

MODERNIZANDO A APRENDIZAGEM DA RAINHA DAS CIÊNCIAS¹

Pedro Luis Kantek Garcia Navarro
Universidade Positivo

Resumo

O artigo descreve algumas dificuldades no desenvolvimento das habilidades matemáticas de estudantes. Uma simplificação do processo de resolver problemas matemáticos é abordada, bem como suas complexidades inerentes. A seguir, descreve-se a proliferação de insumos possivelmente novos ao processo (basicamente computadores e ferramentas de *software*). Finalmente sugere-se o uso de uma metodologia denominada *Matemática Baseada em Computador (MBC)*, dando-se algumas de suas características. O texto se encerra por uma descrição real de sua utilização.

Palavras-chave: matemática, computação, processamento simbólico, MBC, CBM.

APRESENTAÇÃO

O ensino/aprendizagem da matemática é objeto de muita preocupação e pesquisa. [1] Se de um lado poucos discutem a fundamental importância da matemática na formação de um engenheiro, analista, administrador, advogado, médico, etc etc, por outro lado quase todos reconhecem a dificuldade do pleno desenvolvimento dos profissionais com esta habilidade. Indo mais longe, é folclórica a dificuldade das crianças com a matemática.

Até bem pouco tempo, e na cabeça de muitos professores e gestores ainda, o desenvolvimento da capacidade matemática humana está limitado exatamente pela capacidade humana de calcular. Dizendo de outro modo: ao exigir do estudante que ele execute individualmente todas as etapas do raciocínio matemático, desde o desenvolvimento do problema, até a obtenção das conclusões passando pela resolução dos cálculos, talvez se esteja exigindo demais.

¹ Segundo Gauss, conforme seu melhor biógrafo, Wolfgang Sartorius von Waltershausen, “A matemática é a rainha das ciências”. [2] Quanto a Gauss, há controvérsias, mas ele bem pode ser descrito como o maior matemático que pisou neste planeta.

Este estado de coisas apresenta algumas peculiaridades, dentre as quais:

A capacidade de desenvolver a matemática fica limitada aos problemas para os quais existe a capacidade de calcular. A limitação crescente desta implica na igual limitação daquela.

A necessária simplificação dos enunciados (até para permitir o cálculo dos resultados) cria problemas artificiais sem muita relação com problemas reais. Isso acaba forçando a visão da matemática como algo descolado da realidade, quando, se existe algo que descreve a realidade esse algo é precisamente (e unicamente) a matemática. Neste “faz de conta” os problemas sempre envolvem números pequenos e inteiros: sem erros de medida facilmente amplificáveis, ou seja: tudo o que um problema real não tem.

A limitação da matemática ao que o aluno consegue calcular forçosamente exclui do estudo e análise a grande parte dos problemas, precisamente aqueles para os quais ainda não há formulário ou procedimentos prévios de solução. Mas, a matemática existe para tratar o (ainda) intratável.

Se um aluno gasta 60 minutos com um problema, é provável que sejam mais de 50 fazendo (e refazendo) cálculos, deixando pouco tempo para as tarefas mais nobres: a elaboração da estratégia de solução (antes) e a apreciação e generalização dos resultados (depois). Ou seja: claramente o mais importante é o que recebe menos tempo e atenção.

A pobreza na quantidade e qualidade de problemas satisfatoriamente resolvidos bem pode ser uma das causas pelas quais a matemática sofre da fama de ser difícil e frustrante para a grande maioria dos estudantes.

Ao trabalhar com problemas matemáticos, ou melhor dizendo, com **problemas**, pode-se criar uma espiral em que a cada volta existem 4 atividades mais ou menos sequenciais:

Definição: que pede que o estudante leia o enunciado, analise escopo e detalhes envolvidos e finalmente consiga elaborar o que deve ser calculado e finalmente obtido.

Tradução: De posse do objetivo é hora de olhar o que o aluno já sabe, quais ferramentas (matemáticas ou lógicas) ele tem na sua caixa e como elas devem ser usadas no problema em direção à sua solução.

Computação: mãos à obra, aqui o aluno deve “cozinhar os dados” ou “torturar as fórmulas” de maneira a chegar a resultados numéricos. Cabe aqui também a realização de alguns testes de acertos, na linha da proverbial “prova dos nove”.

Interpretação: obtidos resultados numéricos certos é hora de retornar à etapa 1 acima juntar tudo. É tempo de concluir, estabelecendo claramente o que se concluiu, possivelmente generalizar e também possivelmente agregando algo novo à nossa caixa de ferramentas.

É graças a esse processo que, ao resolver cada vez mais problemas, mais robusta fica a caixa de ferramentas e mais fácil passa a ser cada problema individual. Nesta

hora pode-se reescrever aquela célebre propaganda de biscoitos² : O aluno é bom em matemática porque resolve muitos problemas ou ele resolve muitos problemas porque é bom em matemática ?

A estrutura acima é descrita como uma espiral de propósito. Para problemas mais complexos (ou apropriadamente mais “reais”) a obtenção de algum resultado não esgota o problema: ao contrário o que se obteve até este ponto foi “só” (note as aspas sobre a partícula “só”: elas denotam bastante ironia) um maior conhecimento sobre ele. O que permite reentrar na espiral, de novo na etapa 1 acima, mas agora sabendo mais e melhor. Até que, ao apreciar o que se obteve, haja satisfação: está resolvido o problema.

Ao analisar cada etapa, salta aos olhos, que na matemática tradicional, a etapa 3 é a grande campeã no consumo de recursos. Igualmente, é na etapa 3 em que muitos desistem do problema ao encontrar becos sem saída ou ao não conseguir isolar (e consequentemente corrigir) erros cometidos.

Guarde, leitor, este fato, ele estará no centro da solução proposta mais à frente.

PONTO DE PARTIDA

A mudança havida nos últimos 20 anos no ambiente de ensino/aprendizagem da matemática comporta muitas variantes, mas algumas que nos interessam aqui podem ser descritas:

Computação disponível: ter um ou mais computadores à disposição de cada aluno durante a aula era uma impossibilidade até bem pouco tempo. Hoje não é mais, sobretudo se se considerar que um simplório celular de hoje tem mais capacidade computacional do que um computador de 15 anos atrás.

Processadores simbólicos: Há uma família importante de ambientes computacionais que vem ajudar aqui. São programas que resolvem equações, sistemas, determinantes, acham intersecções, derivam, integram, calculam limites, fazem simulações enfim, podem se encarregar de toda a “calculagem” envolvida na solução de um problema.

Linguagens de programação: Ao olhar para o computador como um escravo auxiliar na hora de calcular algo, há que se dominar a linguagem de comunicação com ele. Esta habilidade já existe em alguma medida na nossa população de estudantes, mas ela tem que ser incrementada. Há muitas iniciativas de habilitar crianças na programação já a partir dos 7 anos. Sem chegar a tanto, parece que no ensino médio, alguma linguagem de programação deveria ser parte do cabedal de conhecimentos médio.

Em resumo, na abordagem tradicional, o que temos até aqui pode ser descrito como uma situação onde o aluno deve usar apenas o que já está na sua caixa de ferramentas matemáticas para resolver todo e qualquer problema que lhe apareça. A caixa, em geral, é pequena ou melhor dizendo pouco populada. Isto limita o espectro de problemas a resolver. Ficam de fora problemas reais, para os quais nem sempre

2 Tostines vende mais porque é fresquinho, ou é fresquinho porque vende mais ?

há muita teoria consolidada envolvida, ou problemas com medidas incertas formadas por números grandes igualmente incertos. A mistura de problemas exageradamente simplificados com processos difíceis de solução é fatal: além de permitir poucos sucessos, há uma situação onipresente de artificialidade nos problemas tratados.

TEORIA E PRÁTICA

O que se propõe como uma abordagem alternativa é o que tem sido chamado de “Matemática Baseada em Computação (MBC)” ou seu equivalente em inglês “Computer Based Math (CBM)[3]”. Trata-se de uma iniciativa que propõe que a etapa 3 da espiral acima descrita seja delegada ao computador, sob controle e operação do estudante.

Agora, não há problema impróprio: se não se conhece a matemática subjacente a ele, usa-se a simulação. Se há que levantar e tratar centenas de dados, vamos a eles, escreva-se um programa. Problemas que no ensino tradicional ninguém teria a coragem de abordar (como por exemplo “Quantas questões eu teria que elaborar para que duas provas aleatórias não repetissem questão?”, ou “será que na nossa escola as meninas são melhores do que os meninos em matemática?” ou “quanto dinheiro por mês preciso obter para ser um milionário aos 50?” ou “quão grande minha senha deve ser?” ou ainda “em que lugar da cidade devo implantar um novo hipermercado?”) podem e devem fazer parte do currículo. A aderência destas questões ao dia-a-dia do estudante é evidente, mostrando da melhor maneira (pela evidência) a importância da matemática.

Ao abrir mão do processo de cálculo não se perde muita coisa: toda a espiral ainda é de responsabilidade do estudante. O que se ganha é significativo: tempo e esforço agora vão igualmente para as 4 etapas da espiral.

Os ambientes necessários já são disponíveis, entre os quais podem ser citados: MAPLE (um maravilhoso processador simbólico, linguagem de programação, editor de textos matemáticos e gerador de gráficos) cujo custo da versão de estudante é de 124 dólares [4]. Ou o ambiente Mathematica, com funcionalidades similares à do Maple, cuja versão para estudantes é de 395 reais [5]. Ou ainda Matlab, também similar ao Maple, cuja versão individual é de 135 dólares [6]. Esta última, ressalte-se, conta com uma versão livre, aparentemente bastante funcional [7]. Estas são apenas algumas possibilidades, há outras, muitas gratuitas. Um bom repositório de tais ferramentas pode ser visto em https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_computer_algebra_systems.

Quanto às linguagens de programação que podem apoiar este esforço, a riqueza é ainda maior: Desde a APL, uma antiga linguagem ainda insuperável na produtividade e facilidade de uso, até as linguagens de alta produtividade inseridas nos pacotes acima: maple, matlab, mathematica, além de muitas outras. Não é por falta de alternativas que esta modalidade de estudo/ensino deixará de ser oferecida.

PORQUE ESSE RELATO É UMA BOA PRÁTICA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Idéias similares a estas têm sido aplicadas na Universidade Positivo. Há um problema que tenho usado há anos nos cursos de Engenharia da Computação e no Bacharelado de sistemas. Nele, simula-se o funcionamento do Global Positioning System (GPS), sistema de propriedade do governo americano, operado pelo Departamento de Defesa e ao qual todos temos acesso, ao usar e consultar os GPSs automotores que equipam nossos automóveis. No exercício, dados alguns pontos fixos e conhecidos no terreno e os tempos gastos pelo som entre tais pontos e a localização desconhecida, pede-se o cálculo da posição exata do portador do GPS.

O objetivo é dar ao estudante o conhecimento dos insumos desse sistema. Um engenheiro ou analista não pode usar uma ferramenta dessas sem saber como ela funciona. Usar sem saber como funciona nos aproxima de Harry Potter[8] e suas varinhas de condão. E, o aspecto de geoposicionamento é cada vez mais frequente e importante em sistemas digitais de praticamente todas as áreas.

Nesse exercício, para facilitar os entendimentos, a luz cede lugar ao som (já que este anda mais devagar, e nele não há que fazer ajustes relativísticos) e as distâncias são menores do que 100 km. Ainda assim, há problemas: no final do processo surge apenas uma equação do segundo grau resolvível por Báskhara. Mas, que equação! Os coeficientes são enormes, não inteiros. Este último fato pressupõe erros de arredondamento, que vão sendo carregados e fatalmente impactam nos resultados encontrados. Achado um resultado, deve-se verificar se ele está correto, com as raízes zerando a equação original. No mundo artificial da matemática isso sempre ocorre. No mundo real quase nunca ocorre, precisamente devido aos erros de arredondamento.

Antes do uso da MBC, em uma turma típica de 50 alunos, e sabendo que cada aluno recebeu uma instância diferente do problema³, eis o que frequentemente aconteceu: uma parte pequena da turma resolve corretamente a sua localização no espaço, embora depois de ingentes esforços de cálculo. Outra parte da turma, maior, desiste do problema diante de sua magnitude assustadora. Finalmente, mais da metade da turma, não consegue achar o resultado correto, ainda que não desista e destine muito esforço na solução.

Com o uso do MBC, a maior parte dos alunos chega ao resultado correto. Alguns até dizem “mas é só isso?”. Note-se o que estes alunos acabaram de adquirir: eles agora sabem como um GPS funciona. Podem bater no peito e dizer: sei onde estou, ou mais apropriadamente sei como o GPS sabe me dizer onde estou. Podem refazer o problema do colega, podem comparar resultados, discutir distâncias, generalizar resultados, projetar aplicações e usos. A sensação de aquisição e de sucesso é sempre muito boa.

³ Ao entregar a cada aluno uma instância inédita, evita-se a chamada □socialização de resultados□ que é uma praga do nosso processo de ensino/aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- [1] REIS, Leonardo Rodrigues. REJEIÇÃO À MATEMÁTICA: CAUSAS E FORMAS DE INTERVENÇÃO. Universidade Católica de Brasília, Brasília, s/d. <http://www.ucb.br/sites/100/103/tcc/12005/leonardorodriguesdosreis.pdf>, acesso em 23/02/2016.
- [2] GARBI, G. Gilberto. A RAINHA DAS CIÊNCIAS. Livraria da Física, São Paulo, 2010.
- [3] WOLFRAM, Conrad. CBM Brochure. Computer Based Math. <https://www.computerbasedmath.org/>, acesso em 23/02/2016.
- [4] MAPLE. <https://webstore.maplesoft.com/catalog.aspx>, acesso em 18/fev/16.
- [5] MATHEMATICA. <http://www.sia.com.br/mathematica.htm>, acesso em 18/fev/16.
- [6] MATLAB. <http://www.mathworks.com/pricing-licensing/index.html?intendeduse=home> acesso em 18/fev/16.
- [7] FREEMAT. <http://freemat.sourceforge.net/>, acesso em 24/02/2016.
- [8] ROWLING, J. K. HARRY POTTER e a câmara secreta. Rocco, Rio de Janeiro, 2000.