

APLICAÇÃO DE PjBL NA DISCIPLINA ANÁLISE INSTRUMENTAL DOS CURSOS DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA BIOQUÍMICA: ESTUDO DE CASO

Maria da Rosa Capri – mariarosa@usp.br

Escola de Engenharia de Lorena

Estrada Municipal do Campinho, S/Nº

12602-810 – Lorena – SP

Bruno Leandro Cortez de Souza – bruno@dequi.eel.usp.br

Bruno Gambarato – bruno@debiq.eel.usp.br

Graziela Zamponi - zamponi@debas.eel.usp.br

Maria Auxiliadora Motta Barreto - maribarreto@usp.br

Ângelo Capri Neto – capri@usp.br

***Resumo:** Este artigo relata um estudo de caso envolvendo alunos de graduação de cursos de Engenharia da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL-USP), submetidos aos princípios da metodologia PjBL (Project-Based Learning¹) como estratégia de ensino da disciplina Análise Instrumental, ministrada no 2º semestre de 2013. O objetivo da iniciativa foi desenvolver nos alunos a capacidade de mobilizar conhecimentos e competências em contextos específicos, no caso, acadêmico e profissional. O projeto foi coordenado por uma equipe formada por dois docentes, dois tutores e dois técnicos de laboratório. Os alunos foram organizados em seis equipes (compostas por quatro ou cinco membros), que deveriam planejar, desenvolver e testar um experimento sobre um dos tópicos da disciplina, espectrometria UV-Vis, passível de ser aplicado a outras turmas de Análise Instrumental. As atividades, realizadas e acompanhadas continuamente ao longo do semestre, permitiram mostrar aos alunos a realidade profissional de um engenheiro químico, desenvolvendo competências quanto à avaliação de conteúdo, decisão e interpretação crítica dos resultados, além de favorecer a compreensão de aspectos como custo, gerenciamento de tempo, uso de equipamentos, interferências químicas e aplicação prática dos conteúdos envolvidos no processo.*

***Palavras chaves:** Aprendizagem baseada em projeto - PjBL –, Ensino de engenharia, Análise Instrumental.*

1 INTRODUÇÃO

Entre as disciplinas que integram o ciclo profissional do curso de Engenharia Química e Engenharia Bioquímica da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL-USP), encontra-se a disciplina Análise Instrumental, cujo objetivo, de acordo com o plano de ensino, é apresentar aos alunos as bases teóricas e experimentais das técnicas

¹ Em Português, Aprendizagem Baseada em Projeto (ABP).

instrumentais (quantitativas e qualitativas) de uso mais frequente na área química, incluindo o preparo de amostras e a criteriosa avaliação dos resultados analíticos. O documento ainda prevê que, ao final da disciplina, o aluno deve ser capaz de escolher e aplicar a metodologia mais adequada à solução dos problemas analíticos em geral, assim como interpretar resultados de análises químicas. O desenvolvimento dessa competência requer conhecimentos específicos oferecidos na disciplina, que, articulados a outros conhecimentos, fornecem as condições para o futuro engenheiro realizar mudanças de processo ou liberação de produtos quando da sua atuação profissional.

A disciplina Análise Instrumental apresenta um conteúdo bastante abrangente, indo do preparo de amostras à aplicação de métodos espectroanalíticos, eletroanalíticos e cromatográficos. Esse conteúdo está organizado em tópicos, sendo reservado a cada um deles de 4 a 8 h/a, entre aulas teóricas e práticas.

Assim como ocorre de maneira geral no ensino, a forma tradicional de ministrar a disciplina – com aulas expositivas e práticas laboratoriais que seguem um rígido protocolo pré-estabelecido – surte pouco efeito e gera desinteresse por parte dos alunos, pela desvinculação com o que se pode chamar de “situações reais”. Com efeito, nesse modelo, os experimentos, escolhidos pelo professor, são uma ilustração da teoria e, como tal, apresentam solução única, inequívoca e indiscutível, confirmando plenamente os conceitos e processos estudados nas aulas teóricas. Como consequência, a realidade externa, normalmente plena de desafios e extremamente mais complexa, fica fora da prática pedagógica, o que impede o desenvolvimento de outras competências no aluno, como por exemplo, a iniciativa de buscar solução para resolver os problemas com os quais ele se depara e a criatividade para encontro de soluções não convencionais. Esse divórcio pode levar o aluno a uma falaciosa generalização: há pouca ou nenhuma relação com o que ele aprende no curso e a sua futura atuação profissional.

No caso específico Análise Instrumental, encontra-se ainda outro problema. Como já apontado em outro trabalho (SILVA; CAPRI NETO; CAPRI, 2013), os alunos não se empenham na aprendizagem do conteúdo da disciplina por conta da pouca relação que veem com a área de engenharia. Não é raro escutar comentários dos alunos como “*eu nunca vou usar isso*” ou “*eu vou ser engenheiro, não químico*”. Na raiz desses comentários está a crença de que a função de avaliar os resultados das análises químicas cabe somente ao químico, não sendo necessário que o engenheiro de processo se preocupe com essa atividade. No entanto, adotando-se essa “divisão de tarefas”, o engenheiro corre o risco de cometer erros no processo por não saber avaliar os resultados oriundos dos laboratórios.

Portanto, é fundamental aumentar o interesse dos alunos para ele perceba que as técnicas de análise são ferramentas importantes do seu trabalho, não só do ponto de vista técnico-experimental, mas também do ponto de vista do desenvolvimento de um perfil crítico e analítico que o estudo dessas técnicas proporciona e que é fundamental para a formação do engenheiro.

Os dois problemas apontados fazem emergir a necessidade de buscar estratégias de ensino da disciplina Análise Instrumental que permitam levar o aluno a resolver problemas em situações simuladas, minimamente próximas às reais, favorecendo a compreensão da importância da disciplina na sua formação de engenheiro e possivelmente a motivação para se engajar em seu estudo de maneira mais comprometida, assumindo papel ativo no seu próprio processo de aprendizagem.

A resposta a essa necessidade pode ser encontrada nas chamadas metodologias ativas, que, em seus pressupostos básicos, adotam que o aluno deve assumir papel ativo não só na aquisição do conhecimento, mas também na sua construção em situações interativas, mediado por recursos didáticos. De acordo com Bastos (2006), as Metodologias Ativas, já bastante

empregadas em outras áreas como a da saúde, são bem definidas como “processos interativos de conhecimento, análise, estudos, pesquisas e decisões individuais ou coletivas, com a finalidade de encontrar soluções para um problema.” Por sua vez, Freire (1996), anteriormente, já defendia o uso de metodologias ativas, ressaltando que na educação de adultos, o que impulsiona a aprendizagem é a superação de desafios, a resolução de problemas e a construção do conhecimento novo a partir de conhecimentos e experiências prévias dos indivíduos e, por razões como essas, optou-se por adotar uma metodologia diferenciada na prática das aulas aqui relatada.

Nessas metodologias, o professor assume o papel de facilitador da aprendizagem e de mediador dos ambientes, estimulando seus alunos a construir o conhecimento e a desenvolverem sua capacidade de observar, pensar, criar e comunicar, o que os leva a fazer suas próprias descobertas em situações de parceria (McDONALD,2010). Uma dessas metodologias, hoje adotada em várias universidades nacionais e internacionais, é o PjBL.

De feição multi- e interdisciplinar, o PjBL está alicerçado no processo de aprendizagem centrado no planejamento e execução de um projeto, para o qual não há uma única solução. O problema a ser resolvido está ligado à profissão, exigindo o desenvolvimento de competências técnicas específicas ligadas a disciplinas da grade curricular, de onde advém seu caráter multi- e interdisciplinar. Geralmente no processo, os alunos, organizados em grupo, são confrontados com uma situação-problema relativa a um saber em uso, para a qual deverão buscar a solução. No entanto, como metodologia ativa, o PjBL prevê também o desenvolvimento de competências transversais, que, ultrapassando o saber técnico (*hard skills*), dizem respeito a competências relacionadas com outras capacidades importantes, como por exemplo, a capacidade de comunicação, trabalho em equipe, liderança e criatividade, que constituem o saber estar (*soft skills*), como afirmam Carvalho e Lima (2006).

Considerando esse quadro, o objetivo geral desta prática foi a aplicação de princípios do PjBL na disciplina Análise Instrumental dos cursos de Engenharia Química e Engenharia Bioquímica, buscando desenvolver nos alunos a capacidade de mobilizar conhecimentos e competências para a resolução de problemas em contextos específicos, no caso, acadêmico e profissional, no que tange à aplicação do conhecimento, adaptação a novas situações, uso da informação, trabalho em equipe e autonomia. Para isso, propôs-se aos alunos a elaboração de um experimento sobre o tema *espectrometria UV-Vis*, a ser aplicado em outras turmas de Análise Instrumental. As condições da tarefa incluíam a limitação da faixa de absorção (regiões do espectro), por envolver restrições quanto à escolha dos experimentos e a necessidade de busca mais aprofundada por experimentos típicos e adequados. A proposta pautou-se ainda no fator exequibilidade, buscando-se a adequação ao custo e tempo de execução, além do impacto ambiental, já que o experimento envolvia o descarte de resíduos.

2 METODOLOGIA

A metodologia englobou ações que vão desde a escolha da disciplina alvo da prática, percorrendo o planejamento e programação até a implementação das atividades propostas.

2.1 Organização da equipe de coordenação

A equipe de coordenação do projeto foi formada da pelos seguintes membros: a) dois docentes responsáveis pelas disciplinas Análise Instrumental e Técnicas de Análise Química, cuja função foi coordenar o processo, ministrar as aulas e fazer a ligação entre os membros da equipe; b) dois tutores (pós-graduandos do Programa do Departamento de Engenharia Química – DEQUI - e Departamento de Bioquímica - DEBIQ), cuja função foi monitorar o

progresso do projeto, além de acompanhar a elaboração das atas e a aprendizagem de cada aluno dos grupos pelos quais eram responsáveis; c) dois técnicos de laboratório, cuja função foi dar suporte material para a realização dos experimentos. A equipe de coordenação reuniu-se antes do início do semestre para planejar as atividades, escolher o tema e definir o sistema de avaliação e datas de sua realização.

Entre os tópicos constantes do Plano de curso da disciplina Análise Instrumental, o escolhido foi *espectrometria UV-Vis* pelas razões que seguem. A espectrometria UV-Vis envolve a interação da radiação eletromagnética com a matéria, pois essa é a base teórica para maioria das técnicas analíticas abordadas na disciplina (UV-Vis, ICP OES, FGAAS, AAS, IV). Entender os princípios físicos que explicam essa interação é essencial para a compreensão do funcionamento dos equipamentos analíticos estudados e para a correta interpretação dos resultados por eles fornecidos. Além disso, do ponto de vista operacional, esse tema mostrou-se mais adequado em função do tempo disponível para a execução dos projetos, do número de equipes e equipamentos disponíveis no laboratório. Trata-se de uma técnica de análise versátil que permite a determinação de uma ampla variedade de espécies orgânicas e inorgânicas, apresenta baixo custo e os seus equipamentos são facilmente manuseáveis. Em função do baixo custo do equipamento, a maioria das instituições têm, no mínimo, um espectrofotômetro UV-Vis.

Desse modo, propôs-se aos alunos o desenvolvimento de um experimento a ser aplicado na disciplina Análise Instrumental que abordasse especificamente o seguinte tema: Espectrofotometria UV/Vis - Regiões: 470 nm, 525 nm e 625 nm (a escolher). O projeto não poderia ser o mesmo do Trabalho de Conclusão de Curso nem das atividades de Iniciação Científica dos membros dos grupos.

2.2 Perfil dos alunos e organização dos grupos

A turma da disciplina Análise Instrumental, ministrada no 2º semestre de 2013, foi composta por alunos que ingressaram na EEL-USP no período de 2004 a 2011, que já haviam concluído o ciclo básico. Todos os que haviam ingressado a partir de 2009 faziam iniciação científica - IC - ou estágio.

Os alunos organizaram-se em grupos, formados por quatro ou cinco membros, obedecendo a um critério de heterogeneidade relativamente aos cursos, já que a turma era formada de alunos oriundos de cursos diferentes (Engenharia Química, Engenharia Bioquímica e Engenharia de Materiais). Apenas um grupo foi formado apenas por alunos de Engenharia de Materiais, pois, como a disciplina Análise Instrumental não consta do currículo desse curso, eles podem solicitar matrícula em caráter especial para obter equivalência na disciplina Técnica de Análise Química.

Diferentes papéis foram atribuídos aos membros do grupo: a) Líder, responsável pelo agendamento e condução das reuniões de grupo, assumindo o papel de interlocutor nas interações com o tutor; b) Secretário, responsável por registrar e relatar em atas todas as ações desenvolvidas pela equipe durante a execução do projeto e atualizar as informações no Facebook, ferramenta escolhida por proporcionar mais facilidade para a interação entre os alunos.

2.3 Integração do PjBL à disciplina Análise Instrumental

O desenvolvimento da disciplina é regulado pelo projeto pedagógico do curso e pelas regras estabelecidas pelo plano de curso aprovado pelos colegiados competentes (COC, CG), incluindo carga horária e sistema de avaliação. Por isso, as aulas teóricas e práticas foram

ministradas tal como previsto, e o PjBL, introduzido como atividade paralela e complementar do processo ensino-aprendizagem. No entanto, cumpre ressaltar que se trata de atividades interdependentes, pois as aulas são necessárias para o desenvolvimento do PjBL e este contribui para a dinâmica das aulas no que tange a dúvidas específicas e ligação entre a teoria e a prática, essencial para que os alunos percebam a interação entre a prática acadêmica e a profissional e se motivem com isso.

As atividades do PjBL, na sua maioria, foram desenvolvidas fora da sala de aula; no entanto, reservou-se um período das aulas regulares para as atividades que necessitavam de interação entre as equipes, tutores e docentes da disciplina. O cronograma destas atividades é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Etapas de aplicação do PjBL

SEMANA	ATIVIDADES
1 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do tema do projeto e do calendário de atividades
3 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Definição das equipes e funções dos membros • Apresentação do plano de trabalho contendo o local e periodicidade das reuniões, distribuição das tarefas, meios alternativos de comunicação, entre outros.
4 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação oral e escrita do projeto contendo os seguintes itens: • Objetivo(s) específico(s), competências a serem desenvolvidas nos alunos de Análise Instrumental (aos quais o experimento será destinado), • Configuração do experimento: descrição, material necessário, indicação de custo, tempo de aplicação (número de aulas), embasamento teórico, pesquisa bibliográfica nas áreas específicas do projeto.
5 ^a até 13 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento do projeto: elaboração e testagem dos experimentos com supervisão dos tutores e técnicos de laboratório, reuniões quinzenais de acompanhamento com os tutores, entrega de atas das reuniões da equipe (com data e local das reuniões, membros presentes, sugestões apresentadas, decisões tomadas e atividades executadas), disponibilizadas Facebook.
14 ^a	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega de relatório/apresentação oral e avaliação sobre o PjBL Tempo de apresentação: 20 minutos + 15 minutos para perguntas, críticas e sugestões

2.4 Avaliação do projeto e composição na nota da disciplina

A avaliação da disciplina seguiu o disposto no Plano de Curso. Nesse documento, prevê-se que o aluno será avaliado por meio de provas escritas individuais, que corresponderão a 75% da média final (MF), e por meio de atividades em grupo (relatórios das aulas práticas e/ou trabalhos escritos e/ou apresentação de seminários), que corresponderão a 25% da MF. Será aprovado o aluno que obtiver, no mínimo, 5,0 (cinco) de MF e 70% de presença.

A equipe coordenadora decidiu que dos 25% da composição da nota, reservados para as atividades em grupo, 20% seriam destinados às atividades do PjBL.² Assim, definiram-se os valores como mostra a Figura 1.

² Os 5% restantes foram destinados à avaliação dos relatórios das aulas práticas.

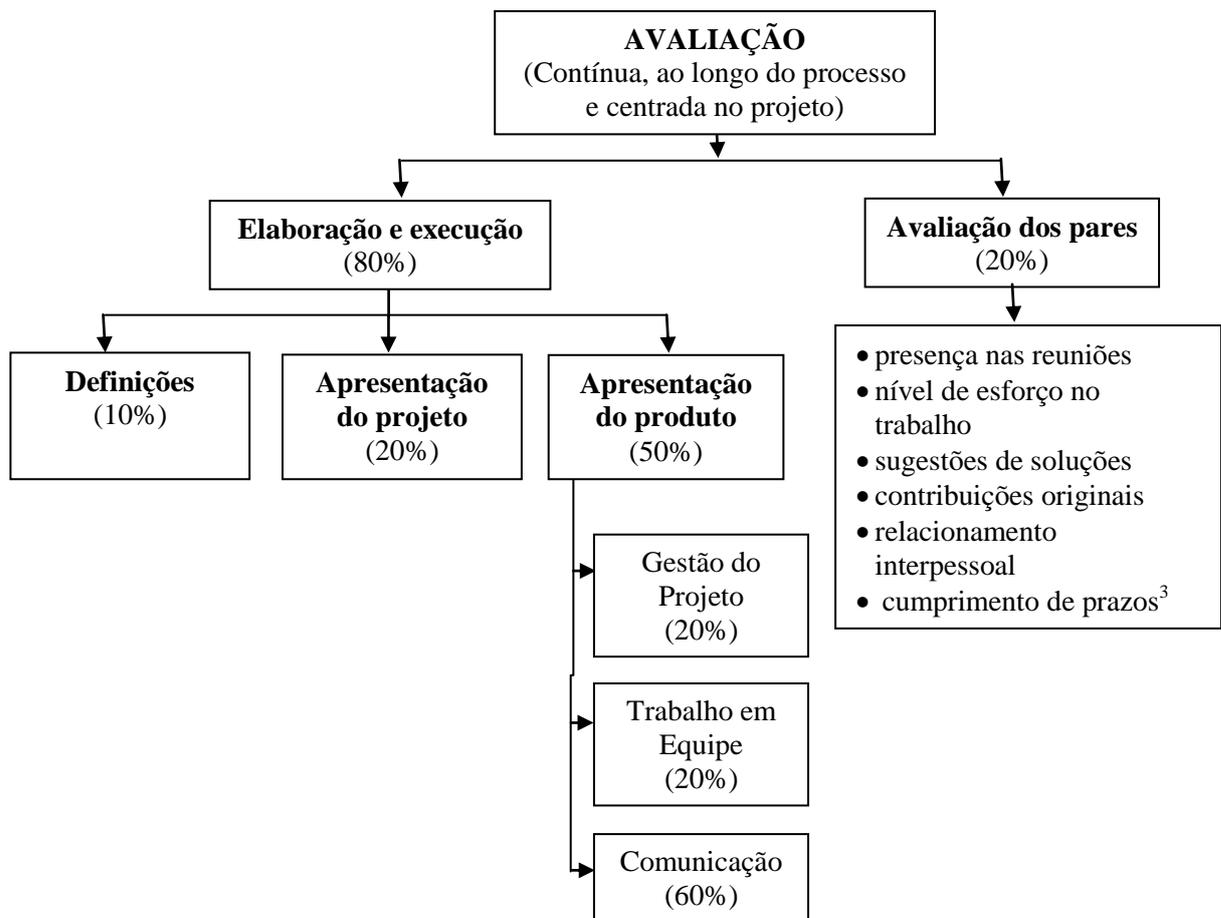


Figura 1 - Sistema de avaliação do PjBL

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desenvolvimento do projeto

O fluxograma mostrado na Figura 2 resume o caminho que as equipes seguiram para desenvolver as atividades propostas no PjBL e, na Tabela 2, a forma como cada equipe percorreu esse caminho até chegar ao produto final, ou seja, uma proposta de protocolo analítico elaborado e testado para ser aplicado nas turmas subsequentes da disciplina. Para facilitar a compreensão, o fluxograma foi dividido em regiões marcadas com cores diferentes que chamaremos de fases e que destacam momentos pedagógicos distintos para o percurso formativo dos estudantes.

³ Critérios emprestados de Fernandes (2010).

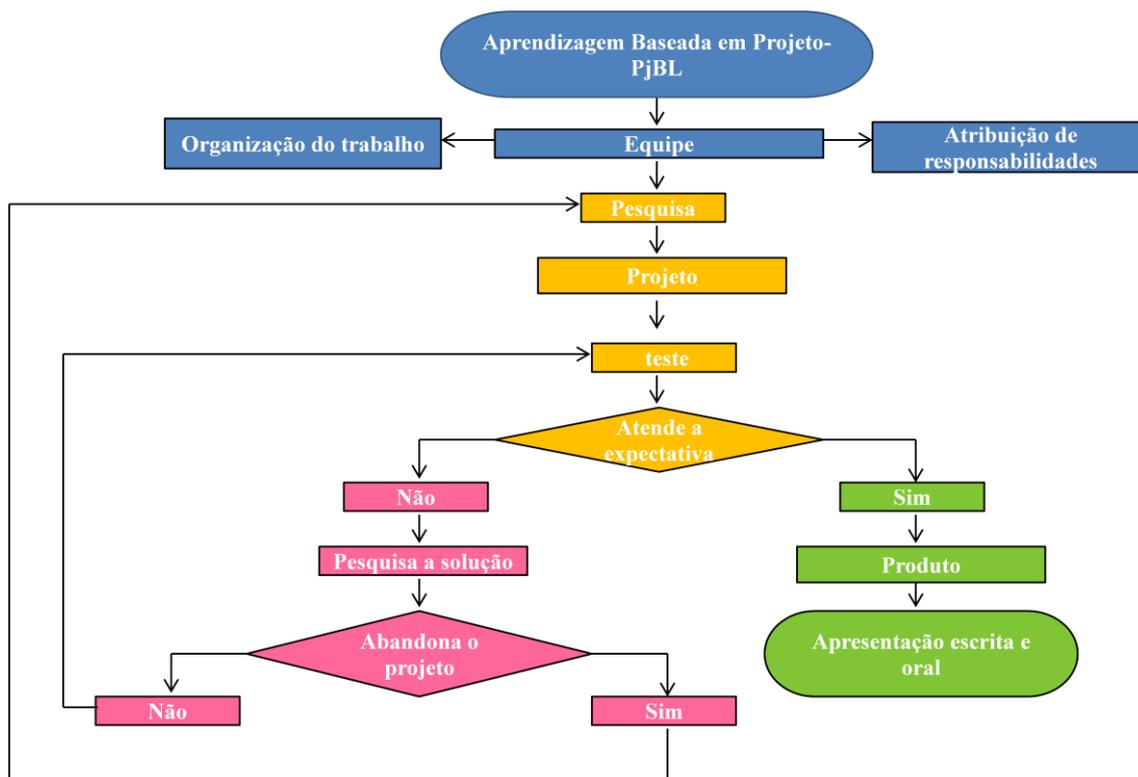


Figura 2 - Fluxograma das etapas percorridas para a execução do PjBL.

Na primeira fase (em azul) os alunos receberam as informações relativas ao projeto, com objetivos, prazos e limitações pré-definidas. Neste estágio precisaram formar as equipes, atribuir responsabilidades e organizar o fluxo de trabalho, atividades que necessitaram algumas habilidades e competências transversais à sua formação, tais como relacionamento interpessoal, gerenciamento de tempo, cumprimento de prazos, liderança, entre outras. Estas habilidades e competências são exercitadas em todas as fases do projeto e monitoradas por meio das atas das reuniões.

Na segunda fase (em amarelo) os alunos fizeram a pesquisa que levou à proposta inicial para a execução do projeto. Nessa fase, novas habilidades e competências são exercitadas, tais como a análise objetiva de um problema específico, que direcionou a pesquisa para soluções que contemplassem as limitações teóricas e experimentais definidas pelo projeto, incluindo disponibilidade de equipamentos e material no laboratório, custos e tempo de aula. Para alguns alunos, essa foi a primeira oportunidade para diferenciar a pesquisa feita em sites de busca usuais na internet (Google, Bing, etc.) da pesquisa científica, utilizando algumas ferramentas especializadas também disponíveis na internet (Web of Science, etc.) e em literatura técnica encontrada nas bibliotecas da Escola. Isso deu aos estudantes uma oportunidade excelente para analisar criticamente, verificar a procedência e a confiabilidade das informações disponíveis na Internet, um aprendizado valioso que extrapola os limites da disciplina e do seu curso.

Na terceira fase (em rosa) as equipes testaram as soluções propostas e verificaram se elas atendiam aos preceitos e limitações dos projetos. Para isso, os alunos recorreram a outros conhecimentos, alguns adquiridos em disciplinas cursadas anteriormente (tais como preparação de soluções, segurança e uso de material em laboratórios e descarte de resíduos), outros adquiridos durante as aulas da própria disciplina (tratamento de amostras, uso de

espectrofotômetro e interpretação dos resultados), além de competências transversais, tais como análise crítica de resultados e tomada de decisões.

Dependendo dos resultados dos testes, havia basicamente três caminhos a percorrer: considerar a solução satisfatória e seguir para a fase final (em verde), abandonar a solução inicial e adequá-la à proposta, corrigindo ou contornando os problemas encontrados, ou mesmo propor uma nova solução. Todas as equipes seguiram o terceiro caminho, pois detectaram vários problemas que inviabilizavam a aplicação imediata da proposta inicial, o que exigiu gerenciamento do tempo, esforço e trabalho intelectual e prático para solucioná-los, como indicados na Tabela 2.

Os resultados mostram que as equipes testaram de duas a sete versões do protocolo analítico até chegarem a um produto considerado satisfatório e que somente duas delas (1 e 6) fizeram adequações que justificassem uma alteração parcial no título original do projeto.

O fato de nenhuma das equipes ter considerado a proposta inicial satisfatória era esperado pois um dos principais objetivos do PjBL é confrontar problemas reais e buscar os meios para resolvê-los. Por outro lado, o fato de nenhuma das equipes ter simplesmente abandonado a proposta inicial demonstra maturidade e competência no desenvolvimento das etapas anteriores, evidenciando que os estudantes compreenderam os objetivos e limitações impostas pelo projeto, direcionaram corretamente a pesquisa e discutiram e selecionaram adequadamente a metodologia a ser testada.

A última fase do percurso, (em verde), refere-se à apresentação e defesa do trabalho realizado, concretizado no protocolo analítico desenvolvido. Nessa fase, as habilidades e competências relacionadas à organização e expressão oral e escrita foram particularmente estimuladas.

Tabela 2 - Propostas iniciais, produtos finais número de testes realizados.

Equipe	Número de testes	Título do projeto	Título do Produto
1	6	Determinação espectrofotométrica do corante verde rápido em amostras de gelatina	Análise qualitativa de corante azul brilhante em amostras de gelatina por meio da espectrofotometria na região UV/VIS
2	2	Determinação do teor de albumina em suplemento alimentar por espectrofotometria	Determinação do teor de albumina em suplemento alimentar por espectrofotometria
3	7	Determinação do teor de fosfato em amostras de refrigerantes	Determinação do teor de fosfato em amostras de refrigerantes
4	6	Determinação de ferro (III) em produtos farmacêuticos	Determinação de ferro (III) em produtos farmacêuticos
5	5	Determinação da quantidade de ferro na cerveja por meio da espectroscopia de absorção molecular UV-VIS (método colorimétrico da fenantrolina)	Determinação da quantidade de ferro na cerveja por meio da espectroscopia de absorção molecular UV-VIS (método colorimétrico da fenantrolina)
6	3	Determinação de Licopeno em amostras de tomate.	Determinação de Licopeno em amostras extrato de tomate.

3.2 Avaliação conduzida pela equipe coordenadora

A maioria dos alunos atendeu à proposta, cumprindo os prazos e realizando as atividades adequadamente. A Tabela 3 mostra os valores atribuídos às atividades, de acordo com os tópicos indicados na Figura 1.

Tabela 3 - Avaliação do PjBL conduzida pela equipe coordenadora

ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO				
EQUIPES	DEFINIÇÕES (10%)	APRESENTAÇÃO DO PROJETO (20%)	APRESENTAÇÃO DO TRABALHO (50%)	TOTAL
1	1,0	2,0	5,0	8,0
2	0,5	2,0	4,2	6,7
3	1,0	2,0	4,9	7,9
4	1,0	2,0	5,0	8,0
5	1,0	2,0	3,8	6,8
6	0,0	0,0	4,0	4,0

Na tabela 4 é detalhado o critério de avaliação referente à apresentação do trabalho, de acordo com os itens indicados na Figura 1.

Tabela 4 - Critérios de avaliação da apresentação do trabalho e resultados por equipe

Itens	Critérios	Peso	Equipes					
			1	2	3	4	5	6
Gestão do Projeto (20%)	Capacidade de pesquisa	5	5	3	5	5	5	4
	Capacidade de decisão	5	5	3	5	5	4	4
	Capacidade de organização	5	5	5	5	5	5	4
	Gestão do tempo	5	5	5	5	5	4	4
Trabalho em Equipe (20%)	Autonomia / Iniciativa	5	5	5	5	5	4	5
	Liderança	5	5	5	5	5	5	5
	Resolução de problemas	5	5	4	5	5	4	3
	Relacionamento Interpessoal	5	5	5	5	5	5	5
Comunicação (60%)	Comunicação Escrita	30	30	24	30	30	24	21
	Comunicação Oral	25	25	20	23	25	15	20
	Tempo de apresentação	5	5	5	5	5	0	5
TOTAL		100	100	84	98	100	75	80

3.3 Avaliação conduzida pelos pares

A avaliação foi feita pelos colegas da equipe com base nos seguintes critérios: presença às reuniões, nível de esforço no trabalho, sugestões de soluções, contribuições originais, relacionamento interpessoal e cumprimento de prazos.

Os resultados dessa avaliação das 6 equipes foram muito semelhantes. Na Figura 3 estão apresentados os resultados (em %) da avaliação da equipe 1, formada por 4 membros, representados pelos números de 1 a 4. Cada coluna representa a média das notas dada por 3 membros, já que o aluno não se avalia.

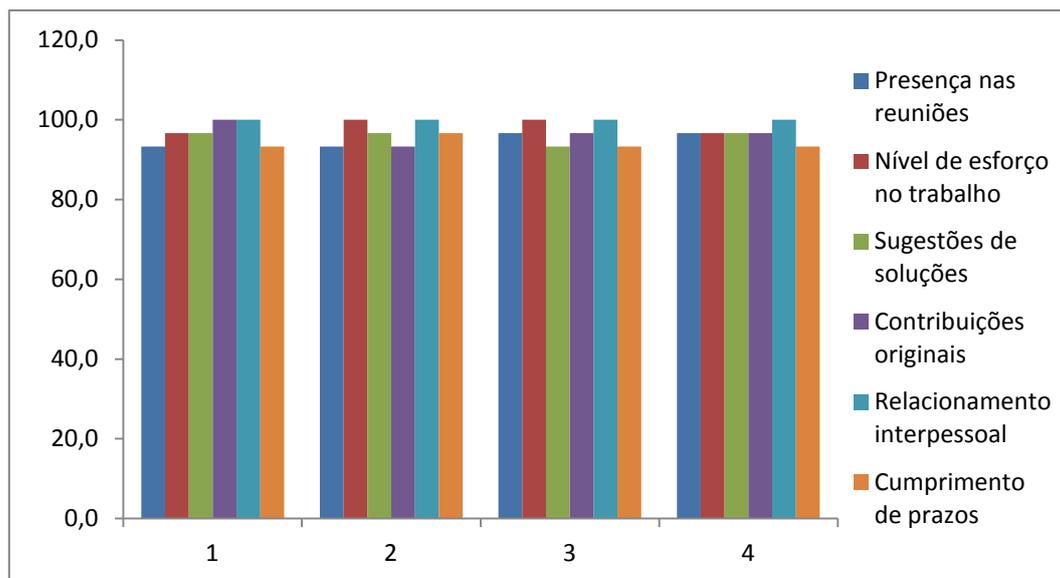


Figura 3 - Resultado, em %, da avaliação feita pelos pares da equipe 1.

3.4 Percepção dos alunos e/ou equipes sobre a aplicação do PjBL

Ao fazer a avaliação da experiência os alunos usaram expressões como *foi válido, permitiu aplicação da teoria na prática, trabalho em equipe, participação e comprometimento de todos, ampliação de pesquisas, administração do tempo de forma mais eficaz*. Ressaltamos uma avaliação que corrobora tais colocações:

Este trabalho foi válido visto que podemos obter um aprendizado a partir de um problema, algo muito diferente do tradicional ensino feito com aulas expositivas. Durante o curso do TCD [Trabalho de Conclusão de Disciplina, como os alunos tratavam a proposta do PjBL] resolvemos uma grande variedade de problemas, em vários aspectos: técnicos, pessoais, práticos etc. A busca pela solução dos conflitos e harmonia entre os membros do grupo criou um aprendizado rico e amplo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência com a adaptação dos princípios do PjBL na disciplina Análise Instrumental foi bastante produtiva. As atividades, realizadas e acompanhadas continuamente ao longo do semestre, permitiram mostrar aos alunos aspectos práticos da profissão de um engenheiro químico, proporcionando o desenvolvimento competências quanto à avaliação de conteúdo,

decisão e interpretação crítica dos resultados, além de favorecer a compreensão de aspectos como custo, gerenciamento de tempo, uso de equipamentos, interferências químicas e aplicação direta dos conteúdos envolvidos no processo.

Todas as equipes chegaram ao fim do processo e obtiveram um produto adequado e foram bem avaliadas, tanto pela equipe coordenadora quanto pelos pares. A análise das atas das reuniões mostra que, de forma geral, os estudantes aceitaram e atenderam a proposta e avaliaram de forma positiva a contribuição para a sua formação.

Agradecimentos

Ao Departamento de Engenharia Química – DEQUI da EEL-USP.

À CAPES pela bolsa concedida ao aluno Bruno Gambarato (Bolsa do PAE - Programa de Aperfeiçoamento de Ensino)

5 REFERÊNCIAS

BASTOS, C. C. **Metodologias ativas**. 2006. Disponível em: <<http://educacaoemedicina.blogspot.com.br/2006/02/metodologias-ativas.html>>. Acesso em: 30mai.2014.

CARVALHO, José Dinis A.; LIMA, Rui M.. Organização de um processo de aprendizagem baseado. In: COBENGE 2006, 34., 2006, Passo Fundo. **Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. p. 1475 - 1488. Disponível em: <[http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/ensino/Artigo COBENGE 2006.pdf](http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/ensino/Artigo%20COBENGE%202006.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2014.

FERNANDES, Sandra Raquel Gonçalves. **Aprendizagem baseada em Projectos no Contexto do Ensino Superior**: Avaliação de um dispositivo pedagógico no Ensino de Engenharia. 2010. Tese (Doutorado) - Curso de Educação, Universidade do Minho, Braga, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1822/12234>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

McDONALD, B. **Improving Teaching and Learning Through Assessment**: a Problem-Based Learning Approach. Common Ground Publishing, Sidney, 2010

SILVA, Mateus Vinícius Casagrande da; CAPRI NETO, Angelo; CAPRI, Maria da Rosa. Processos de adsorção em biomassa como ferramenta para ensino de análise instrumental em cursos de engenharia. In: **COBENGE**, 41., 2013. Gramado: Abenge, 2013. p. 1 - 12. Disponível em: <http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/117996_1.pdf>. Acesso em: 25 maio 2014.

IMPLEMENTING PROJECT-BASED LEARNING APPROACH IN INSTRUMENTAL ANALYSIS – AN ACADEMIC DISCIPLINE ENGINEERING COURSE: A CASE STUDY

***Abstract:** This paper presents a case study of engineering students of Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo (EEL-USP), Brasil. PjBL principles were implemented as teaching strategy of Instrumental Analysis, a chemical and biochemical engineering course discipline in second semester/2013. The study aims develop in students the ability to mobilize knowledge and skills in specific contexts, in others words, in academic and professional contexts. The students were organized in six different groups (four or five members) and were accompanied by two professors, two tutors and two laboratory technicians. They should plan, develop and test an experiment on one of the topics of discipline, UV-Vis spectrometry. Data showed future engineers the reality of a professional chemical engineer, developing skills related to the evaluation of content, making critical interpretation of results, and understanding of aspects such as cost, time management, use of equipment, chemical interferences and practical application content involved.*

***Keywords:** Project-Based Learning – PjBL –, Engineering Education, Instrumental Analysis.*