

# Atualização das Disciplinas de Comunicação Gráfica para Engenharia Seguindo a Abordagem *Project-based Learning* (PBL)



Sérgio Leal Ferreira\*, Eduardo Toledo Santos, Cheng Liang Yee, Brenda Chaves Coelho Leite, Elsa Vásquez Alvarez, Fabiano Rogério Corrêa, Fernando Akira Kurokawa, João Roberto Diego Petreche e Luiz Reynaldo de Azevedo Cardoso

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

\* Autor para correspondência: sergio.leal@usp.br

## RESUMO

As disciplinas de Comunicação Gráfica para Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo têm sofrido constantes reformulações ao longo dos anos. Adotar a abordagem do Aprendizado Baseado em Projetos (*Project-based Learning* – PBL) pareceu adequar-se perfeitamente às necessidades e aos objetivos de tais disciplinas e tornou-se uma meta dos últimos oferecimentos destas. Uma das principais metas foi proporcionar um maior contato, e conseqüente motivação, dos alunos do primeiro ano com assuntos mais relacionados à engenharia, como o projeto e a fabricação de um objeto que cumpre uma tarefa. Tais alunos ingressaram em um ambiente novo, e a maioria das disciplinas dos primeiros anos não contempla conteúdos mais diretamente ligados à engenharia. O presente relato apresenta os dados e as circunstâncias mais representativas dessa experiência e pretende ser um estímulo e uma ajuda a outras disciplinas que pretendam caminhar por trilhas semelhantes.

**Palavras-chave:** Aprendizado Baseado em Projetos; Classe de Aula Invertida; Experiência Didática; Comunicação Gráfica.

## ABSTRACT

The Engineering Graphics Communication disciplines of the Escola Politécnica of the Universidade de São Paulo have undergone constant reformulations over the years. The adoption of the Project-based Learning (PBL) approach seemed to fit perfectly the needs and objectives of such disciplines and has become a goal of the recent offerings. One of the main goals was to provide greater contact, and consequent motivation, of the first year students with subjects related to engineering, such as the design and fabrication of an object fulfilling a task. These students have entered a new environment to them, and most of the subjects of the first years do not contemplate content directly related to engineering. This report presents the data and circumstances most representative of this experience and is intended to be a stimulus and an aid to other disciplines wishing to pursue similar trails

**Keywords:** Project-based Learning; Flipped Classroom; Didactic Experiences; Engineering Graphic Communication.

As disciplinas de Comunicação Gráfica para Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo têm sofrido constantes reformulações ao longo dos anos. As principais diretrizes dessas mudanças estão relacionadas à atualização tecnológica e à inclusão de metas de conteúdos, habilidades e atitudes apropriadas à formação do engenheiro, em especial no que se refere à precisão e à eficiência da sua comunicação durante o processo de projeto com vistas à sua correta fabricação e ao melhor desempenho.

O computador se inseriu de tal forma na vida profissional que é praticamente impossível realizar projetos de engenharia sem o seu apoio. Os programas de auxílio à representação do projeto ultrapassaram atualmente os limites da mera produção de documentação, significando ferramentas poderosas que auxiliam desde a verificação de incompatibilidades geométricas até a simulação de funcionamento, incluindo resistência dos materiais, preparação de rotinas de fabricação e até

mesmo o próprio controle da fabricação. Além disso, o trabalho do engenheiro tornou-se cada vez mais uma tarefa em equipe, muitas vezes multidisciplinar e geograficamente espalhada.

Em vista de tudo isso e por ocasião de uma reestruturação curricular na Escola Politécnica, o conjunto de professores das disciplinas de Comunicação Gráfica para Engenharia empreendeu, a partir do ano de 2014, modificações um pouco maiores na abordagem dada e nas ferramentas didáticas utilizadas. A aplicação do conceito de *Project-based Learning* (PBL) norteou as mudanças. Isso significou que os alunos passaram a ser postos diante de um problema cuja solução implica a execução de um projeto, desde a concepção até a fabricação e a operação. Ao longo desse processo, os alunos são expostos à necessidade de adquirir conteúdos (perspectivas e vistas ortográficas, técnicas de esboço, modelagem tridimensional, prototipação rápida etc.), habilidades (trabalho em equipe, colaboração, liderança, comunicação, planejamento, autonomia – aprender a aprender, criatividade, empreendedorismo etc.) e atitudes

(proatividade, responsabilidade, iniciativa, controle do tempo, tolerância diante da diversidade etc.) que os auxiliem no desenvolvimento e entrega dos elementos produzidos em etapas intermediárias. A Figura 1 ilustra projetos e fabricações dos alunos.

Uma diferença essencial nessa abordagem é que o aluno está constantemente envolvido no processo de solução de problemas e o aprendizado se faz continuamente, ou seja, não se trata simplesmente de uma preparação e uma aplicação posterior com vistas à avaliação, mas a própria natureza dos problemas que surgem ativa o interesse do aluno por determinada necessidade de aprendizado, o que o impele a buscar o conteúdo, a habilidade ou a atitude requeridos. O tema do projeto, escolhido criteriosamente e com um regulamento bem detalhado, e o material de apoio adequado e disponibilizado de modo ágil e através de diversas mídias, em um canal sempre aberto e dinâmico de esclarecimento de dúvidas, são fundamentais para que os alunos possam desenvolver as atividades. O compartilhamento de arquivos, a utilização de



**Figura 1** – Comparação entre projeto/modelo e fabricação/montagem.

repositórios remotos e o sistema de apoio à educação a distância também fizeram parte importante dos recursos utilizados.

Junto ao PBL, são adotados também os conceitos de *Flipped Classroom* (FC) e *Readiness Assessment* (RA), que serão explicados brevemente mais adiante, em conjunto com ferramentas computacionais de modelagem de geometria e simulação, fabricação por corte a laser e impressão 3D e apresentação diante de profissionais da indústria.

A disciplina envolve nove professores, quinze monitores, 870 alunos ingressantes em engenharia (todos os cursos) e mais um número variável de veteranos (que não obtiveram resultado mínimo, não puderam completar a disciplina ou que vêm de transferência externa). O total de alunos chega a pouco mais de novecentos.

Esses alunos são distribuídos em vinte turmas, sendo dezenove em São Paulo e uma em Santos. Ressalta-se que a maioria dos alunos não tem qualquer formação anterior na área de comunicação gráfica, ou seja, não estão habituados a trabalhar com desenhos e muito menos com manipulação de elementos tridimensionais. Precisam adquirir conhecimentos relacionados à visualização espacial, ferramentas de auxílio à comunicação gráfica, normas de representação e geometria, para resolução de problemas de projeto.

Como a disponibilidade de recursos tecnológicos nessa disciplina é fundamental, essas mudanças só foram viabilizadas graças ao apoio da Diretoria da Escola Politécnica, da Pró-Reitoria de Graduação e do Fundo Patrimonial Amigos da Poli.

Alguns dos principais recursos utilizados pela disciplina são:

- Duas salas de aula em São Paulo com 48 computadores e uma sala de aula em Santos com pelo menos cinquenta computadores.

- Três máquinas de corte, sendo que somente uma foi utilizada até agora. As outras foram doadas recentemente pelo Fundo Amigos da Poli e aguardam espaço para serem instaladas.

- As impressoras 3D usadas até agora foram emprestadas, mas o Fundo Amigos da Poli concedeu verba para a compra de tal equipamento. No entanto, há um cuidado de selecionar um tipo de impressora

que suporte o uso previsto, mas que não apenas se adeque ao orçamento.

Não existem aulas expositivas, e se pratica o conceito de FC. Dessa forma se apresenta o curso na primeira reunião com os alunos. Ainda se usa o termo “aula” como uma referência ao que os alunos estão acostumados e ao que fazem as demais disciplinas. No entanto, salienta-se sempre que o momento de reunião dos professores e alunos no laboratório não é para eles terem uma aula “tradicional” em que os professores apresentam um tema e os alunos acompanham a exposição e depois procuram fixar os conceitos e treinar eventuais procedimentos apresentados. Isso não elimina que em alguns momentos haja alguma breve exposição pelo professor se ele julgar necessário, mas essa não é a regra.

Em sala, trabalha-se no projeto seguindo as etapas previstas no cronograma e se conta com o auxílio do professor e dos monitores. Os monitores se encarregam do acompanhamento e da orientação sobre o *software*, enquanto detalhes mais específicos e relacionados ao projeto e todo o restante ficam a cargo dos professores. Os monitores só podem ajudar no horário depois das aulas deles, por isso o esquema é que os professores acompanham o período da aula (das 8h20 às 11h00 para as turmas da manhã, e das 14h00 às 16h40 para as turmas da tarde) e os monitores acompanham o período de atividade programada (das 11h10 às 12h25 para as turmas da manhã, ou das 16h50 às 18h05 para as turmas da tarde). Cada turma tem somente um horário de cada na semana. Nem sempre é possível ter acesso ao professor fora de sala, e uma forma de minimizar essa dificuldade é a utilização da comunicação assíncrona através do Moodle (plataforma computacional de auxílio ao ensino).

Entregas parciais dos trabalhos feitos em sala, como as ilustradas na Figura 2, são muito importantes para que sejam mantidos o ritmo e o foco em determinado tema. Os alunos não têm de entregar trabalhos acabados em toda aula, mas é tarefa do professor deixar claro até onde eles devem avançar para que as atividades propostas não se acumulem e isso prejudique o avanço almejado.



**Figura 2** – Sequência de projeto e execução: personagem individual, chassi com personagens do grupo, carenagem incorporada, fabricação das peças e da carenagem, montagem e acabamento.

Para isso, são necessários o planejamento e a preparação antecipada do curso. Algumas decisões se fazem ao longo do semestre, até porque os professores também estão enfrentando um desafio novo e, de certa forma, também aprendendo via PBL. Mais especificamente, aprendem a ensinar ou a viabilizar o aprendizado através de um projeto (projeto de implementar o PBL em uma faculdade de engenharia em todos os cursos incluídos).

Também por esse motivo, uma das melhores maneiras de preparar o material para os alunos tem sido os professores encararem os desafios executando as tarefas e procurando simular o melhor possível a condição do aluno.

A cada versão da disciplina o tema do projeto é modificado. A escolha do tema do projeto passa por um *brainstorming* em que se consideram principalmente: a adequada facilidade de execução e a

abrangência do problema, verificando se é possível abordar diversos conteúdos, explorar os recursos disponíveis, fazer uma avaliação objetiva tanto individual quanto em grupo, e se o tema permite uma boa diversidade de soluções.

As reuniões semanais dos professores são extremamente produtivas. Servem especialmente para verificar o ritmo dos alunos e o material disponível para as próximas etapas, além de avaliar a viabilidade das exigências iniciais e a compatibilidade dos recursos. Também se aproveita para ajustar os critérios de avaliação.

O esquema geral do curso é apresentado aos alunos na primeira aula. É crucial que eles estejam a par do que vai acontecer, já que desde o início será necessário que tenham uma atitude proativa e a preparação para cada aula é capital.

Os RAs ajudam a manter uma maior motivação por consultar o material de preparação para as tarefas a serem desenvolvidas em sala. Na prática, trata-se de um questionário de cinco perguntas de múltipla escolha a serem respondidas em cinco minutos no início de um bloco de aulas no qual se começa a trabalhar pelo menos um novo conceito. As questões são muito diretas e baseadas no material disponibilizado pelo Moodle. Tal plataforma ajuda, por sua vez, a elaborar a estrutura do questionário de modo que as questões são escolhidas e misturadas no momento da resolução. Controla-se o tempo com precisão, o aluno tem um retorno instantâneo do seu aproveitamento, e tudo fica guardado para posterior consulta e cálculo do desempenho geral no Moodle.

O material disponibilizado tem diversas origens, mas é separado em material a ser utilizado em casa (fora do laboratório) e material a ser utilizado em sala (no laboratório). Também existe uma divisão entre o material mínimo e o material complementar. Essa última divisão é perigosa pois pode dar ao aluno a impressão de que mínimo é o mesmo que suficiente, mas os professores têm procurado alternativas para evitar que os alunos façam essa confusão.

Muitas referências são feitas a vídeos, sites etc. Alguns exemplos são:

- How to Make Automata<sup>1</sup>;
- Timbertech from Timberkits (mecanismos básicos para autômatos)<sup>2</sup>;
- Cam Followers for Automata – Dug’s Tips 16 – Seguidores de Excêntricos (para Autômatos)<sup>3</sup>;
- 508 Vídeos: “Mechanisms” – Noah Posner<sup>4</sup>;
- Tinkercad (aplicativo simples e on-line de projeto e impressão 3D)<sup>5</sup>.

Além disso, alguns livros foram consultados e utilizados pelos alunos durante o curso: BROWN (1896), IVES (2009), ONN e ALEXANDER (1998), entre outros. Como se pode verificar, algumas referências são mais voltadas à prática, enquanto outras para os fundamentos teóricos.

No início de 2016 elaborou-se um esquema que aproveitou a experiência dos anos anteriores simplificando o cálculo da nota e procurando dar ao aluno o retorno mais rápido e mais claro do seu rendimento. Entende-se que isso é necessário para que o aluno perceba a sua evolução e corrija eventuais deficiências o mais breve possível, evitando acúmulos.

A avaliação se faz por meio de trabalhos individuais e em grupo, de entregas de projetos, de exames dos resultados obtidos na preparação (RA), e mediante a consideração do trabalho em equipe. O quadro 1 mostra a divisão desses conceitos.

O aluno habituado ao esquema de provas pode pensar que é suficiente dar-se bem nos primeiros trabalhos e depois se acomodar. Esse pensamento vai contra a natureza da disciplina que valoriza, sobretudo, o trabalho constante. Por esse motivo, o aluno só tem chance de passar (média maior do que 5) quando atingir rendimento excepcional nas três (das cinco) primeiras entregas e nos seis (dos sete) primeiros RAs. Desse modo, o discente teria que completar a parcela mais importante do curso com praticamente 100% de aproveitamento. Um aluno com esse desempenho dificilmente se acomodaria no restante do curso, até mesmo porque o que lhe falta é, praticamente, consequência natural do que já fez.

Procura-se evitar que o trabalho em grupo seja um motivo de diluição de responsabilidade e de

RA	Responsável	Data	Aula	Tema	OBS.	Em Sala	Entregável	Peso dos Entregáveis
	A	22/02	a01	Desenho Geométrico	Tangentes, paralelas, mediatriz, bissetriz. Restrições geométricas ( <i>constraints</i> ). Exercícios.	Esboço das faces das peças da manivela – não é necessário ter precisão. Identificar <i>constraints</i> .		
1	B	29/02	a02	Vistas Ortográficas	Exemplos de vistas ortográficas. Exercícios.	Desenho de vistas ortográficas do conjunto em papel milimetrado à mão livre 1:2.		
2	A	07/03	a03	Perspectiva Isométrica	Exemplos de perspectivas. Exercícios.	Desenho da perspectiva isométrica do conjunto da manivela em papel isométrico. 1:2.	Esboços, vistas (3) e perspectiva isométrica (1) do conjunto (INDIVIDUAL).	10%
3	C	14/03	a04	Modelagem 3D	Detalhes sobre complexidade; superfícies topográficas; superfícies em geral. Modelo 3D preparado para o desenvolvimento de superfícies (com faces planas e cilíndricas).	Esboço e modelagem da carenagem.		
	D	04/04	a05	Desenvolvimento de superfícies e prototipagem	Mostrar o corte da máquina, tutorial do desenvolvimento, exemplos de desenvolvimento de superfícies, explicar restrições das superfícies duplamente curvas.	<i>Unwrap</i> e exportação do arquivo em pdf.	Arquivo 2D com o desenho do desenvolvimento – corte no papel (INDIVIDUAL).	10%
4	E	11/04	a06	<i>Assembly</i> personagens	Aluno já vem com a ideia do personagem. Trabalho do grupo começa, embora seja dividido por personagens. É necessário que os alunos conheçam as restrições para fabricação – dimensões e detalhes das máquinas. A carenagem deve ser corrigida e pode ser adaptada aos personagens, mas deve conter a ideia original.	Modelagem dos personagens e mecanismo. Utilizar desde o início o <i>assembly</i> .		
		25/04	a07	<i>Assembly</i> personagens	Fornecer o <i>chassis</i> (paramétrico) para adaptarem. <i>Drafting</i> para gerar o corte e procedimento para salvar o STL – cuidados na fabricação.	Modelagem do chassi e carenagem. STL para a impressão de peça do personagem. IMPRESSÃO DOS MELHORES.		
5	F	02/05	a08	<i>Assembly</i> personagens		Montagem dos personagens.		
6	G	16/05	a09	Simulação personagens		Simulação dos personagens.	<i>Link</i> com a simulação dos personagens - vídeo.	

		30/05	a10	Assembly global		União dos elementos em um conjunto. Preparação do arquivo de corte dos personagens, <i>chassi</i> e eventual adaptação da carenagem, gerando novo arquivo. Arquivo 2D para corte.	Desenhos para fabricação (GRUPO – 10%). <i>Assembly global</i> (INDIVIDUAL – 10% e GRUPO – 10%).	30%
		06/06	a11	Simulação global		Simulação do conjunto. Preparar um vídeo e fazer <i>upload</i> .		
7	F	13/06	a12	Desenho de execução	Normas de desenho, folha, legenda etc. Noções de cotagem.	Desenhos de detalhe, conjunto e montagem. Plotagem em PDF.	PDF dos desenhos de execução (GRUPO - 10%). PPT incluindo esboços, imagens de modelos dos personagens e do conjunto, Simulação global etc. (GRUPO – 10%).	20%
	Todos	27/06	sub	Competição	Somente os grupos que entregaram corretamente.		Carrinho montado (GRUPO).	10%
		02/07	fim	Fim das aulas				
							RAs.	10%
							Trabalho em equipe.	10%
							Somas.	100%

**Quadro 1** – Exemplo de planejamento da disciplina em 2016.

volume de tarefas: ele é estimulado como forma de se aprender uma série de habilidades e de atitudes necessárias ao profissional de engenharia. Na prática, isso se faz atribuindo um peso relativamente grande ao trabalho estritamente individual na média do curso (40%).

Estimula-se uma constante utilização da comunicação verbal, além da gráfica. Embora os relatórios pedidos não exijam muito texto, os alunos devem expressar-se devidamente e apresentações dos trabalhos estão previstas.

Por fim, ainda se está testando a melhor forma de realizar a avaliação do curso. Tentativas foram feitas ao solicitar aos alunos que respondam questionários e sugiram mudanças baseadas nas suas experiências, mas ainda há um pouco de dificuldade

de compilar os resultados. Informalmente, no entanto, os professores recebem sugestões e críticas que são levadas em consideração na preparação do novo período.

### Notas

- 1 Trailer disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=9OqEze9JTU0>>.
- 2 Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=fukdvHCkHLQ&index=7&list=PL4om2y\\_KaO9p-jPT-AJVD9o\\_tFhkaol1uU](https://www.youtube.com/watch?v=fukdvHCkHLQ&index=7&list=PL4om2y_KaO9p-jPT-AJVD9o_tFhkaol1uU)>.
- 3 Disponível em: <<http://cabaret.co.uk/cam-followers-for-automata-dugs-tips-16/>>.
- 4 Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Rb37-daSLQ4&feature=youtu.be&list=PLhoXNQqrCmEfAaTf0AfQ1Ztxmx2DoZiCk>>.

5 Disponível em: <<https://www.tinkercad.com/>>.

### **Referências Bibliográficas**

BROWN, Henry T. *Five Hundred and Seven Mechanical Movements*. New York: Brown & Seward, 1896.

IVES, Rob. *Paper Engineering & Pop-ups for Dummies*. Hoboken, NJ: John Wiley, 2009.

ONN, Aidan Lawrence & ALEXANDER, Gary. *Cabaret Mechanical Movement: Understanding Movement and Making Automata*. London: Cabaret Mechanical Theatre, 1998.

*Publicado em 30/06/2017.*