



## APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP) NO ENSINO DE CINÉTICA E REATORES QUÍMICOS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3871

Adriana Paula Ferreira Palhares - apf@ufscar.br  
UFSCar

Pedro Santana de Castro - pedro.scastro@outlook.com  
Movile

**Resumo:** As metodologias ativas de ensino desempenham, atualmente, um importante papel de contraponto ao modelo de ensino tradicional, habituado à intensa formação técnica, aulas expositivas e um contexto no qual o estudante é estimulado a apenas ser observador. Com o objetivo de colocar o aluno no centro da aprendizagem, as metodologias ativas surgem como alternativa que estimula um aprendizado desafiador, prático e contextualizado. Desta forma, este trabalho teve como objetivo a aplicação da metodologia ativa de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), ou Problem-Based Learning (PBL), no ensino de Cinética e Reatores Químicos, aplicado em turma do curso de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos. A ABP é um método que consiste na utilização de situações-problemas que simulam situações reais de modo a motivar e direcionar o estudante por um processo de aprendizagem baseado em uma dinâmica de trabalho colaborativa, contextualizada e multidisciplinar. A aplicação deste estudo é estimulada, além de aspectos de melhoria do processo de aprendizagem, pela necessidade de adequação às novas Diretrizes Nacionais Curriculares (DCNs) da Engenharia por parte dos cursos de ensino superior. As novas DCNs, lançadas em 2019, procuram trazer mudanças no formato de ensino e direcionar quais habilidades são importantes para a atual formação de profissionais na engenharia, adequando às novas exigências da atualidade. Para o desenvolvimento deste trabalho foram criadas situações-problemas que simulavam cenários reais da indústria envolvendo reatores catalíticos com queda de pressão. O trabalho também propôs a avaliação do aprendizado no processo de aplicação da ABP no contexto da engenharia. A disciplina foi ministrada no formato de ensino não presencial emergencial por conta da pandemia da Covid-19. Os resultados do experimento se mostraram positivos, onde os grupos desenvolveram resultados consistentes e atingiram os objetivos de aprendizagem para o tema estudado, bem como consolidaram os conceitos cognitivos trabalhados ao longo da disciplina, verificados pelo desempenho bastante satisfatório nas avaliações





*propostas. Além dos aspectos didáticos, observou-se o desenvolvimento dos alunos em habilidades de comunicação, trabalho em equipe, liderança, autocrítica e avaliação por pares.*

**Palavras-chave:** *Aprendizagem baseada em problemas; cinética e reatores químicos; metodologias ativas; formação de grupos*



## **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP) NO ENSINO DE CINÉTICA E REATORES QUÍMICOS**

### **1 INTRODUÇÃO**

Frequentemente discute-se a necessidade de modernização do modelo de ensino ainda muito utilizado em diversas instituições de ensino superior (IES) do Brasil. Tal necessidade emerge da sociedade contemporânea e tecnológica e do mercado atual que trazem problemas cada vez mais complexos, multidisciplinares e que exigem habilidades e competências que vão além da aplicação de conceitos e teorias. É neste contexto que as metodologias ativas de ensino são amplamente discutidas e experimentadas, colocando o aluno no centro do processo de ensino-aprendizagem, estimulando o desenvolvimento de diversas habilidades e uma formação holística do profissional de engenharia.

As metodologias ativas de aprendizagem apresentam-se como um contraponto ao modelo de ensino caracterizado por aulas expositivas em formato de palestra, nas quais alunos são praticamente telespectadores. As metodologias ativas se distanciam deste cenário e se aproximam de uma abordagem mais atual, propondo ferramentas que tornem o ensino mais prático, contextualizado e com potencial de atingir as novas gerações de estudantes acostumados a um mundo mais conectado e multidisciplinar. Este mundo, inclusive, define o mercado de trabalho, o qual exige cada vez mais profissionais que apresentem tais características. A dificuldade constante das instituições de ensino brasileiras em se adaptar à esta nova realidade é algo que cria um *gap* em relação ao mercado e vai contra ao que se espera do ensino superior, ao não formar e estimular novos pensamentos, minando a criatividade dos alunos e reforçando problemas como evasão e deformação profissional (LACERDA e SANTOS, 2018). Neste sentido, as novas Diretrizes curriculares Nacionais (DCN's) dos Cursos de Engenharia, lançadas em 2019, procuram trazer mudanças nas metodologias de ensino e direcionar quais habilidades e conteúdos são importantes para a atual formação de profissionais na engenharia, adequando às novas exigências da atualidade (ABMES, 2019).

Uma das metodologias ativas mais utilizadas e discutidas é a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). Inicialmente concebida para o ensino de medicina na Universidade McMaster (Hamilton, Canadá) em 1969, a metodologia consiste, basicamente, na utilização de situações-problema para iniciar, direcionar e motivar o processo de aprendizado do aluno. Isso tudo feito de maneira colaborativa, estimulando aspectos de multidisciplinaridade, elaboração de questões, pensamento analítico e trabalho em equipe (RIBEIRO, 2008). A proposta deste trabalho foi a realização de um experimento de aplicação da metodologia ABP no ensino da modelagem de reatores heterogêneos com queda de pressão, um tópico do final da ementa da disciplina de Cinética e Reatores Químicos do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Os objetivos do experimento foram: i) analisar como a metodologia impacta no processo de construção/consolidação do conhecimento por parte dos alunos e consequente desempenho ao final da disciplina; ii) analisar a adaptação dos alunos à mesma; iii) analisar as habilidades trabalhadas e iv) analisar a viabilidade de aplicação da metodologia neste formato.

Para o experimento em questão há um outro importante fator a ser analisado: a disciplina foi ministrada ao longo dos meses de setembro de 2020 a janeiro de 2021, período em que o mundo já passava pela crise pandêmica do Covid-19, deflagrada no início





do ano de 2020. Dado este contexto, a disciplina em questão foi ministrada de maneira extraordinária no formato de ensino não presencial (ENPE), não característico, até o momento, dos semestres letivos do curso de Engenharia Química da UFSCar. Desta forma, também coube ao estudo a análise do impacto deste cenário na aplicação da metodologia e o consequente processo de aprendizagem no contexto não presencial.

## 2 METODOLOGIA

O estudo de caso deste trabalho envolveu uma turma da disciplina de Cinética e Reatores Químicos do Curso de Engenharia Química da UFSCar, de novembro de 2020 a janeiro de 2021. A proposta do projeto foi consolidar o aprendizado de todos os tópicos trabalhados ao longo de três meses na disciplina a partir de uma situação-problema nos moldes da ABP, introduzindo ainda um tópico complementar sobre reatores heterogêneos com queda de pressão integralmente nesta metodologia. Havia 36 alunos matriculados, um tutor auxiliar e um monitor que auxiliaram a turma ao longo da atividade. O método foi estruturado segundo o trabalho de Ribeiro (2008), que relata e discute a aplicação ABP em uma turma de engenharia.

### 2.1 Estruturação da Situação-Problema

Para a estruturação da situação-problema, de extrema importância para o sucesso do método de ABP e, consequentemente da eficiência da aprendizagem através da atividade proposta, foram considerados alguns aspectos importantes como a necessidade direcionar os grupos para a modelagem de reatores tubulares heterogêneos catalíticos com queda de pressão dos processos químicos industriais reais, porém com simplificações aplicáveis (com relação às taxas de reação, sistema de reatores múltiplos, design de partículas sólidas, problemas de transferência de massa, etc), além do levantamento e utilização de dados reais do mercado. A situação problema foi construída buscando-se um problema aberto o suficiente para ser desafiador e motivador para os alunos, mas contendo lacunas para instigar e fomentar o desenvolvimento e elaboração das primeiras hipóteses para a resolução do estudo de caso, as quais disparam todo o processo de desenvolvimento do aprendizado centrado no aluno para atingir os objetivos propostos e, consequentemente, as habilidades desejáveis.

Assim, para a construção dos estudos de caso, foram definidos quais os novos conceitos a serem "descobertos" pelos alunos nesta atividade (termos desconhecidos) que constariam na situação-problema, a fim de guiar a busca pelos objetivos de aprendizagem. Os termos e conceitos selecionados foram: Reatores de Leito Fixo (*Packed Bed Reactors* - PBR), leito de recheio com partículas de catalisadores, porosidade das partículas, granulometria, queda de pressão e processos químicos catalíticos heterogêneos, além dos dados do processo para reatores heterogêneos. Com a temática de reatores PBR para reações catalíticas e gasosas, cada grupo recebeu o mesmo estudo de caso, porém para ser aplicado a um processo químico industrial distinto: 1. Produção de Óxido de Etileno; 2. Síntese da Amônia; 3. Síntese do Metanol; 4. Produção de Etileno; 5. Produção de Formaldeído; 6. Produção de Anidrido Maleico.

### 2.2 Formação dos grupos de trabalho

Para a formação dos grupos, segundo Ribeiro (2008), é interessante analisar diferentes habilidades que cada membro possui, a fim de criar equipes heterogêneas. Essa maneira de criar grupos, além de evitar a formação de "panelas", também estimula a troca de experiências, a criação de diferentes pontos de vistas sobre o mesmo problema e a





formação de conflitos durante a discussão, o que é enriquecedora para o processo. Desta forma, como parâmetro para a divisão, foi adotada a metodologia MBTI – ou 16 personalidades (16Personalities, 2021).

O MBTI é um teste de personalidade mundialmente conhecido amplamente utilizado no meio corporativo. Esse teste funciona como uma ferramenta para identificação de características e preferências pessoais, traçando assim perfis psicológicos. No teste existem quatro fatores com duas classificações cada que são determinados a partir das respostas da pessoa que o estiver realizando: Introverso ou Extroverso (I-E); Sensorial ou Intuitivo (S-N); Racional ou Sentimental (T-F); e Julgador ou Perceptivo (J-P). Combinado as quatro letras que são determinadas pelo teste de cada pessoa, existem no total 16 tipos de personalidades onde cada um pode ser encaixado. Considerando as 16 personalidades, existem ainda quatro grupos (com quatro tipos de personalidades cada) com maiores afinidades que podem ser colocados em conjunto com personalidades semelhantes: Analistas, Sentinelas, Diplomatas e Exploradores (16Personalities, 2021). No experimento desenvolvido, os alunos realizaram o teste MBTI e foram organizados em 6 grupos de 6 membros conforme os quatro macro grupos do teste MBTI, buscando garantir a formação de grupos heterogêneos e com a presença de diferentes personalidades e habilidades.

### 2.3 Construção do experimento

Seguindo os passos de Ribeiro (2008), foram definidos os objetivos de aprendizagem para o tópico de Reatores Heterogêneos com Queda de Pressão e estruturada a metodologia ABP a ser aplicada no presente experimento, com as seguintes características: problema a ser trabalhado apenas em parte do semestre, com duração de algumas semanas; integração significativa de conceitos e habilidades; trabalho em equipe, com encontros externos, entrega em conjunto e avaliação por pares; método formal de solução de problema, orientado por tutores em aulas tutoriais; indicação de livro-texto da disciplina como base (FOGLER, 2009), mas se espera que os alunos pesquisem em outras fontes.

Os principais objetivos de aprendizagem que os alunos deveriam atingir foram apresentados no início do projeto:

- Identificar e dimensionar um reator catalítico heterogêneo para diferentes tipos de reações, especialmente em fase gasosa;
- Compreender os efeitos das características e especificidades dos catalisadores;
- Entender e aplicar a equação de Ergun;
- Otimizar o tipo e quantidade de catalisador no dimensionamento do reator para alcançar a maior conversão e produtividade;
- Resolver problemas de reatores PBR com queda de pressão através de métodos numéricos;
- Trabalhar (em grupo) um problema aberto com dados reais através da ABP.

Definidos os objetivos, também foram apresentadas as etapas a cumprir pelos grupos, o cronograma e os métodos de avaliação:

- Escolher um líder ou coordenador (fixo) e um redator. Ao coordenador compete a responsabilidade de liderar o grupo, estimular a discussão entre todos os membros, manter a dinâmica, administrar o tempo e assegurar o cumprimento das tarefas, além de fazer a distribuição da nota global do grupo entre os membros ao final. Já o redator tem a responsabilidade de registrar ideias e discussões em relatório, otimizar o debate para não haver repetições ou perda de foco, informar sobre o andamento da discussão, além de gravar os encontros (todos em vídeo-chamadas online) e disponibilizá-los no ambiente virtual de aprendizagem da disciplina (AVA2).





- Definir as regras e compromissos que todos devem seguir ao longo do desenvolvimento do projeto, compondo um documento a ser postado no AVA2.
- Participar integral e obrigatoriamente em duas sessões tutoriais (com a docente e o tutor) programadas.
- Participar de sessões tutoriais auxiliares (com o tutor; opcional).
- Elaborar e postar o relatório final e apresentação da resolução do estudo de caso;
- Apresentar (15 minutos) a resolução do estudo de caso em data agendada, com arguição individual pela docente e por um membro de cada um dos outros grupos (escolhidos aleatoriamente para compor uma suposta diretoria da empresa fantasia do estudo de caso).
- Definir a forma de trabalho do grupo, ferramentas, cronograma, necessidade de reuniões extras e da ajuda do tutor e/ou do monitor da disciplina.

Definida a dinâmica de trabalho dos grupos, apresentou-se o método formal de resolução do estudo de caso resumido em 7 principais passos da ABP (RIBEIRO, 2008):

- 1 Ler atentamente o problema e esclarecer os termos desconhecidos;
- 2 Identificar questões propostas no enunciado;
- 3 Oferecer explicações para questões com base no conhecimento prévio do grupo (*brainstorm*);
- 4 Resumir estas explicações;
- 5 Estabelecer objetivos de aprendizagem que levem o aluno ao aprofundamento e complementação;
- 6 Estudo individual, respeitando os objetivos almejados;
- 7 Rediscussão no grupo tutorial dos avanços do conhecimento obtidos pelo grupo para elaboração de uma estratégia de resolução do problema, com divisão de tarefas.

A atividade foi realizada durante quatro semanas. Após a apresentação da atividade, ocorreu a primeira sessão tutorial, cujo objetivo era conduzir os grupos pelos 5 primeiros passos do método formal. Com uma semana de intervalo para a realização do passo 6 (individual), os grupos voltaram a se reunir para a segunda sessão tutorial e executar o 7º e último passo. Depois deste processo, com uma estratégia de resolução do problema elaborada, os alunos tiveram duas semanas para executá-la aprofundando-se nos aprendizados técnicos que envolvem a modelagem do reator PBR e para preparar a apresentação da sua proposta e solução da situação-problema. Nestas duas semanas, foram disponibilizadas aos alunos sessões de monitoria e de tutoria opcionais. Além disso, também foi preparado e disponibilizado no AVA2 um exemplo resolvido e comentado de um problema envolvendo reatores heterogêneos, além de do texto-base técnico e exercícios de aplicação sugeridos.

## 2.4 Avaliação

Uma importante etapa deste trabalho no que tange especialmente a aplicação de uma atividade acadêmica no formato de ABP consistiu tanto na avaliação de desempenho dos alunos quanto na avaliação da própria metodologia.

Para a avaliação dos alunos foram definidas cinco diferentes notas que combinadas resultaram na nota individual dos alunos: i) *relatório final* (30%): comum a todos os membros do grupo, sendo avaliado, principalmente, se a pergunta final do estudo de caso foi respondida e se eles conseguiram alcançar um nível de otimização para a modelagem do PBR; ii) *apresentação* (30%): comum a todos os membros do grupo, sendo avaliado, principalmente, se a pergunta final do estudo de caso foi respondida e a organização da apresentação; iii) *arguição* (20%): nota individual, onde avaliou-se principalmente se o aluno







demonstrou domínio do assunto, construção do conhecimento cognitivo esperado e desenvolveu algumas habilidades esperadas em todo o processo; iv) auto avaliação (10%): nota individual, obtida pelo preenchimento de um formulário elaborado e v) avaliação pelos pares (10%): cada membro do grupo avaliou individualmente os outros membros, sendo o principal objetivo desta avaliação o desenvolvimento das habilidades do trabalho em equipe.

A nota individual dos alunos de cada grupo foi somada e chamada de "pagamento", sendo transformada em valor monetário fictício (um grupo de 6 alunos poderia atingir até 60 pontos e, assim, obtiveram R\$60.000,00 como pagamento). O "pagamento" foi entregue aos líderes para distribuir entre seus membros, conforme achassem adequado. Os líderes deveriam informar à docente o pagamento de cada membro que, sem questionamentos, calculou a média aritmética entre a nota individual e o pagamento de cada aluno, obtendo assim a nota final de cada um.

Para a auto avaliação e avaliação por pares, avaliaram-se aspectos socioemocionais estimulados pelo ABP como a contribuição nas discussões em grupo, postura como ouvinte e papel de liderança, utilizando dois formulários (*Google Forms*) elaborados com base na escala de Likert. Esta escala é uma metodologia bastante popular para realização de pesquisas de opinião, apresentando como característica opções de respostas em escala, que vão de um extremo como "Discordo totalmente" até outro extremo como "Concordo totalmente", fugindo de respostas binárias como "sim ou não". Esta avaliação permite que o avaliador possa entender o nível de intensidade da opinião de quem respondeu, permitindo a extração de conclusões mais qualitativas da questão (FRANKENTHAL, 2017).

Utilizou-se também uma avaliação da ABP através da metodologia *Net Promoter Score*, mais conhecida como NPS, a fim de observar a adaptação dos alunos à atividade proposta. O NPS é uma metodologia amplamente usada para avaliação da qualidade de produtos e serviços, no qual é perguntado o quanto o cliente, de 1 a 10, indicaria aquele produto ou serviço para um amigo. Respostas 9 ou 10 são considerados promotores, 7 ou 8 considerados neutros e de 1 a 6 como detratores. O NPS é calculado subtraindo o número de detratores do número de promotores, e dividindo pelo número total de respondentes. Sua escala vai de -100 a 100, onde -100 é uma situação com 100% de detratores e 100 é de 100% de promotores (SILVA, 2020).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 O experimento

No início da primeira sessão houveram algumas definições importantes para a dinâmica dos grupos como a escolha do líder, do redator e das regras para o trabalho em equipe. Observaram-se a recorrência de regras relativas ao comprometimento e responsabilidades, canal de comunicação (*Whatsapp*) e agenda de trabalho na maioria dos grupos. Em um deles, entretanto, ficou definido que a nota seria dividida igualmente entre os integrantes do grupo.

Na partir da primeira sessão tutorial foi possível notar que os grupos estavam relativamente equilibrados, demandando tempos parecidos para resolução de cada passo da metodologia ABP. Isso foi comprovado ao fim do projeto, pois todos os grupos tiveram desempenhos semelhantes e muito bons. Conforme o esperado os grupos avançaram os cinco primeiros passos do método formal nesta etapa. O processo durou cerca de 3 horas, sendo que a docente e o tutor se revezaram entre as diferentes salas virtuais para acompanhar os grupos e orientá-los (intervindo apenas quando necessário). A intervenção





foi necessária para três grupos, para destacar a importância da criação de hipóteses nesta sessão, as quais deveriam ser analisadas durante os estudos posteriores. Este acompanhamento foi fundamental para garantir o cumprimento dos objetivos de cada passo da metodologia, evitando que os grupos se perdessem, fugissem dos objetivos ou pulassem etapas (ocorreu uma tendência natural de buscar informações sobre o reator e a reação envolvida logo em um primeiro momento, antes até mesmo de finalizar a leitura do estudo de caso e levantamento de pontos desconhecidos).

Ao fim da primeira sessão tutorial, o relato do redator de cada grupo revelou que todos os grupos conseguiram atingir os objetivos esperados: maior clareza sobre o desafio, elaboração de hipóteses para solucionar o problema, definição da função de cada membro, definição do que cada um deveria estudar e onde buscar as informações necessárias. Destaca-se, entretanto, que dois grupos conseguiram avançar mais na estratégia de solução do problema, relatando que seria possível trabalhar em cima de um processo já existente fazendo adaptações, que deveriam verificar se uma conversão mínima de 50% da matéria-prima já não seria a ideal e a necessidade de definir o catalisador a partir do seu custo-benefício.

Na segunda sessão tutorial, uma semana depois, constatou-se que os alunos tinham estudado e aprofundado seu conhecimento. Todos os grupos já discutiam sobre o reator PBR, encontraram referências bibliográficas sobre os processos em estudo, taxas reais de reação para obtenção dos produtos de interesse e o(s) tipo(s) de catalisador(es) utilizado(s) em cada reação. Alguns dos grupos, inclusive, já estavam utilizando planilhas de cálculos para simular situações simplificadas do balanço de massa para um PBR e também várias ferramentas auxiliares, especialmente para trabalhos em grupo de forma remota: *Jamboard*, *Onenote*, etc. Neste encontro, ressaltou-se que o objetivo do 7º passo era integrar as informações, compartilhar o conhecimento adquirido, rediscutir as hipóteses e, por fim, chegar à proposta de como solucionar o problema, que seria a modelagem do PBR e entendimento dos efeitos da queda de pressão naquele processo. Além disto, era importante traçar a estratégia de resposta do estudo de caso, ou seja, o que o grupo iria desenvolver como sendo a otimização solicitada do suposto processo industrial e quais seriam as respostas que precisariam ser dadas à empresa fictícia da situação-problema para justificar a estratégia escolhida. Para os grupos que apresentaram maior dificuldade de traçar a estratégia, algumas perguntas norteadoras foram lançadas pela docente.

Com isso, os grupos direcionaram seu trabalho para maior entendimento dos equacionamentos – alguns deles já tinham ciência que seria necessária a utilização de método numérico para resolução – e como as variáveis se relacionavam, além de buscarem definir os dados do processo que eles utilizariam para os cálculos a partir de suas referências encontradas. Notou-se também que já estava claro para vários alunos – pelo menos para aqueles que se destacaram nos grupos provocando a troca de conhecimentos e as discussões – o efeito do leito fixo de catalisadores do reator sobre o processo, causando a queda de pressão e consequente reduzindo a conversão. Ao fim da sessão os seis grupos traçaram suas estratégias de resolução da solução-problema e novamente dividiram as tarefas entre os membros, conforme os relatos dos redatores.

Nos dias seguintes, as principais dúvidas que surgiram foram à cerca da utilização do método numérico de resolução do problema e se os cálculos e iterações realizadas estariam corretos e foi notável a importância do monitor e do tutor da turma. Em sua maioria,



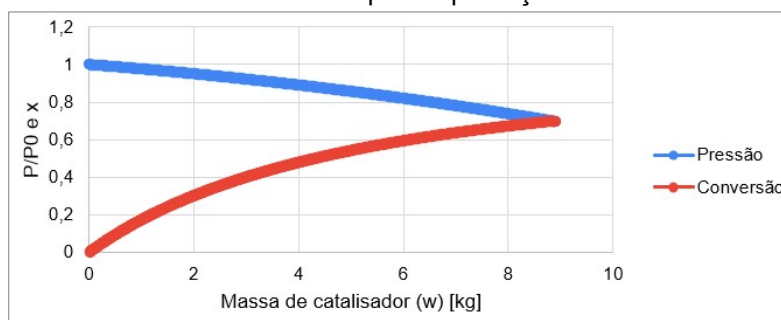




as dúvidas foram sanadas ao analisar o comportamento dos gráficos obtidos ou buscando realizar simplificações nas taxas de reação obtidas na literatura pelos alunos, que são bem complexas, de forma geral.

Ao fim da quarta semana os grupos apresentaram os trabalhos finais (relatórios acompanhados de planilhas de cálculos e apresentações), cujos resultados obtidos foram bastante satisfatórios. Verificou-se pelos relatórios e planilhas que os seis grupos desenvolveram o que era esperado: buscaram informações reais do processo, assumiram simplificações razoáveis dentro do conteúdo de reatores isotérmicos ideais, estudaram os reatores de leito fixo para reações catalíticas heterogêneas com queda de pressão e traçaram as curvas de queda de pressão por massa de catalisador e de conversão por massa de catalisador (curvas importantes para análise do desempenho de um sistema em PBR), como a exemplificada na Figura 1 abaixo, de forma a obterem o argumento necessário à resposta do estudo de caso.

Figura 1 Exemplo de curvas obtidas por um dos grupos: queda de pressão e conversão em função da massa de catalisador para a produção do etileno.



É interessante observar que, embora a estrutura do estudo de caso fosse a mesma para todos os grupos variando-se apenas o processo, cada grupo delineou uma estratégia de solução (comparando diferentes variáveis) a ser apresentada para embasar sua resposta, como mostra o Quadro 1 abaixo:

Quadro 1: Variáveis escolhidas nas estratégias dos estudos de casos dos grupos

Grupo	Processo	Principais variáveis comparadas durante a resolução
1	Produção de Óxido de Etileno	Conversão da reação e massa de catalisador
2	Síntese da Amônia	Condições da reação (pressão e temperatura) e conversão
3	Síntese do Metanol	Porosidade e massa de catalisador, existência de reciclo, conversão e análise econômica
4	Produção de Etileno	Diâmetro de partícula de catalisador, massa de catalisador, conversão e análise econômica
5	Produção de Formaldeído	Diâmetro de partícula de catalisador e conversão
6	Produção de Anidrido Maleico	Porosidade, diâmetro de partícula de catalisador e conversão

Os seis grupos apresentaram um bom desempenho na apresentação, conseguindo explorar pontos relacionados a habilidades de comunicação e de uma linha lógica de argumentação de sua estratégia para apresentar à empresa fictícia. Todos os membros dos grupos participaram das apresentações e responderam satisfatoriamente à arguição. Algumas informações incompletas ou equivocadas foram corrigidas durante a arguição, mas não comprometeram as apresentações. Todos os alunos também se envolveram nas





apresentações dos colegas, quando chamados a compor uma das supostas diretorias na arguição. Comprovando o bom desempenho dos grupos, as notas finais dos relatórios e das apresentações (nota coletiva) foram de 8,0 a 10,0 pontos.

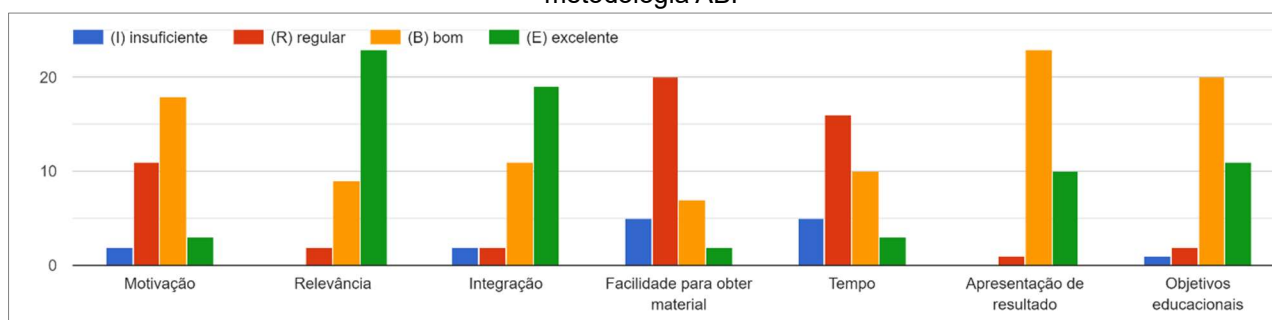
Os alunos também demonstraram terem trabalhado bem em grupo, de forma geral, pois nenhuma situação específica foi apresentada, praticamente todas as tarefas foram cumpridas nos prazos e todos os membros participaram das etapas obrigatórias. Isso sinaliza que a organização e proposta de trabalho dos grupos foi bem sucedida.

Analisando e comparando as auto avaliações e as avaliações por pares, obteve-se uma nota média de 8,3 nas auto avaliações e uma nota média de 8,9 nas avaliações por pares, indicando um maior rigor na auto avaliação, mesmo que o espaço amostral da avaliação por pares tenha sido cinco vezes maior, pois cada um avaliou outros cinco membros do seu grupo. As notas foram consideradas boas e coerentes com o desempenho dos alunos e também indicaram que a estratégia de formação dos grupos e o trabalho em equipe foram positivos para os alunos. Importante também observar ainda que, através da atribuição variável das notas, os alunos tiveram uma percepção madura das contribuições dos demais membros do grupo, instigando a autocrítica e também suas habilidades de liderança, trabalho em equipe e avaliação interpares.

### 3.2 Avaliação da metodologia ABP utilizada

No Quadro 2 está apresentado um levantamento geral sobre a percepção dos alunos a respeito de algumas características da atividade aplicada com a metodologia ABP: motivação gerada pela situação-problema, relevância da metodologia, integração de diferentes conhecimentos, facilidade para obtenção de materiais, tempo para execução, apresentação dos resultados e alcance dos objetivos educacionais. O aluno avaliou cada um desses aspectos como Insuficiente, Regular, Bom ou Excelente.

Quadro 2: Percepção dos alunos a respeito de algumas características da atividade aplicada com a metodologia ABP



Primeiramente destaca-se a avaliação muito positiva da relevância do problema e do método, indicando que os alunos captaram a proposta da metodologia e aprovaram uma atividade mais aplicada. Possivelmente eles sentem a necessidade dessas aplicações mais práticas nas disciplinas, trazendo experiências mais próximas da realidade. Também avaliada muito positivamente, a integração de conhecimentos foi atingida indicando que a metodologia da ABP proporcionou a solidificação de conceitos da disciplina e de algumas outras áreas complementares do conhecimento, contribuindo para uma formação mais generalista e contextualizada.

Os alunos apontaram uma motivação para executar a atividade entre "Bom" e "Regular", assim como o tempo para realizá-lo. Entrevistados, os alunos apontaram que





sofrem com excesso de carga de estudo e de trabalho no fim do semestre e que o contexto de um semestre não presencial emergencial (ENPE), formato inédito para eles, condensou ainda mais as disciplinas e intensificou esta questão. Estes aspectos podem ser repensados numa próxima oferta desta atividade, bem como uma revisão do texto da própria situação-problema, deixando-o mais instigador e, talvez, competitivo.

A característica mais mal avaliada pelos alunos não foi uma surpresa: a facilidade para obter materiais. Para este modelo do ABP foi adotado um nível alto de autonomia na aprendizagem, algo que os alunos não estão acostumados e é agravado pelo formato do ENPE. Porém, houve disponibilização de material conceitual no AVA2 e indicação do livro-base da disciplina e de bases de dados abertas para consultas de artigos e patentes, como o acervo aberto da própria Biblioteca Comunitária da UFSCar, Periódicos da CAPES, Portal do MEC e algumas editoras que têm mantido o acervo aberto durante a pandemia. Além destes, sites da indústria química foram sugeridos para levantamento de informações. É característico da metodologia ABP que os alunos busquem a informação de forma mais autônoma e isso é algo inovador, movendo-os de uma "zona de conforto", onde costumam receber toda informação selecionada e preparada, num ambiente formatado. Portanto, pode-se dizer que a dificuldade criada foi intencional e, considerando o bom desempenho dos grupos, pode-se inferir que o resultado foi positivo. Finalmente, considerando a boa avaliação dos alunos sobre a apresentação dos resultados e alcance dos objetivos educacionais, entende-se que o experimento foi bem sucedido através da estruturação da atividade pela metodologia de ABP.

Para compreender e avaliar melhor alguns aspectos do experimento desenvolvido, os alunos foram confrontados com algumas questões específicas sobre a metodologia e aprendizagem, cujas respostas estão apresentadas no Quadro 3. As respostas às afirmações 1 e 5 reforçam características positivas do experimento, quanto à motivação dos alunos para trabalharem um problema mais aberto e mais próximo da realidade, bem como da formação dos grupos e do trabalho em equipe. Ao analisar os resultados sobre a comparação entre o método ABP e o modelo tradicional expositivo (afirmação 3), apesar da concordância da maioria dos alunos (52,9%), é possível notar que uma parcela significativa dos alunos não tem uma preferência ou até preferem o modelo de aula expositiva. O mesmo acontece na afirmação 4, sobre o aprendizado dos conceitos técnicos de reatores heterogêneos, onde maior parte dos alunos gostou da experiência (55,9%), mas há uma parcela significativa que diz aprender mais facilmente a partir do modelo tradicional. Esses resultados podem ser derivados do fato dos alunos estarem mais habituados a estudarem pelo modelo tradicional mais expositivo, que têm sido aplicados ao longo de todo o curso. Mas não se pode negligenciar as diferentes formas de aprendizagem das pessoas, reafirmando a necessidade de mesclar diferentes metodologias de ensino dentro de uma mesma disciplina e no curso como um todo. Por fim, a maioria dos alunos apontaram dificuldades de trabalhar com problemas mais "abertos" (afirmação 2), o que também se relaciona ao fato destas atividades estarem sendo pouco exploradas ao longo do curso. Isso sinaliza a necessidade de trabalhar mais atividades desta natureza na formação dos alunos para ajudá-los a adquirir habilidades e competências de trabalho em condições mais próximas às do mercado de trabalho.

Por fim, a título de buscar consolidar o entendimento geral sobre o uso da metodologia ABP, a última pergunta da pesquisa com os alunos foi para definir o *Net Promoter Score*, ou NPS, do experimento realizado. Com o número de 9 promotores (responderam 9 ou 10), 8 detratores (de 1 a 6) e 34 respondentes no total, o NPS total foi de 0,03 (ou 1/34). Segundo estudos sobre a metodologia do NPS (SILVA, 2020), valores de 0 a 49 são considerados NPS razoáveis. Esse resultado revela que a aplicação da





Quadro 3: Percepção dos alunos a respeito da metodologia e questões de aprendizagem.

Quadro 5.1: Percepção dos alunos a respeito da metodologia e questões de aprendizagem.																			
Afirmações	Distribuição percentual das respostas baseada na escala Likert: (1) Discorda totalmente; (2) Discorda parcialmente; (3) Neutro; (4) Concorda parcialmente; (5) Concorda totalmente. Total: 34 respostas																		
1) Fui desafiado(a) e motivado(a) a resolver um problema pouco delimitado e que retrata uma situação mais próxima da vivência profissional.	<table><tr><th>Resposta</th><th>Quantidade</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>2</td><td>3</td><td>8,8%</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>5,9%</td></tr><tr><td>4</td><td>20</td><td>58,8%</td></tr><tr><td>5</td><td>9</td><td>26,5%</td></tr></table>	Resposta	Quantidade	Porcentagem	1	0	0%	2	3	8,8%	3	2	5,9%	4	20	58,8%	5	9	26,5%
Resposta	Quantidade	Porcentagem																	
1	0	0%																	
2	3	8,8%																	
3	2	5,9%																	
4	20	58,8%																	
5	9	26,5%																	
2) Senti dificuldades em trabalhar com um projeto “sem definições claras”.	<table><tr><th>Resposta</th><th>Quantidade</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>5,9%</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td>11,8%</td></tr><tr><td>3</td><td>7</td><td>20,6%</td></tr><tr><td>4</td><td>16</td><td>47,1%</td></tr><tr><td>5</td><td>5</td><td>14,7%</td></tr></table>	Resposta	Quantidade	Porcentagem	1	2	5,9%	2	4	11,8%	3	7	20,6%	4	16	47,1%	5	5	14,7%
Resposta	Quantidade	Porcentagem																	
1	2	5,9%																	
2	4	11,8%																	
3	7	20,6%																	
4	16	47,1%																	
5	5	14,7%																	
3) Acho que a estruturação da situação-problema permitiu maior aprendizagem que através de uma aula expositiva com aplicação de exercícios definidos.	<table><tr><th>Resposta</th><th>Quantidade</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>5,9%</td></tr><tr><td>2</td><td>4</td><td>11,8%</td></tr><tr><td>3</td><td>10</td><td>29,4%</td></tr><tr><td>4</td><td>10</td><td>29,4%</td></tr><tr><td>5</td><td>8</td><td>23,5%</td></tr></table>	Resposta	Quantidade	Porcentagem	1	2	5,9%	2	4	11,8%	3	10	29,4%	4	10	29,4%	5	8	23,5%
Resposta	Quantidade	Porcentagem																	
1	2	5,9%																	
2	4	11,8%																	
3	10	29,4%																	
4	10	29,4%																	
5	8	23,5%																	
4) O trabalho facilitou a aprendizagem dos modelos matemáticos, equação de perda de carga e demais características de reatores heterogêneos com queda de pressão.	<table><tr><th>Resposta</th><th>Quantidade</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>1</td><td>3</td><td>8,8%</td></tr><tr><td>2</td><td>6</td><td>17,6%</td></tr><tr><td>3</td><td>6</td><td>17,6%</td></tr><tr><td>4</td><td>9</td><td>26,5%</td></tr><tr><td>5</td><td>10</td><td>29,4%</td></tr></table>	Resposta	Quantidade	Porcentagem	1	3	8,8%	2	6	17,6%	3	6	17,6%	4	9	26,5%	5	10	29,4%
Resposta	Quantidade	Porcentagem																	
1	3	8,8%																	
2	6	17,6%																	
3	6	17,6%																	
4	9	26,5%																	
5	10	29,4%																	
5) Os membros do grupo desempenharam bem suas funções colaborando para a solução do problema.	<table><tr><th>Resposta</th><th>Quantidade</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>0%</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td><td>11,8%</td></tr><tr><td>4</td><td>6</td><td>17,6%</td></tr><tr><td>5</td><td>24</td><td>70,6%</td></tr></table>	Resposta	Quantidade	Porcentagem	1	0	0%	2	0	0%	3	4	11,8%	4	6	17,6%	5	24	70,6%
Resposta	Quantidade	Porcentagem																	
1	0	0%																	
2	0	0%																	
3	4	11,8%																	
4	6	17,6%																	
5	24	70,6%																	
6) A formação de grupos com pessoas de diferentes perfis e habilidades colaborou para o desenvolvimento do projeto.	<table><tr><th>Resposta</th><th>Quantidade</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>2,9%</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>5,9%</td></tr><tr><td>3</td><td>11</td><td>32,4%</td></tr><tr><td>4</td><td>9</td><td>26,5%</td></tr><tr><td>5</td><td>11</td><td>32,4%</td></tr></table>	Resposta	Quantidade	Porcentagem	1	1	2,9%	2	2	5,9%	3	11	32,4%	4	9	26,5%	5	11	32,4%
Resposta	Quantidade	Porcentagem																	
1	1	2,9%																	
2	2	5,9%																	
3	11	32,4%																	
4	9	26,5%																	
5	11	32,4%																	
7) O semestre ofertado no formato novo do ENPE não afetou significativamente o processo de aprendizagem no desenvolvimento do projeto.	<table><tr><th>Resposta</th><th>Quantidade</th><th>Porcentagem</th></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>2,9%</td></tr><tr><td>2</td><td>6</td><td>17,6%</td></tr><tr><td>3</td><td>9</td><td>26,5%</td></tr><tr><td>4</td><td>11</td><td>32,4%</td></tr><tr><td>5</td><td>7</td><td>20,6%</td></tr></table>	Resposta	Quantidade	Porcentagem	1	1	2,9%	2	6	17,6%	3	9	26,5%	4	11	32,4%	5	7	20,6%
Resposta	Quantidade	Porcentagem																	
1	1	2,9%																	
2	6	17,6%																	
3	9	26,5%																	
4	11	32,4%																	
5	7	20,6%																	

metodologia de ensino de ABP na disciplina de Cinética e Reatores Químicos alcançou muitos resultados positivos, mas tem muitas melhorias a serem feitas, assim como no



próprio campo das engenharias, ressaltando-se que a diversificação das metodologias na efetiva aprendizagem dos alunos é um ponto de extrema importância.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da aplicação da metodologia ABP no ensino de Cinética e Reatores Químicos pode-se concluir que a utilização de problemas motivadores aproxima os alunos de situações reais do campo da engenharia química e, notadamente, os colocam na condição de atuar ativamente em seu aprendizado. Foi possível concluir que o experimento foi bem sucedido e, de forma geral, atingiu os objetivos de aprendizagem planejados.

Analisando o resultado final do desempenho dos alunos, a totalidade dos grupos apresentou projetos coerentes, completos e que contemplaram os principais aspectos esperados do ensino de reatores heterogêneos com queda de pressão: utilização e adaptação da Equação de Ergun para encontrar os balanços de massa de reatores PBR, entendimento de como a queda de pressão no leito catalítico atua sobre a reação e sua conversão, além da criação de modelos que permitem encontrar condições operacionais ótimas para a produção. De maneira geral, foi possível introduzir um assunto novo para os alunos através de problemas mais abertos e que estimulam o pensamento crítico, aprendizado colaborativo e adaptabilidade a situações reais, sem abrir mão do aprendizado técnico e ainda consolidando conceitos aprendidos anteriormente.

Além do desempenho dos grupos, destacou-se também a própria dinâmica de trabalho em equipe desenvolvida por cada um dos grupos e o estímulo ao aprendizado de forma ativa, que tende a desenvolver habilidades que vão além do conhecimento cognitivo. Destacou-se assim a formação de grupos heterogêneos com a utilização da análise de perfis do teste MBTI. Também é notável que a aplicação no formato de ensino não presencial não limitou o desenvolvimento do experimento, mas que é necessário analisar este contexto e o cronograma para que os alunos possam se dedicar da melhor maneira possível para a atividade.

Ao analisar este experimento, nota-se que a estruturação da situação-problema é de fundamental importância e pode ser melhorada e mais explorada, a fim de apresentar desafios mais motivadores para os alunos. É importante considerar também que a aplicação da ABP não é uma tarefa convencional, exigindo bastante preparação, dedicação e tempo por parte de docentes e de alunos – e que as condições de exigência do semestre de estudos a ser aplicado o método devem estar condizentes com o desafio proposto.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos alunos de graduação da Engenharia Química da UFSCar da turma 018 e ao monitor David Giovani Marini que participaram deste experimento.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANTENEDORAS DE ENSINO SUPERIOR. **Resolução N° 2, de 24 de abril de 2019**. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília: Abmes, 2019.

LACERDA, F. C. B.; DOS SANTOS, L. M. Integralidade na formação do ensino superior: metodologias ativas de aprendizagem. **Avaliação (Campinas)**, Sorocaba, v. 23, n. 3, p. 611-627, set./dez. 2018. DOI: 10.1590/s1414-40772018000300003





FOGLER, H. Scott. **Elementos de engenharia das reações químicas**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 853 p.

FRANKENTHAL, R. Entenda a escala Likert e como aplicá-la em sua pesquisa. **MindMiners**, [S. l.], 24 maio 2017. Disponível em: <https://mindminers.com/blog/entenda-o-que-e-escala-likert/>. Acesso em: 27 mar. 2021.

RIBEIRO, L. R. C. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)**: uma experiência no ensino superior. São Carlos: Edufscar, 2008. 151 p.

SILVA, D. O Guia do NPS: o que a Net Promoter Score tem a dizer sobre sua empresa? **Blog de Marketing Digital de Resultados**, [S. l.], 25 abr. 2020. Disponível em: <https://resultadosdigitais.com.br/blog/o-que-e-nps/>. Acesso em: 7 dez. 2020.

16PERSONALITIES. **16Personalities**, [S. l.], c2021. Disponível em: <https://www.16personalities.com/br>. Acesso em: 7 dez. 2020.

### **APPLICATION OF PROBLEM-BASED LEARNING METHODOLOGY (ABP) IN THE TEACHING OF KINETICS AND CHEMICAL REACTORS**

**Abstract:** *Active teaching methodologies play an important role in counterpointing the teaching model based on lectures and a context in which the student is often almost an observer of the teaching-learning process. In order to place the student at the center of this learning process, active methodologies are an alternative that encourages challenging, practical and contextualized learning. Thus, this work aimed to apply the active methodology of Problem-Based Learning (PBL) in the teaching of Kinetics and Chemical Reactors, applied in a class of the Chemical Engineering course at the Federal University of São Carlos. PBL is a methodology that consists of using problem situations that simulate real professional actions in order to motivate and direct the student through a learning process based on a collaborative, contextualized and multidisciplinary work dynamics. In addition to the aspects of improving the learning process, this work finds motivation in the need to adapt to the new National Curriculum Guidelines (DCNs) of Engineering on the part of higher education courses. The new DCNs, launched in 2019, seek to bring changes in the teaching format and direct which skills are important for the current training of professionals in engineering, adapting to the new requirements of today. For the development of this work, problem situations were created that simulated real scenarios of the industry involving heterogeneous catalytic reactors with pressure drop and the formation of groups by the MBTI method was adopted. The work also proposed the assessment of learning in the process of applying PBL in the context of engineering. The course was taught in the form of non-classroom emergency teaching due to the Covid-19 pandemic. The results of the experiment proved to be positive, where the groups developed consistent results and achieved the learning objectives for the studied topic, as well as consolidated the cognitive concepts worked throughout the discipline, verified by the quite satisfactory performance in the proposed evaluations. In addition to teaching aspects, students' development in communication skills, teamwork, leadership, self-criticism and peer review was noted.*

**Keywords:** *active methodologies; PBL; formation of groups; Kinetics and Chemical Reactors*

