal. Mesclar as metodologias de aprendizagem facilitou a efetividade na aprendizagem dos estudantes.

Figura 1: *Gallery Walk* elaborado pelos estudantes – atividade referente a queimadores



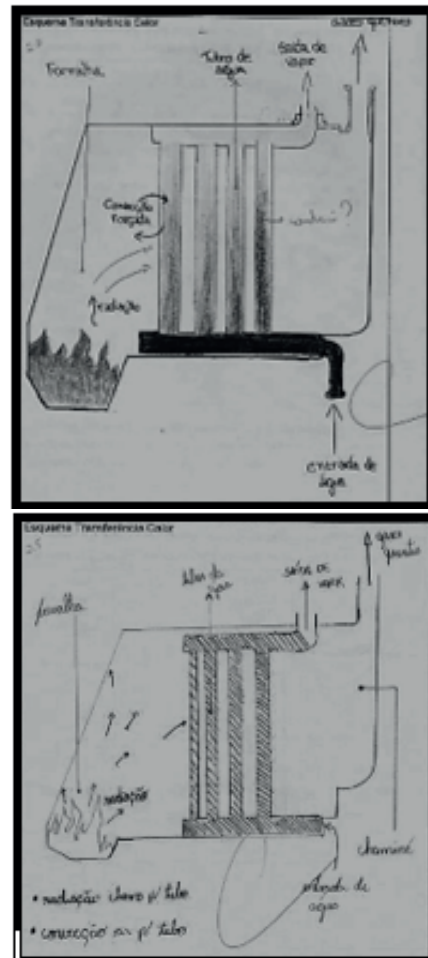
Fonte: arquivo dos autores.

A coleta de dados realizada na terceira etapa é uma parte essencial para a realização

parcial do ID1.2 e ID2.1. Essa etapa foi realizada de forma *on-line*.

A quarta etapa possuía várias questões envolvendo os geradores de vapor. Uma das atividades era esquematizar as trocas de calor presentes no gerador de vapor (Figura 2), essa atividade visa a atender parcialmente o ID2.1. A estratégia utilizada foi o *Gallery Walk* cujos benefícios já foi anteriormente citados.

Figura 2: Troca de calor de Geradores de Vapor

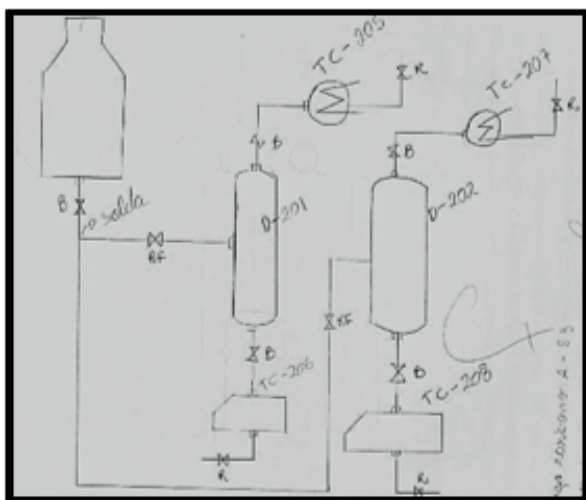


Fonte: arquivo dos autores.

Nessa mesma etapa havia uma atividade prévia (sala de aula invertida), que consistia na leitura de um material produzido pelo professor da disciplina que continha temas de estudos referente ao ID2.1 e ID2.2. Esse material foi disponibilizado em ambiente virtual de aprendizagem. No material havia algumas questões norteadoras. Cerca de 70% dos estudantes responderam às questões. As respostas dos estudantes foram projetadas em *power point* e discutidas em sala de aula. Realizou-se a metodologia do JiTT, em que algumas perguntas de múltipla escolha foram feitas e todas obtiveram

mais de 70% de acerto na primeira tentativa de resposta dada pelos estudantes. A partir dessa atividade inicial foi possível prosseguir a elaboração dos fluxogramas de distribuição de energia térmica pelos times. Os fluxogramas (Figura 3) foram baseados nos equipamentos que necessitam de vapor retirados de um material de apoio (etapa 3 do PjBL).

Figura 3: Fluxograma de distribuição de energia térmica



Fonte: arquivo dos autores.

De acordo com os fluxogramas apresentados pelos estudantes, foi possível perceber o uso dos conhecimentos obtidos com a atividade prévia e a preocupação teórico-técnica da atividade, apresentando detalhes fundamentais para a elaboração de um fluxograma de distribuição de energia térmica com uso de válvulas, purgas, material e isolamento adequado para fabricação da tubulação (equipamentos de segurança – ID2.2).

Novamente percebeu-se que a combinação das metodologias favoreceu a aprendizagem dos estudantes e uma metodologia complementou a outra dando significância à atividade.

Outra atividade dessa etapa consistia na escolha do gerador de vapor que iria trabalhar no projeto (ID1.2). A escolha foi baseada em dois pontos importantes: com base nos dados coletados na terceira etapa do PjBL e com os conhecimentos adquiridos com o PBL trabalhado em sala de aula. O PBL trouxe aos estudantes uma problematização envolvendo diferentes geradores de vapor e possibilitou a eles o conhecimento necessário para tomar a decisão de qual seria o gerador de vapor mais adequado para o seu projeto.

Percebeu-se com essa atividade que o professor se comporta como um tutor/moderador durante as aulas, tirando dúvidas nas mesas por equipes, e/ou quando pertinente, uma questão levantada por uma equipe é discutida por toda a classe, atuando principalmente como um facilitador do aprendizado investigativo dos estudantes.

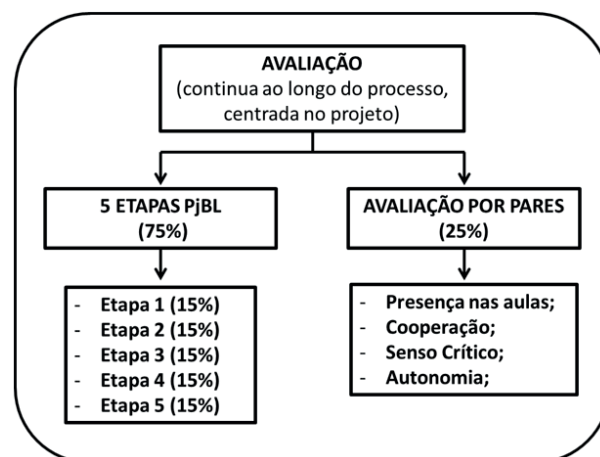
A quinta etapa do PjBL consistiu no cálculo da eficiência dos geradores de vapor (ID1.3), todas etapas anteriores serviram de base para o fechamento do projeto.

Na etapa final do projeto os estudantes puderam perceber que conseguiram realizar todas as etapas superando as eventuais dificuldades em grupo e atingindo os indicadores de desempenho propostos. A autonomia, discussão em pequenos grupos, leitura e cálculo eram evidentes a cada etapa do PjBL. Foi perceptível o engajamento dos estudantes nas atividades dadas e o comprometimento em solucionar os desafios encontrados, respeitando a opinião dos demais membros da equipe.

A AVALIAÇÃO DO PJBL

As cinco etapas do PjBL foram avaliadas de forma somativa. As notas atribuídas das cinco etapas foram calculadas com base em um *check list*, verificando-se em cada etapa se os estudantes atingiram os indicadores de desempenho estipulados. Além da avaliação das atividades desenvolvidas no projeto, os membros das equipes avaliaram os colegas, através da estratégia de avaliação por pares. A nota foi composta de acordo com o esquema apresentado na Figura 4.

Figura 4: Avaliação da atividade do PjBL



Fonte: elaborada pelos autores.

A avaliação por pares foi feita em dois momentos. A primeira avaliação foi formativa, uma estratégia interessante dos estudantes sinalizarem os colegas sobre algo que eles poderiam melhorar ou fazer para contribuir para o crescimento do time. Em um segundo momento a avaliação foi realizada de forma somativa.

Na primeira e terceira etapas do PjBL as equipes tiveram a oportunidade de recuperar a aprendizagem em um momento posterior

ao *feedback* e entregar uma nova versão. As recuperações nessas etapas do projeto foram essenciais, uma vez que os cálculos realizados e dados coletados serviram de base para a quarta e quinta etapas do projeto. A recuperação possibilitava a obtenção da pontuação máxima por todas as equipes na primeira etapa e o aumento de um ponto na terceira etapa. O Quadro 4 apresenta as notas das equipes antes e após a recuperação de aprendizagem.

Quadro 4: Notas das equipes antes e após a recuperação

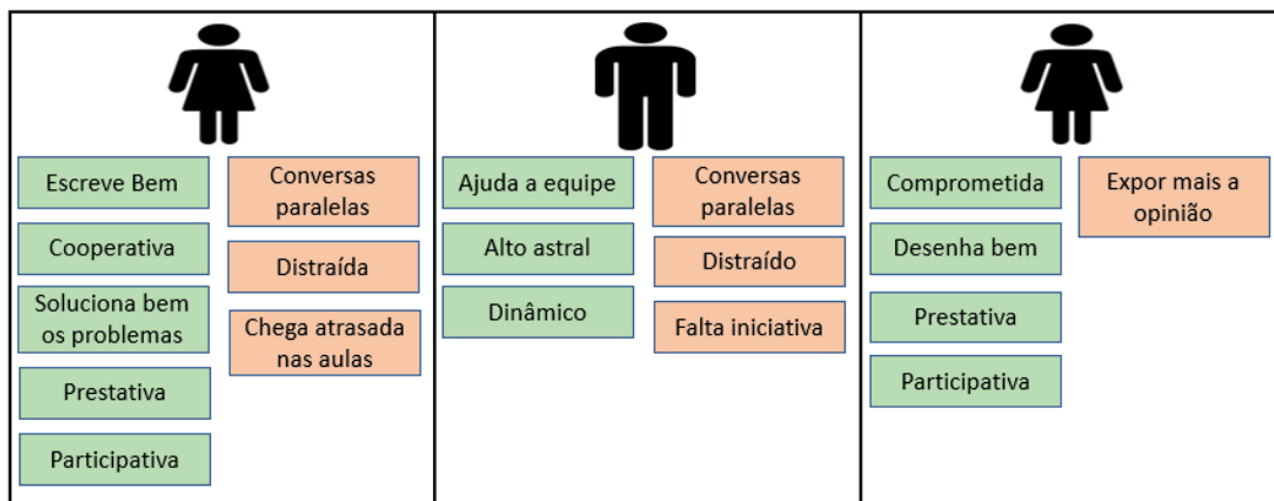
	1a Etapa	Recuperação (1a etapa)	2a Etapa	3a Etapa	Recuperação (3a etapa)	4a Etapa	5a Etapa
Equipe 1	9,0	10,0	10,0	7,0	8,0	8,5	9,0
Equipe 2	8,5	10,0	10,0	7,0	8,0	8,0	7,5
Equipe 3	10,0	-	10,0	8,0	9,0	9,0	9,0
Equipe 4	8,5	10,0	10,0	10,0	-	10,0	10,0
Equipe 5	9,0	10,0	10,0	7,5	8,5	9,0	10,0

Fonte: elaborado pelos autores.

A primeira avaliação por pares foi feita através de um questionário no *google forms* e os *feedbacks* foram entregues aos estudantes. Essa etapa era apenas formativa para que os estudantes com a percepção e *feedback* dos colegas realizassem uma reflexão e buscassem melhorar em alguns aspectos de forma a contribuir mais com o time e ao mesmo tempo evoluir como profissional e como pessoa. Após essa etapa formativa foi realizada a mesma avaliação, porém com viés somativo.

A partir dos comentários realizados percebeu-se a seriedade e sinceridade entre os pares, já que alguns estudantes receberam muitas sugestões de aspectos a serem desenvolvidos. As avaliações foram coerentes e permitiram a evolução dos estudantes para a avaliação por pares somativa. A Figura 5 ilustra a avaliação por pares realizada pela turma.

Figura 5: Avaliação por pares

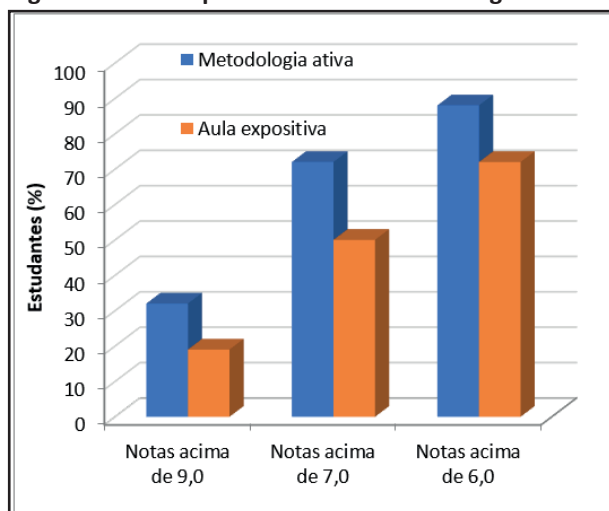


Fonte: elaborado pelos autores.

O PjBL foi uma das avaliações realizadas com caráter somativo para a primeira parcial da disciplina com peso de 30%. A avaliação teórica teve um peso de 60% e foram aplicados estudos de caso que somaram 10% da nota final do estudante. A nota obtida pelo estudante na avaliação teórica reflete muito o aprendizado dele na execução do PjBL. Para fins de comparação, a Figura 6 apresenta a média obtida por uma turma que teve 100% de aulas expositivas ao longo do semestre comparadas com a média da turma que trabalhou com metodologias ativas.

É evidente que, na execução do PjBL, os estudantes precisaram ser muito bem tutorados. Não seria possível simplesmente passando uma atividade e não acompanhando cada etapa junto a eles. No entanto, tomou-se o cuidado para moderar as ações e para não tirar a independência dos estudantes. São essas atitudes muito próximas, mas que devem ser cautelosas para não perder a importância das atividades.

Figura 6: Aulas expositivas versus metodologia ativa



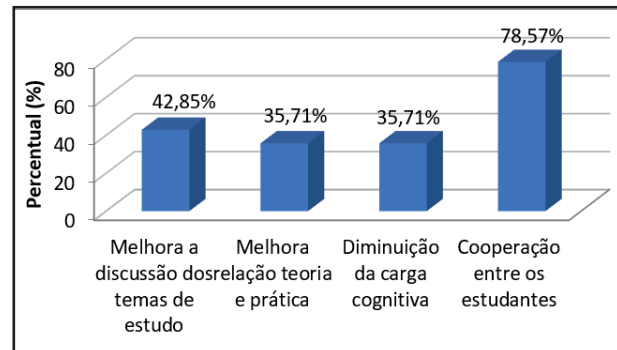
Fonte: elaborada pelos autores.

Por meio da Figura 6 torna-se evidente a melhora significativa das notas dos estudantes. As metodologias ativas proporcionaram uma aprendizagem efetiva que pode ser reproduzida em contextos diferentes.

Aplicou-se um questionário aos estudantes que responderam anonimamente sobre a percepção quanto às atividades realizadas em sala com os métodos aplicados. Dos 25 estudantes, 14 responderam a esse questionário e relataram pontos positivos e negativos das atividades realizadas em sala. A Figura 7 demons-

tra as respostas dos estudantes e suas opiniões em relação ao trabalho em equipes (pontos percentuais dos estudantes que responderam ao questionário).

Figura 7: Percepção dos estudantes quanto ao trabalho em equipe



Fonte: elaborada pelos autores.

Através do questionário foi possível perceber que a maioria dos estudantes identificaram uma maior cooperação entre os estudantes utilizando o TBL. Além disso as metodologias ativas proporcionam uma maior relação entre teoria e prática e diminuiu a carga cognitiva dos estudantes quanto aos assuntos abordados. A melhoria na discussão também foi um ponto positivo elencado pelos estudantes. Os benefícios do TBL ficaram evidentes com a aplicação do questionário.

CONCLUSÕES

O uso de metodologias de ensino ativa fizeram com que as aulas fossem muito bem aproveitadas e geraram um resultado final melhor do que o esperado. Percebeu-se que os estudantes estavam mais motivados e participativos quando comparados com as aulas regulares expositivas ministradas anteriormente.

Para que isso ocorra no ambiente de sala de aula se faz necessária a conscientização por parte dos professores das implicações e consequências da sua prática docente. Esse é o início para uma mudança de perspectiva visando a uma ação docente transformadora.

Sabe-se que às vezes se tem turmas mais resistentes, que podem ter o perfil de não querer discutir ou não querer interagir tanto, talvez até por não achar as atividades importantes. Isso mostra a importância de, quando for se iniciar novas atividades, inicialmente mostrar a relevância das novas metodologias no ensino. Ex-

plicar o que será feito e também o porquê fazem parte de uma das etapas essenciais para o sucesso das atividades.

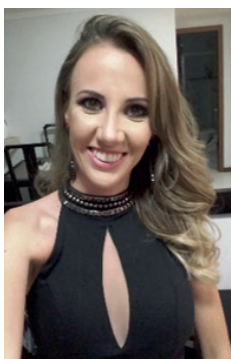
Outro ponto interessante é que o uso de uma metodologia ativa não impede o uso de outra. Uma metodologia complementa a outra e com isso é possível atingir os indicadores de desempenho e resultados de aprendizagem. O uso do PjBL proporcionou o uso do TBL, JiIT, sala de aula invertida, *gallery walk* e PBL, todas metodologias proporcionaram significância ao PjBL e permitiram atingir os IDs respectivos a cada RA.

O desafio em formar engenheiros com as competências exigidas atualmente pelo mercado de trabalho se torna possível com o uso de metodologias que desenvolvam as habilidades necessárias para esse novo perfil profissional.

REFERÊNCIAS

- ANGELO, M. F.; BERTONI, F. C. Análise da aplicação do método PBL no processo de ensino e aprendizagem em um curso de Engenharia de Computação. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 30, n. 2, p. 35-42, 2014.
- BARDINI, V. S. S.; SPALDING, M. Aplicação de metodologias ativas de ensino-aprendizagem: experiência na área de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 38, n. 1, p. 49-58, 2017.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011.
- BIGGS, J.; TANG, C. **Teaching for quality learning at university**. What the student does. Third Edition, 2007.
- BRASIL, Lei de Diretrizes e Bases da Educação, **Lei nº 9.394/96**, de 20 de dezembro de 1996.
- BRESSANE, A. et al. Aprendizagem baseada em dinâmicas: uma proposta pedagógica para formação integral na engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 36, n. 1, p. 59-71, 2017.
- CARVALHO, A. A. et al. **A estratégia PjBL no Século XXI: utilização das ferramentas digitais**. **Revista Eletrônica Engenharia Viva**, v.1, n.1. p. 75-89, 2014.
- CUNHA, M. L. R. et al. Evaluation of student perception of the Team-based Learning method (APA-TBL): Instrument construction and validation. **Nurse Education in Practice**, v. 33, n.1, p. 141-147, 2018.
- MICHAEL, J. Where's the evidence that active learning works? **Adv Physiol Educ**, v. 30, n. 1, p.159-167, 2006.
- OAKLEY, B.; FELDER, R. M.; BRENT, R. Turning Student Groups into Effective Teams. **Journal of student-centered learning**, v. 2, n. 1, p. 9-34, 2004.
- PRINCE, M. Does Active Learning Work? A Review of the Research Journal of Engineering Education. **Research Journal of Engineering Education**, p. 1-9, July, 2004.
- RAILSBACK, J. **Project-based instruction: Creating excitement for learning**. 2002. Retrieved April 7, 2019. Acessado em: <<http://www.nwrel.org/request/2002aug/profdevel.html>>.
- REYES, J. A. A. A problematização como invenção: Fundamentos para a educação em engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 33, n. 2, p. 65-71, 2014.
- RUGARCIA, A. et al. The Future of Engineering Education I. A Vision for a New Century. **Chem. Engr. Education**, v. 34, n. 1, p. 16-25, 2000.
- SANTOS, T. C. et al. Desenvolvimento de equipamentos didáticos para ensino de mecânica dos fluidos: estudo da perda de carga. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 35, n. 2, p. 14-25, 2016.
- THE FUTURE OF JOBS REPORT. 2018. **Committed to improving the state of the world**, 2018.
- VEIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física; fundamentos epistemológicos e pedagógicos. **Educar em Revista**, v.15, n. 44, p.75-92, Abr/Jun. 2012.
- WATSON, W. E.; MICHAELSEN, L. K.; SHARP, W. Member competence, group interaction, and group decision making: A longitudinal study. **Journal of Applied Psychology**, v. 76, n. 6, p. 803-809, 1991
- ZALUSKI, F. C.; OLIVEIRA, T. D. Metodologias ativas: uma reflexão teórica sobre o processo de ensino e aprendizagem. **Anais... Congresso Internacional de Educação e Tecnologia**, 2018.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



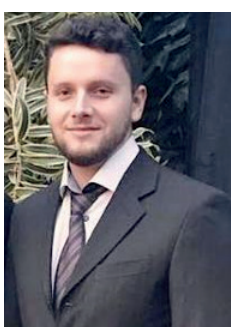
Kamila Colombo – Bacharelado em Engenharia Química (FURB, 2011); mestrado em Engenharia Química (FURB, 2013); doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais (UFPR, 2017); professora auxiliar do curso de Engenharia Química e colaboradora no Centro de Ensino e Aprendizagem (CrEAre) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC-PR. Áreas de atuação profissional e assuntos de interesse: síntese e caracterização de materiais lamelares, processo de produção de biodiesel com uso de catalisadores em meio heterogêneo, experimentação no Ensino de Engenharia Química, uso metodologias ativas no Ensino, matrizes curriculares por competências.



Aline Cadena Von Bahten – Bacharelado em Medicina (PUCPR, 2007); pós-graduação *Lato Sensu* em Formação Pedagógica do Professor Universitário (PUCPR, 2012), Mestrado em Cirurgia (PUCPR, 2013); professora assistente do curso de Medicina e coordenadora no Centro de Ensino e Aprendizagem (CrEAre) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC-PR. Áreas de atuação profissional e assuntos de interesse: cirurgia e traumas, experimentação no Ensino de Medicina, uso metodologias ativas no Ensino, matrizes curriculares por competências.



Fulvy Antonella Venturi Pereira – Bacharelado em Engenharia Química (PUCPR, 2009); mestrado em Engenharia Química (UFPR, 2011); doutorado em Engenharia Química (UFSC, 2015); professora adjunta do curso de Engenharia Química e colaboradora no Centro de Ensino e Aprendizagem (CrEAre) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná- PUC-PR. Áreas de atuação profissional e assuntos de interesse: adsorção, síntese e caracterização de adsorventes, experimentação no Ensino de Engenharia Química, uso de metodologias ativas no Ensino, matrizes curriculares por competências.



Roger Borges – Bacharelado e Licenciatura em Química (UTFPR, 2011); mestrado em Química Inorgânica (UFPR, 2013); doutorado em cotutela em Química Inorgânica (UFPR, 2018) e em Química de Materiais (Université Clermont-Auvergne – UCA, 2018); professor substituto do Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, campus São Miguel do Oeste. Áreas de atuação profissional e assuntos de interesse: tratamentos de resíduos sólidos de amianto, desenvolvimento de fertilizantes de liberação controlada, experimentação no Ensino de Química, metodologias alternativas – metodologias ativas no Ensino.