

Aprendizagem em Cálculo: uma experiência com avaliação formativa

Helena Noronha Cury

Faculdade de Matemática, PUCRS,
Av. Ipiranga, 6681
90619-900, Porto Alegre, RS
E-mail: curyh@pucrs.br

1. Introdução

A avaliação da aprendizagem é uma das ações mais difíceis do processo de ensino-aprendizagem, em qualquer disciplina. Na área de Ciências Exatas, especialmente na Matemática, a correção de trabalhos e provas é o momento em que o professor se vê frente ao resultado de seu trabalho e muitas vezes essa experiência não é agradável, pela visão do suposto fracasso do seu ensino.

Em disciplinas matemáticas, especialmente em cursos superiores, as atividades, em geral, são avaliadas de forma estanque, como se o conhecimento sobre uma parte do conteúdo não dependesse do que foi aprendido anteriormente. Ao avaliar uma prova separadamente das outras atividades desenvolvidas durante um determinado período, ou seja, do trabalho em sala de aula, em laboratórios ou mesmo em casa, o professor isola o processo de aprendizagem de seu produto.

Em qualquer área, em geral são utilizados três tipos de avaliação: diagnóstica, somativa e formativa. No primeiro caso, são empregadas ações para verificar as habilidades e dificuldades dos alunos face a um novo conteúdo abordado. Na avaliação somativa, pretende-se avaliar o desempenho ao final de uma unidade de ensino ou do semestre e seu objetivo é classificar os alunos ou fornecer um certificado. Pode ser feita de forma cumulativa, aproveitando resultados parciais e empregando critérios para obter uma nota ou conceito final. Na avaliação formativa, procura-se informações sobre o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, para adequá-lo às necessidades dos alunos. Nesse caso, não há a finalidade de aprovar ou reprovar, pois busca-se inventariar os conhecimentos dos alunos e orientá-los na busca de soluções para os problemas detectados. O professor pode, assim, regular o ritmo das atividades propostas ou o tipo de estratégias empregadas para o ensino.

2. Objetivos, tarefas e métodos de avaliação

Em [1], encontramos objetivos, tarefas e métodos de avaliação sugeridos para a disciplina de Matemática. Um primeiro objetivo é o diagnóstico, para verificar o que o aluno compreende sobre um determinado conceito e quais são as dificuldades em

relação à resolução de problemas sobre o assunto. As tarefas, nesse caso, enfocam uma habilidade específica, um tipo de procedimento, estratégia ou raciocínio. Os métodos de avaliação indicados são as questões orais que solicitam a explicação sobre um determinado procedimento, tarefas escritas ou então testes direcionados a um item.

Um segundo objetivo da avaliação é o feedback instrucional, quando analisamos se os alunos sabem aplicar o conhecimento a novas situações, se fazem conexões entre as idéias apresentadas e se necessitam de uma revisão mais intensa sobre o assunto. São empregadas tarefas que requerem uma integração dos conhecimentos, compreendendo habilidades, conceitos e procedimentos. Entre os métodos indicados, pode-se empregar tarefas extra-classe, trabalhos de grupo, projetos de extensão ou observações de sala de aula. Nesse caso, estamos avaliando o grupo.

Um terceiro objetivo da avaliação é o nivelamento, quando procuramos ver como o aluno compreendeu e integrou o material e como aplica o que aprendeu. Estamos, assim, enfocando cada aluno em particular e as tarefas devem ser intrinsecamente interessantes e desafiadoras, requerendo a estruturação dos conteúdos. Como método de avaliação, podemos empregar testes escritos com problemas cujo nível de dificuldade é baseado nas expectativas sobre o aluno que vai ser formado pelo curso em questão. Também é possível solicitar textos argumentativos ou artigos que demandem investigação sobre o tema.

Em uma última etapa, temos a avaliação da disciplina, em que procuramos saber quão efetivo foi o trabalho realizado e se os objetivos da disciplina foram alcançados. Novamente, é o grupo que está sendo avaliado e as tarefas devem estar de acordo com os objetivos do curso. Como métodos, podemos usar entrevistas, testes de desempenho geral ou, ainda, instrumentos fechados, em que são solicitados dados sobre uso do laboratório, da biblioteca, etc.

3. Tipos de instrumentos de avaliação

Em geral, os professores de disciplinas matemáticas têm dificuldade em variar os instrumentos com os quais avaliam seus alunos. Muitas vezes, a prova – de múltipla escolha ou dissertativa – é o recurso empregado em todas as turmas e para todos os conteúdos. No entanto, em [2] encontramos uma série de sugestões sobre procedimentos

que permitem uma visão mais global do desempenho dos estudantes e uma atitude mais formativa em relação ao processo de ensino-aprendizagem.

As provas de múltipla escolha servem para verificação de conhecimentos básicos, sobre fórmulas e regras, por exemplo, e o aluno vai mostrar, muitas vezes, apenas a habilidade de memorização e aplicação de procedimentos padronizados. As provas com questões abertas são empregadas para verificar como o estudante resolve um determinado exercício ou problema, mas, em geral, ele estará “devolvendo” ao mestre os procedimentos que foram usados ao resolver problemas-modelo. Também podemos usar os testes em duas etapas, em que, na primeira, há uma verificação inicial dos conhecimentos, com solicitação de respostas rápidas, interpretações ou justificativas. Na segunda etapa, após a análise do professor, usando uma escala holística, os trabalhos são devolvidos e os erros apontados, solicitando-se ao aluno que refaça o que não está correto ou que aprofunde determinados tópicos. Na segunda correção, é empregada uma escala analítica, que avalia qualidade das idéias, desenvolvimento das questões, organização do trabalho, clareza e correção da linguagem e compreensão do problema. A escala holística, citada para a avaliação da primeira etapa do teste, é composta por níveis de pontuação, segundo as fases de compreensão, planejamento, execução do plano, apresentação do resultado e correção formal.

Além desses instrumentos, ainda podem ser citados os portfólios e diários de classe, usados, em geral, para tarefas finais de uma disciplina ou curso, em que os alunos vão mostrar as habilidades adquiridas, a compreensão dos conteúdos e sua aplicação.

4. Apresentação de uma experiência com alunos de Cálculo I

No ensino de disciplinas matemáticas em cursos superiores, muitas vezes nos restringimos à avaliação somativa, perdendo a oportunidade de compreender as habilidades já desenvolvidas pelos alunos ou a aprendizagem em cada etapa do processo de ensino. Na reformulação curricular do curso de Engenharia Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, realizada em 2002, a equipe de professores apresentou uma proposta de diminuição de disciplinas no primeiro semestre do curso, de forma que os alunos cursam apenas quatro cadeiras, sendo uma delas o Cálculo para Engenharia Química I, com 08 créditos. Assim, há um envolvimento muito grande com os conteúdos, pelo elevado número de

aulas semanais. Acompanhando as turmas desde o início da experiência, tivemos oportunidade de aplicar diferentes metodologias de ensino e de avaliação. Notamos que houve uma diminuição da evasão e da repetência, tendo os estudantes adquirido hábitos de estudo que lhes foram úteis para as disciplinas seguintes da área de Matemática.

A disciplina em questão abrange os seguintes conteúdos: funções de uma variável, limites, continuidade, derivadas e aplicações, métodos de integração, seqüências e séries. Pelo sistema de avaliação da PUCRS e pelos critérios específicos das disciplinas da Faculdade de Matemática, a cada aluno são atribuídas três notas, provenientes de provas, e uma nota correspondente aos trabalhos, sendo o grau final resultante da média aritmética simples dessas quatro notas. O número e tipo de trabalhos aplicados depende de cada disciplina ou docente. Dessa forma, tem sido possível realizar uma grande quantidade de atividades durante o semestre, permitindo uma avaliação formativa, haja vista que, a cada atividade desenvolvida pelos alunos, podemos orientá-los na busca de soluções para suas dificuldades.

Para exemplificar, vamos listar os trabalhos realizados no último semestre, em uma turma de 51 alunos de Cálculo para Engenharia Química I.

- a) no primeiro encontro com os alunos, apresentamos uma lista de problemas que exigem apenas raciocínio lógico e cálculos elementares, para fazer o diagnóstico das habilidades de resolução de problemas;
- b) na aula seguinte, aplicamos o Teste de Estilos de Aprendizagem, criado pelo engenheiro químico americano R. Felder, em conjunto com psicólogos [3], para avaliar os estilos preferenciais de processar as informações e construir os conhecimentos;
- c) para verificar como os alunos aplicavam conhecimentos do ensino médio, solicitamos a resolução de problemas envolvendo funções e conceitos de Química;
- d) quando introduzimos o conceito de limite, os alunos, em uma primeira etapa, resolveram de forma intuitiva um teste sobre limites de funções em determinados pontos, a partir de uma lista de gráficos de funções;
- e) em uma segunda etapa, tendo recebido a correção do teste, os alunos foram, então, desafiados a calcular os limites, usando as propriedades;
- f) para avaliar os conhecimentos de trigonometria, pré-requisitos para o Cálculo, solicitamos um trabalho extra-classe, em que os estudantes responderam a uma série de questões para as quais eles tiveram que revisar e aprofundar conceitos. A tarefa foi corrigida e devolvida aos alunos, para que refizessem os tópicos em que havia incorreções;
- g) para introduzir regras de derivação, solicitamos uma tarefa no laboratório de informática, com o software Maple V, para que os alunos, a partir de um roteiro,

deduzissem as regras de derivação;

h) os três trabalhos seguintes envolveram questões abertas, de resolução de problemas de aplicação de regras de derivação, de cálculo de limites usando as regras de L'Hôpital e de resolução de problemas de otimização. Nesses casos, os estudantes usaram resoluções padronizadas e foram avaliados pela correção dos procedimentos adotados e pelos resultados obtidos;

i) para os tópicos relacionados com métodos de integração, os alunos estudaram previamente, em polígrafos e livros, os diferentes processos e, após, realizaram uma tarefa com consulta, em que resolveram uma lista de exercícios de cálculo de integrais. A tarefa foi corrigida pelos próprios estudantes, que trocaram as folhas de resposta entre si. Essa prática permite que o aluno tome consciência das dificuldades que são comuns e de erros relativos a conteúdos da educação básica, que foram, depois, discutidos com o grande grupo;

j) para o estudo de séries, foi elaborado um trabalho com base em um texto capturado na Internet, relativo ao paradoxo de Zenon, sobre Aquiles e a tartaruga. Dessa forma, introduzindo um tópico da história da Matemática, motivamos os alunos a buscar a solução do problema por meio da soma de uma série;

l) finalmente, para avaliar o trabalho desenvolvido durante o semestre, os alunos preencheram uma ficha de auto-avaliação e avaliação da disciplina, oferecendo sugestões para as próximas turmas.

O curso de Engenharia Química é o único que apresenta, em sua grade curricular, a disciplina inicial de Cálculo com oito créditos. Os demais cursos da Faculdade de Engenharia da PUCRS têm uma disciplina de Cálculo Básico, com quatro créditos, seguida de outra, Cálculo I, também com quatro créditos. O contato com as demais turmas e os resultados obtidos pelos calouros de Engenharia Química parecem indicar que a experiência realizada neste último curso tem sido válida, pois permite que os estudantes tenham uma “imersão” nos conceitos de Cálculo, com muito mais tempo para realizar trabalhos que aprofundam os conteúdos estudados.

Como tem sido discutido em [4], [5] e [6], por exemplo, os maiores problemas do ensino de Cálculo são detectados em turmas de calouros, pois há muita diferença entre a forma como os alunos estudam Matemática na Educação Básica – muitas vezes com apelo a “macetes” para decorar fórmulas e regras – e a compreensão das conceitos básicos de disciplinas matemáticas do ensino superior, notadamente as questões relativas a aplicações de funções e derivadas. Dessa forma, acreditamos que a comparação entre o desempenho dos alunos tem que

ser feita em termos de nível – a saber, entre alunos calouros.

Em termos de avaliação somativa, portanto, podemos comparar dados da aprovação de alunos calouros de diferentes cursos de Engenharia da PUCRS nas disciplinas introdutórias de Matemática, ou seja, em Cálculo para Engenharia Química I e em Cálculo Básico. Para exemplificar, recolhemos resultados dos dois últimos semestres, apresentando, no quadro 1, a percentagem de aprovação.

Curso	Percentagem de aprovação	
	2004/02	2005/01
Engenharia Química	65	65
Engenharia Civil	36	57
Engenharia da Computação	36	68
Engenharia Elétrica	46	43
Engenharia Mecânica	30	34
Engenharia Mecatrônica	46	84
Engenharia de Produção	29	46

Quadro 1: Percentagem de aprovação por curso

A análise deste quadro não pode ser feita apenas em termos de procedimentos avaliativos, pois é grande a diferença entre as metodologias de ensino empregadas; algumas turmas têm mais acesso a computadores, outras têm mais tempo livre para realização de exercícios extra-classe, outras, ainda, têm menor número de estudantes em sala de aula, o que permite um ensino mais direcionado a dificuldades específicas. Além disso, é necessário levar em conta, também, outros fatores; em geral, a aprovação no segundo semestre do ano letivo é menor do que no primeiro, porque os alunos que concorrem às vagas no segundo semestre são aqueles que não foram aprovados em outros exames vestibulares no início do ano. Além disso, nos cursos em que há maior número de candidatos por vaga – como a Engenharia Mecatrônica e a da Computação – contamos com alunos que têm maiores conhecimentos dos pré-requisitos para trabalhar com Cálculo. De qualquer forma, temos, também, o depoimento dos professores que lecionam as disciplinas dos semestres seguintes para a turma de Engenharia Química, pois consideram que os alunos têm adquirido hábitos de estudo que lhes são favoráveis não só na Matemática mas também em outras disciplinas do curso.

5. Considerações finais

Buscamos, neste trabalho, revisar conceitos relativos à avaliação da aprendizagem, apresentando uma experiência com avaliação formativa em uma disciplina de Cálculo para calouros de Engenharia Química. As atividades por nós desenvolvidas nessas turmas, desde 2003/01, vêm sendo objeto de pesquisa, com apoio de bolsistas de Iniciação Científica, enfocando os erros cometidos pelos estudantes e as possíveis causas, conforme apresentado em [7] e [8]. Assim, ao mesmo tempo em que coletamos informações para planejar estratégias de ensino que atendam às necessidades dos estudantes, buscamos dados que possam explicar os problemas detectados. Nosso trabalho vem ao encontro das diferenças existentes em sala de aula, pois, atendendo aos alunos individualmente, podemos mostrar os problemas e sugerir soluções para suas dificuldades com a Matemática básica.

Referências

- [1] Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics, NCTM, Reston, Va., 1989.
- [2] J.P. da Ponte et al., “Didáctica da Matemática”, Ministério da Educação, Lisboa, 1997.
- [3] R. M. FELDER, Reaching the second tier: learning and teaching styles in college science education, *J. College Science Teaching*, 23:5 (1993) 286-290.
- [4] D.M.Flemming, E.F.Luz, C.Coelho, “Tendências atuais do ensino das disciplinas da área de matemática nos cursos de engenharia”, em “XXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia”, Natal, 1999.
- [5] J.L.Nascimento, “Matemática: conceitos e pré-conceitos”, em “Educação em engenharia: metodologia” (D.P.Pinto e J.L.Nascimento, eds.) pp. 247-295, São Paulo, Mackenzie, 2002.
- [6] E.M.S.Soares, L.Z.Sauer, “Um novo olhar sobre a aprendizagem de matemática para a engenharia”, em “Disciplinas matemáticas em cursos superiores” (H.N.Cury, ed.) pp. 245-270, Porto Alegre, Edipucrs, 2004.
- [7] H.N.Cury, M.Cassol, Análise de erros em cálculo: uma pesquisa para embasar mudanças, *Acta Scientiae*, 6:1 (2004), 27-36.
- [8] H.N.Cury, T.J.Müller, “Análise de erros em uma visão interdisciplinar”, em “XXVII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional”, Porto Alegre, 2004.