

# APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (PBL) NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Luis Roberto de Camargo Ribeiro<sup>a</sup>

## RESUMO

Este artigo traz uma introdução à aprendizagem baseada em problemas, ou PBL (*Problem-Based Learning*), como é mundialmente conhecida. Apresenta, de forma sucinta, sua definição, fundamentação, elementos principais, formatos, processo, vantagens, desvantagens e resultados de pesquisa. PBL é uma abordagem instrucional que utiliza um problema da vida real para focar, motivar e facilitar a aprendizagem de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais relevantes à futura atuação do aluno como profissional e cidadão. Este artigo também apresenta e discute uma implantação parcial do PBL (i.e., em componentes de currículos convencionais) no ensino de engenharia. Mostra que, apesar de não ser panaceia para todos os males do ensino superior, o PBL pode satisfatoriamente responder a questões educacionais consideradas intratáveis, tais como a interdisciplinaridade, a integração entre a teoria e a prática e aproximação dos mundos da escola e do trabalho, mesmo em implantações não curriculares desta metodologia.

*Palavras-chave:* PBL. Aprendizagem baseada em problemas. Ensino superior. Ensino de engenharia.

## ABSTRACT

This paper presents an introduction to Problem-Based Learning or PBL, as it is known worldwide. It offers, briefly, its definition, underpinnings, main elements, formats, processes, advantages, disadvantages and research results. PBL is an instructional approach that uses problems to focus, motivate and facilitate the learning of conceptual, procedural and attitudinal knowledge relevant to students' future experience as professionals and citizens. This work also presents and discusses a partial implementation of PBL (i.e., in courses in otherwise conventional curricula) in engineering education. It shows that, in spite of not being a panacea for all ills of higher education, PBL may satisfactorily address some issues deemed as intractable, such as attaining interdisciplinarity and integration between theory and practice, and bridging the gap between the academic and the marketplace worlds, even in non-curricular use of this methodology.

*Key words:* PBL. Problem-based learning. Higher education. Engineering education.

---

<sup>a</sup> Doutor, UAB-UFSCar, Via Washington Luiz, Km 235, São Carlos, SP. Fone: 3351-8420. Email: luisrcr@itelefonica.com.br

## INTRODUÇÃO

Antes de introduzir ao leitor o PBL (*Problem-Based Learning*) ou aprendizagem baseada em problemas (ABP), faz-se necessário expor o que ele não é. O PBL não é um processo de resolução de problemas teóricos ou experimentais por meio da aplicação de teoria; não se resume a uma atividade de pesquisa bibliográfica nem é, apesar de compartilhar algumas características, o método de estudo de casos, comum no ensino de direito.

O PBL tampouco é um mero conjunto de técnicas de solução de problemas; apesar de importantes, esta metodologia não pode ser reduzida a elas. Ao contrário, o PBL é uma metodologia de ensino e aprendizagem que utiliza problemas – coerentes para com a futura atuação dos alunos como profissionais e cidadãos – para iniciar, enfocar e motivar a aprendizagem dos conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais objetivados.

Sobretudo, o PBL não deveria ser visto como uma receita pronta a ser implantada indiscriminadamente; é uma metodologia específica de contexto. Também não é oposta ao ensino tradicional (i.e., ensino por meio de aulas expositivas). Se em alguns momentos deste artigo as duas metodologias são comparadas, isso é feito somente com o propósito de facilitar seu entendimento. Não existe uma única forma de ensinar, mas metodologias mais adequadas de acordo com objetivos estabelecidos e os contextos educacionais (i.e., área de conhecimento, instituição, recursos humanos e materiais, alunos, etc.).

Finalmente, o PBL não é panaceia para todos os males que acometem a educação em engenharia ou o ensino superior em geral. A educação, em qualquer nível e em qualquer área do conhecimento, é um processo por demasiado complexo e multifacetado para ser inteiramente abarcado por quaisquer metodologias de ensino-aprendizagem.

No entanto, apesar do que foi exposto, este artigo tenta mostrar que o PBL pode oferecer respostas satisfatórias a problemas intratáveis da formação profissional, tais como a alienação dos alunos no chamado “ciclo básico”, a ausência de integração entre a teoria e a prática e a dificuldade em promover conhecimentos além dos técnico-científicos no contexto curricular quer dizer, sem a necessidade de conceber e acrescentar componentes curriculares especialmente para este fim.

Essa é uma característica importante na medida em que pesquisas sobre perfis profissionais indicam claramente a necessidade de as escolas de engenharia promoverem habilidades (e.g., trabalho em grupo, comunicação oral e escrita e resolução de problemas) e atitudes (e.g., ética, responsabilidade profissional e social, adaptabilidade e disposição para a aprendizagem contínua e autônoma), além de garantirem uma base conceitual sólida aos alunos, sem sobrecarregar ou estender seus currículos.

## ORIGEM E FUNDAMENTAÇÃO

O PBL, i.e., a aprendizagem decorrente do enfrentamento de problemas, é tão antigo quanto a própria civilização. O ditado “a necessidade é a mãe da invenção” poderia ser um de seus corolários. Apesar de sua história relativamente recente, seus princípios podem ser encontrados nas teorias e estudos de educadores e pesquisadores, tais como Dewey, Bruner, Auzubel, Rogers, Paulo Freire, entre outros.

A primeira sistematização do PBL aconteceu na Universidade McMaster, Canadá, em meados da década de 1960. Sua concepção partiu da constatação por parte de seus administradores e docentes de que os egressos de sua escola de medicina deixavam o curso com capacidade insuficiente para a aplicação dos conteúdos conceituais ensinados na obtenção de um diagnóstico e poucas habilidades e atitudes profissionais desejáveis à prática.

O PBL fundamenta-se em princípios educacionais e em resultados da pesquisa em ciência cognitiva, os quais mostram que a aprendizagem não é um processo de recepção passiva e acumulação de informações, mas de construção de conhecimentos. Para que informações se tornem conhecimento é preciso ativar conceitos e estruturas cognitivas existentes a respeito do assunto, permitir aos alunos que as elaborem e as ressignifiquem.

A literatura também indica que a aprendizagem é aprimorada pela interação social e é facilitada quando os alunos são expostos a situações da vida real. Ademais, sabe-se que a capacidade metacognitiva (O que devo fazer? Como farei? Funcionou?) favorece processos de aprendizagem eficazes, autorregulados e contínuos. Estes dois aspectos podem ainda aumentar a motivação epistêmica, alimentando um círculo virtuoso, ou seja, motivando os alunos a quererem conhecer mais o mundo em que vivem.

## FORMATOS E ELEMENTOS

Desde sua sistematização na escola de medicina da Universidade McMaster o PBL tem sido adaptado a muitos contextos educacionais e ao ensino de diversas áreas do conhecimento. Hoje é possível encontrar implantações do PBL em áreas tão distintas quanto a história, a pedagogia e a arquitetura. Seu uso no ensino de engenharia acontece há muito tempo e está bem documentado na literatura, onde às vezes é chamado de “aprendizagem baseada em projetos” (*vide* sugestões de leitura ao final do texto).

Essa transposição para outros contextos de ensino-aprendizagem resultou em formatos e abordagens alternativas ao modelo McMaster original (Fig. 1). Neste, uma sequência de problemas forma a espinha dorsal do currículo e os conhecimentos necessários para sua solução são, em grande parte, buscados pelos próprios alunos, que trabalham em grupos (8 a 12 indivíduos) facilitados por um tutor. A complexidade e interdisciplinaridade dos problemas aumentam, de modo que os trabalhados pelos alunos no último ano de formação espelham as situações da prática que enfrentarão em seus primeiros anos de carreira.

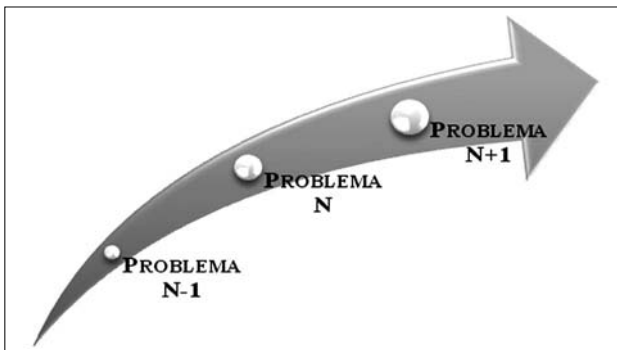


Figura 1 - Currículo PBL original

O modelo PBL original sofreu algumas modificações para o uso em arquitetura e engenharia pelo fato de as soluções objetivadas no ensino dessas áreas não se reduzirem à obtenção de um diagnóstico e à escolha de um entre vários tratamentos. Ao contrário, na engenharia o processo de resolução do problema é mais complexo, frequentemente resulta em mais de uma solução e implica a confecção de um artefato concreto (e.g., projeto, maquete, protótipo, modelo etc.). Esse processo requer mais tempo e implica conhecimentos conceituais e procedimentais mais difíceis de serem desenvolvidos, autonomamente

em um tempo compatível com o período exíguo de formação dos alunos.

Nessa área do conhecimento comumente emprega-se o modelo PBL híbrido, quer dizer, o currículo tem um componente curricular central no qual problemas/projetos são trabalhados por grupos de alunos facilitados por tutores. Este núcleo de problemas é informado por componentes curriculares (i.e., módulos, matérias e laboratórios), que lhe dão suporte (Fig. 2), cabendo aos docentes responsáveis por estes componentes a escolha da melhor metodologia para ensinar seus conteúdos (i.e., por meio de aulas expositivas, seminários, visitas externas, etc.). A duração desses componentes varia, podendo se estender por um bimestre, um semestre ou todo o ano letivo, desde que os conteúdos trabalhados em dado momento sejam relevantes ao problema em questão. Uma vantagem deste modelo está na possibilidade de os recursos humanos e materiais serem previamente alocados a partir da demanda de conhecimentos prevista para os problemas. No entanto, a constante mudança de abordagens, da aprendizagem passiva à ativa e vice-versa, pode ser fonte de estresse para os alunos.

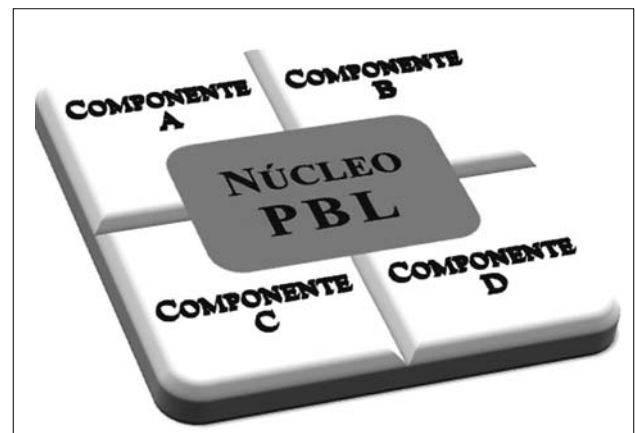


Figura 2 - Recorte transversal de um currículo PBL híbrido

O PBL também tem sido implantado como um modelo parcial, ou seja, num componente (ou mais) dentro de um currículo convencional (Fig. 3). Neste caso, um conjunto de problemas é utilizado para introduzir, estruturar e aprofundar os conteúdos deste componente. Os conteúdos dos demais componentes (A, B, C e D) são trabalhados separadamente, empregando-se metodologias convencionais e desvinculados dos problemas apresentados no componente PBL. A principal limitação deste modelo está na proba-

bilidade de que os vários componentes venham a competir pela atenção e esforços dos alunos, especialmente em razão de seus diferentes ritmos de ensino e sistemáticas de avaliação de desempenho discente. Ademais, a capacidade integrativa do PBL pode ficar comprometida com respeito aos conteúdos trabalhados nos demais componentes do currículo.

Há ainda um formato do PBL conhecido como *post-holing*, no qual problemas são utilizados dentro de um componente curricular trabalhado convencionalmente (*e.g.*, aulas expositivas) quando o professor deseja aprofundar um determinado assunto ou integrar os conceitos vistos até então. Em tempo: há muita controvérsia na literatura sobre a propriedade de serem classificados como PBL os formatos diferentes do modelo original. Não obstante, este trabalho assim o faz, concordando com vários relatos de experiências encontrados em livros específicos, periódicos e anais de congressos sobre educação e sobre a própria metodologia.



Figura 3 - Recorte transversal de um currículo em uma implantação parcial do PBL

É desnecessário dizer que os ganhos atribuídos a esta metodologia podem decrescer ou ser invalidados à medida que o modelo implantado se afasta do formato original (McMaster). De qualquer maneira, para ser considerado PBL um formato deve contemplar alguns elementos principais, a saber:

- a) nele um problema da vida real sempre precede a discussão da teoria;
- b) demanda um processo formal de solução de problemas;
- c) a resolução do problema envolve o trabalho dos alunos em grupo;
- d) implica o estudo auto-regulado e autônomo dos alunos;

- e) idealmente favorece a integração de conhecimentos.

## PROCESSO

Os fundamentos e elementos principais do PBL podem ser mais bem entendidos por meio de seu ciclo (Fig. 4). O processo PBL consiste de uma seqüência de ciclos de trabalho com problemas. Um ciclo inicia-se com a apresentação de um problema, o qual é analisado e definido pelos alunos em grupos (Passo I). Delegar a definição do problema aos alunos é relevante na medida em que se sabe que muitos profissionais não sabem solucionar problemas porque não conseguem defini-los. Após a identificação do problema, os alunos, facilitados pelo tutor, discutem-no livremente e levantam hipóteses a respeito de suas causas (Passo II).

No Passo III os alunos avaliam a propriedade das hipóteses arroladas, confrontando-as com os dados encontrados nos problemas, e tentam solucioná-lo com seus conhecimentos prévios. Este passo também é uma oportunidade para que os alunos tragam à luz seus conceitos deficientes e equivocados sobre o assunto em questão, que podem ser subsequentemente retificados pelos tutores.

Uma vez que não obtêm sucesso na solução do problema com os conhecimentos de que dispõem, os alunos levantam os pontos ou questões de aprendizagem (conceitos, teorias, etc.) necessárias para solucioná-lo (Passo IV) e planejam o trabalho do grupo (Quais pontos serão priorizados? Quem irá pesquisá-los? Quais fontes serão utilizadas? Quando, como e onde as novas informações serão compartilhadas?) (Passo V).

De acordo com seu plano de trabalho coletivo, os alunos buscam os conceitos e informações de forma autônoma (Passo VI) e compartilham-nas em encontros não tutorados (Passo VII), aplicando os conhecimentos desenvolvidos na resolução do problema tantas vezes quanto forem necessárias, até atingirem uma solução que o grupo considere satisfatória (Passo VIII).

A fase final do ciclo de solução do problema implica a produção de algo concreto (relatório, projeto, planta, maquete, vídeo, pôster, etc.), que é apresentado para o tutor, examinadores e outros grupos durante as sessões tutoriais (Passo IX). Fechando o ciclo, os alunos também avaliam o processo, seu produto, o trabalho em grupo, seu próprio desempenho e o dos demais integrantes

do grupo (Passo X). A avaliação de pares e a auto-avaliação são essenciais para o desenvolvimento da capacidade metacognitiva e a promoção da aprendizagem contínua e independente.

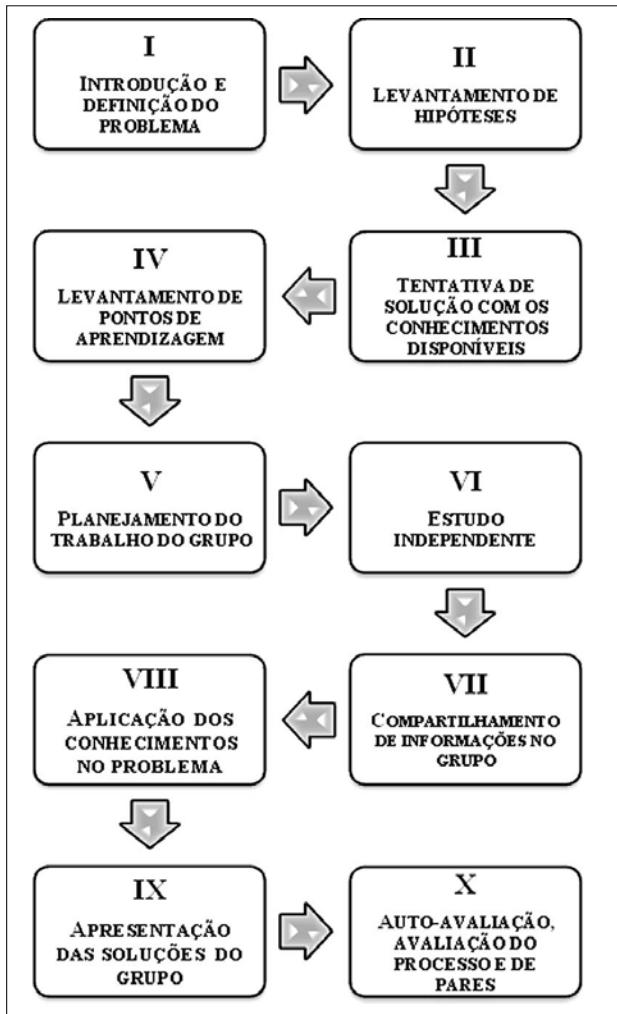


Figura 4 - Ciclo de trabalho com um problema no PBL

A Figura 4 mostra um *ciclo PBL simples*, o qual pode ser modificado para atender aos objetivos do tutor ou do currículo. Existem duas outras abordagens a este ciclo. Primeiramente, o *ciclo PBL* reiterativo compreende um ou mais *loops* (repetições dos passos IV a VIII), de modo a atingir a profundidade esperada sobre o assunto em consideração. Já, no ciclo PBL com detalhamento progressivo, o tutor disponibiliza mais informações sobre o problema antes do Passo VIII, o que demanda que os alunos reanalisem o mesmo à luz desses novos dados, eliminando ou reformulando hipóteses (Passos II a VII). Esta abordagem do ciclo PBL é bastante utilizada quando se

deseja enfatizar um conteúdo específico, mas não se deseja fazê-lo desde o princípio para não comprometer o desenvolvimento da visão holística e múltipla sobre a situação-problema ou do pensamento lateral dos alunos.

## PROBLEMA

Nunca é demais enfatizar a importância do problema no PBL, que é o amálgama do currículo ou do componente curricular que emprega essa metodologia; assim, o meio principal para o alcance de seus objetivos. É também um indicador importante da relevância de determinados conteúdos para a formação profissional do engenheiro. Na medida em que é mais fácil substituir um problema do que retirar ou atualizar um componente curricular, os problemas apresentam-se como um instrumento eficaz de resposta à rápida obsolescência de conhecimentos, especialmente dos de natureza técnico-científica.

Define-se um problema PBL como a melhor forma de se fazer algo (um projeto de engenharia, um tratamento médico, uma obra de arte, uma composição musical, etc.), cujo caminho é desconhecido (e.g., Fig. 5). Os contornos do problema no PBL são dados tanto pelas especificações nele contidas quanto pelas limitações do contexto educacional (e.g., tempo, recursos materiais e humanos).

Um problema PBL pode ser um desafio acadêmico, ou seja, estruturado de forma a integrar um dado recorte do conteúdo disciplinar, ou um cenário, isto é, um problema real, porém simulado, da prática profissional com o intuito de integrar conhecimentos intra e interdisciplinares. Há ainda a possibilidade do uso de problemas da vida real, o que pode ser uma maneira eficaz de aproximar a academia da comunidade, isto é, as funções ensino e extensão das universidades.

Um produtor dinamarquês de facas tem um problema com relação à montagem de cabos de plástico. Eles colocam as lâminas manualmente no molde e moldam, por injeção, os cabos em volta delas. Isto se constitui um problema porque um operário tem que ficar junto à máquina durante a produção e porque, de forma a moldar o mesmo cabo em diferentes tipos de lâmina, um número grande de peças intercambiáveis (caras e frágeis) tem de ser utilizado para facilitar o processo. A empresa gostaria de ter um método mais barato de produzir os cabos.

Powell P. From classical to project-led education. In Ponzada AS (Ed), *Project-based learning: project-led education and group learning*. Guimarães: Ed Un do Minho, 2000, 11-40.

Figura 5 - Um exemplo de problema PBL no ensino de engenharia

Como mostra a Figura 5, o problema PBL é necessariamente de fim aberto, quer dizer, não comporta uma única resposta correta. Um problema PBL ideal deve ser real ou potencialmente real (i.e., relevante à futura atuação do aluno em formação profissional). Deve ser típico (i.e., comumente encontrado na prática profissional) ou prototípico (i.e., quando incomum, servir como um bom modelo de estudo). O problema deve ser capaz de promover a transferência de conceitos, habilidades e atitudes para situações correlatas e integrar conhecimentos intra ou interdisciplinares.

Talvez a característica mais importante de um problema PBL seja sua fraca estruturação (i.e., a ausência proposital de algumas informações), que permite o surgimento de um emaranhado de questões e subquestões, como comumente ocorre nas situações da prática profissional real. A (sub)estruturação do problema é o meio mais eficaz de alargar (ou estreitar) o escopo de um estudo e, conseqüentemente, a multiplicidade de soluções e conceitos que podem ser abordados.

## DESVANTAGENS

Reiterando o que foi colocado na introdução deste artigo, o PBL não é uma metodologia que resolve todos os problemas encontrados na educação em engenharia ou no ensino superior. Tampouco contempla todos os estilos de aprendizagem. Alunos individualistas, competitivos e introvertidos podem não se adaptar à natureza participativa e colaborativa da aprendizagem com esta metodologia. Porém, é preciso atentar para o fato de que, ao menos na formação de engenheiros, as habilidades e atitudes promovidas pelo PBL (e.g., comunicação oral e escrita, trabalho em grupo, respeito por opiniões de outrem e colaboração) são necessárias a todos os profissionais, independentemente de suas personalidades.

Nessa direção, a mudança para uma forma de aprendizagem ativa pode causar ressentimento em alunos escolarizados em ambientes educacionais tradicionais e provocar resistência naqueles que são vencedores nos mesmos (i.e., os “bons” alunos). Por outro lado, a literatura indica certa imprecisão no conhecimento de teorias de alunos PBL. Na verdade, como não aprenderam pela memorização de conceitos, os alunos podem ter entendimento funcional destes sem conseguir nomeá-los.

No entanto, a maior “desvantagem” para o aluno é o aumento do tempo de dedicação ao estudo, particularmente sentido nas implantações parciais do PBL. Embora a questão do aumento de tempo não seja conclusiva, pois depende fortemente do contexto da implantação, esta metodologia aparenta não só demandar mais tempo como o faz de uma forma constante durante a duração do semestre ou módulo, diferentemente do que ocorre em modelos tradicionais de estudo, nos quais há momentos de concentração de esforços discentes (e.g., meio e final de semestre/ano).

A demanda aumentada de dedicação também é um fator complicador para docentes, que acabam tendo menos tempo para dedicar a atividades academicamente mais valorizadas (e.g., pesquisa). Isso é especialmente relevante no ensino de áreas de conhecimento com maior valor de mercado, como é o caso da engenharia, e em instituições que desenvolvem pesquisa. Nestas instituições os docentes-pesquisadores comumente “rotinizam” o ensino para que possam ter mais tempo para suas pesquisas. A natureza processual e dinâmica do PBL e o fato de ser difícil fechar o planejamento com antecedência podem levar os docentes a vê-lo como um empecilho.

Outro fator de frustração para alguns docentes é a impossibilidade de cobrirem por meio de problemas todos os conteúdos estipulados para o currículo. Isso se deve ao fato de o PBL ser uma metodologia centrada no aluno e, portanto, cabem a eles também os rumos do estudo, que podem divergir daqueles previamente planejados pelos tutores. Ademais, o aprofundamento nos assuntos compromete o tempo que poderia ser utilizado para abranger mais conteúdos.

A questão da abrangência *versus* profundidade é comum em todas as metodologias de ensino e parece ser mais bem equacionada em métodos expositivos, nos quais os alunos são silenciados para que uma quantidade maior de conteúdos possa ser transmitida, assumindo-se que toda transmissão de informações resulta necessariamente em aprendizagem, o que não é sempre verdadeiro.

O PBL também parece causar algum desconforto psíquico nos professores na medida em que testa sua flexibilidade e seus conhecimentos. Pelo fato de os problemas serem de fim aberto, dúvidas além da área de especialidade do tutor podem ser levantadas pelos alunos, especialmente nos últimos anos. O desconforto advindo da necessidade de reconhecer o desconhecimento

de conceitos ou de ter de direcionar os alunos a outros docentes pode causar resistência ao PBL por parte de professores, porque se sabe que o domínio conceitual é um dos pilares de sua identidade profissional.

Alguns docentes ainda se queixam de que o trabalho em grupo dificulta a avaliação individual dos alunos. Embora esteja além deste artigo discutir a validade e a propriedade de avaliações tradicionais, tidas como objetivas, é preciso indicar que a sistemática de avaliação de rendimento discente no PBL deve ser obrigatoriamente coerente com seus princípios. Se isso não acontecer, há o risco de mensagens conflitantes com relação aos objetivos educacionais serem passadas aos alunos. Sabe-se que os alunos organizam seu tempo e esforços de maneira a atingir seus objetivos pessoais (i.e., “passar” na matéria, conseguir o diploma). Se lhes for dito que a avaliação será sempre individual, isso poderá esvaziar o sentido do trabalho em grupo.

Há muitas formas de se avaliar o desempenho individual dos alunos que trabalham em grupos: por meio de portfólios, arguições, relatos reflexivos e alternância entre a produção coletiva e individual a partir de uma mesma discussão em grupo. De qualquer forma, é necessário enfatizar que a avaliação de rendimento discente deve ser processual, ser levada a cabo mediante vários instrumentos (e.g., arguições individuais, portfólios, autoavaliação, avaliação de pares, avaliação de tutores e de profissionais atuantes convidados pela instituição) e ser, em grande parte, formativa, isto é, permitir o desenvolvimento dos alunos e dar *feedback* aos tutores e ao programa.

## VANTAGENS

A vantagem do PBL mais citada na literatura é, certamente, sua capacidade de tornar a aprendizagem mais dinâmica e prazerosa, compartilhada tanto por alunos como por docentes. Isso por si só pode contribuir muito para instilar nos alunos um apreço pelo estudo e, consequentemente, a disposição para a aprendizagem autônoma por toda a vida. Ademais, o PBL aparenta conferir aos alunos uma maior motivação para o trabalho para o qual estão sendo preparados desde os primeiros anos de formação.

O PBL também fomenta um ambiente de aprendizagem onde há mais camaradagem. Estimula o estabelecimento de parcerias entre os alunos e entre estes e os docentes e o desenvolvimento de habilidades comunicativas e sociais.

Isso se dá principalmente em razão do trabalho em grupo, durante o qual os alunos aprendem a respeitar opiniões diversas e a construir consensos. Há um desenvolvimento da responsabilidade dos alunos com relação ao cumprimento de planos e prazos, ou seja, da capacidade de estudo e trabalho autorregulado.

Uma das vantagens frequentemente citadas com relação à instituição e docentes é que o PBL permite a identificação precoce dos alunos que não foram talhados para a profissão em questão, para que possam ser ter seus estudos e carreiras redirecionadas. Por outro lado, a natureza prática, a colaboração e a camaradagem inerentes a esta metodologia acabam por diminuir bastante a evasão de alunos, especialmente quando comparada àquela devida à alienação causada pelo chamado “ciclo básico” dos currículos tradicionais.

A integração de conhecimentos presente no PBL e sua dinâmica de trabalho com problemas da prática (simulados ou reais) promovem o sentimento de grupo entre docentes, estimulando a troca de informações e experiências entre eles e entre departamentos. Outra vantagem, citada anteriormente, para a instituição e o programa é a facilidade com que os currículos podem ser atualizados, mediante a modificação ou substituição de problemas e conhecimentos (conceituais, procedimentais e atitudinais) avaliados como inteira ou parcialmente irrelevantes à prática profissional pelos alunos, corpo docente e ordenação.

## PESQUISA SOBRE O PBL

O PBL, ao contrário de muitas metodologias, tem sido objeto de cuidadoso escrutínio desde sua primeira implantação na Universidade McMaster, talvez pelo fato de ter sido concebida para o ensino de uma área do conhecimento valorizada social e economicamente (medicina). A pesquisa sobre o PBL, tão antiga quanto a própria metodologia, já foi sintetizada algumas vezes (*vide* sugestões de leitura ao final deste texto).

A pesquisa sobre o PBL mostra uma indubitável apreciação positiva dos alunos e docentes. Ex-alunos também o avaliam positivamente e mesmo aqueles que lhe fazem críticas preferem-no ao modelo convencional de ensino (aulas expositivas). Os resultados desses estudos também apontam que os alunos desenvolvem melhores hábitos de estudo. Os alunos PBL geralmente estudam mais para a compreensão do que para

a memorização, utilizam mais fontes de informações (e.g., docentes, especialistas, biblioteca e internet) e demonstram mais foco e organização nos seus esforços.

Os alunos e docentes num ambiente educacional PBL são mais dedicados e produtivos. Esse envolvimento é um aspecto *sine qua non* nesta metodologia. Isso, mais a presença de hábitos de estudo mais eficientes, concorre para o desenvolvimento de habilidades e atitudes social e profissionalmente desejáveis. Como resultado, os alunos PBL, em regra, recebem melhores avaliações de supervisores de estágios ou empregadores, por demonstrarem maior desenvoltura profissional, mais iniciativa e espírito empreendedor.

Um dos pontos mais controvertidos na pesquisa sobre o PBL relaciona-se ao fato de alguns estudos mostrarem que o desempenho conceitual dos alunos com esta metodologia é igual ou pior que os de currículos convencionais. Este resultado é bastante disputado por conta da metodologia de coleta de dados desses estudos, isto é, por meio de testes objetivos padronizados, que favoreceriam os alunos tradicionais, treinados na memorização de conceitos.

No entanto, parece ser verdade que os alunos PBL têm mais lacunas nos seus conhecimentos conceituais, especialmente com relação às ciências básicas, pela impossibilidade de cobrir os conteúdos integralmente nesta metodologia. Muitos autores concordam com isso, mas adiantam que é mais vantajoso ensinar o aluno a aprender do que arriscar transmitir-lhe todos os conceitos e esperar que ele os incorpore à prática no futuro. Além disso, as possíveis lacunas podem ser remediadas autonomamente ou mediante cursos de especialização e atualização.

Concluindo, é preciso ter cautela na generalização da pesquisa sobre o PBL. Primeiro, a maioria desses estudos foram baseados em implantações curriculares da metodologia, predominantemente no ensino de medicina. Em segundo lugar, a variável independente PBL não pode ser facilmente definida dada a grande variedade de formatos que assume, ou seja, os resultados de uma implantação do PBL dependem fortemente de seu contexto educacional.

Sobretudo, é necessário reconhecer a dificuldade inerente à pesquisa educacional como um todo. Não é fácil especificar se os objetivos de um processo de ensino-aprendizagem foram alcançados em virtude da intangibilidade e simultaneidade do fenômeno educacional. A despeito disso, a maioria dos resultados de pesquisas sobre

o PBL parece convergir de modo a atestar sua validade, mesmo com relação ao ensino de áreas diversas do conhecimento e a implantações não curriculares da metodologia, como mostra a seção seguinte deste artigo.

## UM ESTUDO DE CASO

Um dos aspectos mais interessantes do PBL é a robustez de seus elementos principais e fundamentos, o que tem permitido sua transposição para outros contextos educacionais (i.e., diferentes áreas de conhecimento, instituições e formatos) com resultados semelhantes. Esta seção do artigo trata de um estudo de caso levado a cabo em uma implantação parcial do PBL, semelhante ao mostrado na Figura 3, em uma escola de engenharia pública brasileira. O PBL foi empregado num componente (matéria) oferecido em currículos de engenharia civil, elétrica e de produção dessa instituição. O conteúdo desta matéria, teorias gerais da administração, era trabalhado em um encontro semanal de 100 minutos durante quatro meses.

O docente responsável pela disciplina atuava como único tutor de vários grupos autorregulados (4-5 alunos cada). Os membros do grupo assumiam, alternadamente, os papéis de líder, redator, porta-voz e demais participantes. O processo utilizado correspondia ao mostrado na Figura 4. Um novo problema era introduzido e trabalhado pelos alunos a cada encontro e as diferentes soluções eram apresentadas por escrito, pelos redatores, e oralmente, pelos porta-vozes, à turma no encontro subsequente, de modo que tinham apenas uma semana para o trabalho autônomo com um problema (Figura 6). Finalizado o trabalho com um problema, o grupo avaliava o problema e o processo de solução e o líder autoavaliava-se e avaliava seus colegas de grupo. Essas avaliações compunham, junto com as avaliações do professor, as notas finais dos alunos.

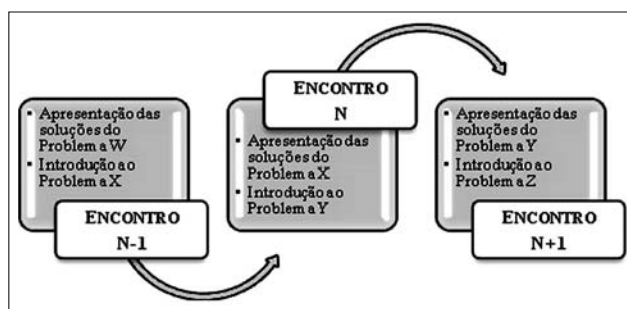


Figura 6 - Encontros semanais *versus* problemas numa implantação parcial do PBL



Ao final do semestre, pediu-se aos alunos que respondessem a um questionário com questões abertas sobre a metodologia, suas vantagens e desvantagens e sua capacidade de obtenção dos objetivos elencados na ementa do componente. Nessa direção, o professor foi entrevistado durante e ao final da implantação. Ambas as avaliações, como pode ser visto a seguir, apontam para os mesmos ganhos e dificuldades atribuídas ao PBL em formatos curriculares.

### **AValiação DOS ALUNOS**

Similarmente ao que indicam as pesquisas sobre o PBL, os alunos nesse estudo de caso consideraram a aula com esta metodologia mais dinâmica e motivadora que as aulas expositivas. Além disso, relataram que o PBL promove a visão múltipla sobre uma mesma situação e a integração entre a teoria e a prática. As habilidades desenvolvidas mais citadas foram as relacionadas ao trabalho em grupo e ao estudo autônomo. O trabalho coletivo parece ter também encorajado o desenvolvimento de atitudes desejáveis, tais como a cooperação e o respeito por opiniões divergentes.

Por outro lado, os alunos reconheceram que o PBL demanda mais tempo, o que conflita com outras atividades relativas aos demais componentes curriculares e estágios. Este fato levou-os a considerarem o comprometimento e envolvimento discente como mandatários nesta abordagem.

Por sua vez, exiguidade do tempo, decorrente de um número grande de horas de contato direto professor-aluno (i.e., aulas e laboratórios), comum em currículos de engenharia, pode estar na base da percepção de superficialidade por parte dos alunos, já que, idealmente, no PBL caber-lhes o aprofundamento conceitual durante seus estudos independentes. Esta percepção, contrária ao que aponta a pesquisa sobre o PBL, também procede da natureza panorâmica dos conteúdos do componente curricular em questão.

### **AValiação DO PROFESSOR**

A avaliação do professor assemelhou-se bastante à dos alunos. Similarmente, ele considerou que a aula com o PBL era mais dinâmica e motivadora para si e para os alunos e relatou que a metodologia estimula a criatividade e visões diferentes sobre um mesmo tema. Ainda pontuou que o trabalho nesta metodologia foi bastante

similar àquele que os alunos encontrariam em ambientes profissionais reais.

O professor também externou a percepção de superficialidade, porém ponderando que a natureza da matéria pode ser uma das causas disso. Ademais, o professor reconheceu que a profundidade que atingiu em suas aulas expositivas – em ofertas desta matéria anteriores à implantação do PBL – não implica necessariamente a profundidade na aprendizagem dos alunos.

Em termos de sua atuação como tutor nesta metodologia, o professor expressou a idéia de que se parece muito com a orientação de alunos de pós-graduação. Por outro lado, segundo ele, a atuação dos alunos no PBL demanda comprometimento e maturidade, já que a metodologia coloca a maior parte da responsabilidade da aprendizagem em seus ombros.

De acordo com o professor, o PBL aumenta a imprevisibilidade em sala de aula, associada tanto à probabilidade do levantamento, por parte dos alunos, de questões conceituais desconhecidas para o docente quanto à possibilidade de tomarem rumos diferentes em suas pesquisas, o que dificulta a cobertura dos conteúdos planejados para o componente curricular. Em razão dessa imprevisibilidade, o professor acredita que o domínio do conteúdo e a experiência docente são atributos importantes para uma atuação bem-sucedida no PBL.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo de caso demonstra claramente que o PBL pode ser utilizado em currículos de engenharia, ainda que em implantações não curriculares. Parece que mesmo em implantações parciais os ganhos obtidos justificam sua adoção. No entanto, é preciso reiterar que esta metodologia não resolve todos os dilemas do ensino superior ou de engenharia. É apenas uma das alternativas ao ensino baseado no modelo de transmissão e recepção de conhecimentos.

Muito se tem discutido sobre a inadequação do modelo e da metodologia tradicionais para a formação de engenheiros para atuar num mundo em constante mudança, com integridade profissional e responsabilidade social e ambiental. Parece ser chegada a hora de ir além da denúncia e propor novos modelos de formação de engenheiros. Nessa direção, o PBL mostra ser uma opção viável, merecedora de cuidadosa consideração por parte de docentes, coordenadores e escolas de engenharia.

## LEITURAS SUGERIDAS

ALBANESE, M. A.; MITCHELL, S. Problem-based learning: a review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, v. 68, n. 1, p. 52-81, 1993.

BOUD, D.; FELETTI, G. (Ed.). *The challenge of problem-based learning*. Londres: Kogan Page, 1999.

DOCHY, F. et al. Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, v. 3, p. 533-568, 2003.

DUCH, B. J. et al. (Ed.). *The power of problem-based learning*. Sterling: Stylus, 2001.

MAMEDE, S.; PENAFORTE, J. (Org.). *Aprendizagem baseada em problemas: anatomia de uma nova abordagem educacional*. São Paulo: Hucitec/ESP-CE, 2001.

POUZADA, A. S. (Ed.). *Project-based learning: project-led education and group learning*. Guimarães: Ed. Un. do Minho, 2000.

RIBEIRO, L. R. C. *Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino superior*. São Carlos: Edufscar, 2008.

\_\_\_\_\_. *Radiografia de uma aula em engenharia*. São Carlos: Edufscar, 2007.

SCHWARTZ, P. et al. (Ed.). *Problem-based learning: case studies: experience and practice*. Londres: Kogan Page, 2001.

VERNON, D. T. A.; BLAKE, R. L. Does problem-based learning work? A meta-analysis of evaluative research. *Academic Medicine*, v. 68, n. 7, p. 550-563, 1993.

WILKERSON, L.; GIJSELAERS, W. H. (Ed.). *Bringing problem-based learning to higher education: theory and practice*. San Francisco: Jossey-Bass, 1996.

## DADOS BIOGRÁFICOS DO AUTOR



### Luis Roberto de Camargo Ribeiro

Graduado em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos, Mestre em Engenharia de Produção pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo e Doutor em Educação pela Universidade Federal de São Carlos. Atua em educação a distância na Universidade Federal de São Carlos e faz pesquisa sobre a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), processos de ensino-aprendizagem, ensino superior e formação de professores para o ensino superior.