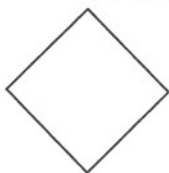


O nosso universo matematizado



Jorge Duarte*

*"O universo
está escrito em caracteres matemáticos e as letras são triângulos,
círculos e outras figuras geométricas sem as quais é humanamente
impossível entender uma só palavra."
Galileu*

Introdução

A estrutura da nossa civilização seria impensável sem fazer referência à Matemática. Nas sociedades modernas, a Matemática é um instrumento fundamental para cientistas, engenheiros, sociólogos, economistas, etc. Definitivamente, podemos falar numa presença ubíqua da Matemática.

Um dos mistérios da Matemática é a sua aplicabilidade. O que é realmente surpreendente, é que as leis da natureza se descrevem com incrível exactidão mediante estruturas matemáticas bastante abstractas e nada intuitivas. Para Einstein, esta perfeição constituiu sempre um mistério insondável. E para qualquer pessoa amiga de reflectir sobre estes assuntos, também.

Durante o último século, a Tecnologia, a Matemática e o mundo dos negócios uniram os seus esforços, de um modo verdadeiramente notável, para construírem o computador. A instrumentalização deste incrível engenho logico-matemático tornou efectivas as aplicações da Matemática.

O computador ocupa um lugar de destaque na nossa sociedade. Não é possível voar até à Lua sem uma ajuda dos computadores. Todos sabemos que um pacemaker incorpora um computador e começamos a sentir que devemos tomar a informatização do Homem num sentido literal e não simplesmente metafórico.

* Equip. assistente – ESEL.

Depois destas considerações, compreendemos facilmente que vivemos permanentemente mergulhados em dígitos, em fórmulas e dependentes da Matemática para mantermos um estilo de vida cada vez mais tecnológico. Mas, será que tanta Matemática nos beneficia? Em determinados negócios, na guerra e como instrumento de propaganda em algumas ciências sociais, a Matemática pode ser extremamente desumanizante e suscitar delicadas questões de ordem ética.

Analisando a Matemática num contexto político-social, qual será o papel da alfabetização matemática na nossa sociedade? O que podemos esperar da educação matemática?

No presente texto, tentarei reflectir sobre estas questões pertinentes. É meu propósito recordar que os mundos físico e social estão a ser cada vez mais rapidamente matematizados.

1. A educação matemática e o desenvolvimento democrático

Segundo Henry Giroux a escola precisa de ser entendida como um serviço que educa os alunos a serem cidadãos críticos capazes de lançar desafios e acreditar que os seus comportamentos poderão modificar a sociedade. Surgem, neste contexto, discussões acerca da alfabetização matemática e do seu papel na nossa sociedade. Podemos perguntar: poderá a alfabetização matemática ser um pré-requisito para a emancipação social e cultural? Existirá alguma relação entre as noções de democracia e cidadania crítica e a educação matemática? Questões como estas foram colocadas por Ole Skovsmose que descreveu a intervenção da Matemática na sociedade como um sistema colonizador e configurador da realidade.

Seguidamente analisarei o problema da democracia numa sociedade altamente tecnológica, tendo como principal referência o artigo de Skovsmose intitulado «Competência democrática e conhecimento reflexivo em Matemática» (1992).

1.1. A democracia e a educação

Começemos por analisar o conceito de democracia tentando ligá-lo à educação matemática.

A democracia está relacionada com várias condições das quais podemos destacar as seguintes:

1. Condições formais relativas à eleição (eleição de um governo);

2. Condições materiais relativas à distribuição (os bens devem ser distribuídos de uma forma justa);
3. Condições de ordem ética relativas à igualdade (iguais oportunidades direitos e obrigações);
4. Finalmente, a democracia está relacionada com a possibilidade de os cidadãos participarem na vida político-social.

A reflexão sobre a eventual participação dos indivíduos na vida democrática remete-nos para novas interrogações acerca da alfabetização matemática. Que tipo de aptidões ou competências, importantes para a participação numa democracia, podem ser desenvolvidas pela alfabetização matemática? Poderá a educação matemática ser útil, ao fornecer as bases para a posterior participação dos jovens numa democracia como cidadãos críticos? Faz realmente sentido relacionar a educação matemática com a natureza da democracia?

1.2. A necessidade de uma competência democrática

Existem várias noções de democracia. Rousseau apresenta-nos a ideia de democracia directa, realçando a importância da participação. Todo o povo (ou a maior parte do povo) deveria realmente ter possibilidade de participar na governação. Facilmente compreendemos que esta definição de democracia é impossível na maior parte das sociedades modernas. Surge então o problema da delegação do poder e a ideia de democracia representativa.

Os indivíduos encarregados da governação precisam de ter um conhecimento específico acerca do domínio que vão governar. Analogamente, os indivíduos que não pertencem ao governo, precisam de ter competência para julgarem os resultados da governação. Assim, podemos falar em competência de governação e competência democrática. Se numa democracia atribuímos maior importância ao processo de eleição do que à forma adequada de governação, então não é necessário dedicar qualquer atenção ao estabelecimento de uma competência democrática. O único contributo do povo para a vida democrática é o seu voto.

Tal como Ole Skovsmose, defendo uma noção de democracia que envolva formas de participação na discussão e crítica na governação. Considero que o conceito de democracia em toda a sua plenitude, deve contemplar a noção de cidadania crítica. Com efeito, o desenvolvimento de uma competência crítica apresenta-se como uma condição fundamental para a vida democrática.

1.3. A democracia numa sociedade tecnológica

A humanidade vive permanentemente mergulhada em tecnologia. Esta é uma verdade insofismável. Definitivamente, podemos falar na presença ubíqua da tecnologia na nossa civilização.

A tecnologia da informação é baseada em desenvolvimentos da Matemática. A Matemática surge como o suporte lógico do processamento de informação e, ao mesmo tempo, como a base das aplicações da tecnologia da informação.

Numa sociedade, onde as decisões sociais, económicas e políticas têm que ver com a tecnologia, torna-se importante que as pessoas que avaliam aqueles que governam possuam um razoável grau de conhecimento tecnológico.

Referi anteriormente que a democracia está relacionada com condições materiais, éticas e com a possibilidade de participação e de reacção. Será que o desenvolvimento social e tecnológico impede o desenvolvimento de uma capacidade de participação crítica? Este constitui o problema da democracia numa sociedade altamente tecnológica. Será possível garantir a cidadania crítica numa sociedade onde impera a tecnologia?

Para prosseguir numa análise deste problema, é importante abordar a posição da Matemática na nossa sociedade. Seguidamente reflectirei sobre esta questão e exibirei alguns exemplos que tornam visível a Matemática no mundo em que vivemos.

1.4. Matematização na nossa sociedade

1.4.1. A Matemática como um sistema que dá forma e corpo à realidade

Como referi anteriormente, a vida humana é hoje permanentemente invadida por artefactos tecnológicos. É este entrelaçamento da Matemática e da tecnologia que está na base de muitas estruturas formais da nossa sociedade.

Assistimos à edificação de uma nova natureza, feita de abstracções que interferem na nossa vida, estabelecendo as condições e as orientações do desenvolvimento social posterior.

Muitos dos formalismos matemáticos que regem grande parte das nossas actividades diárias escondem-se atrás das máquinas e das soluções tecnológicas. Deste modo, a Matemática tem uma presença implícita e invisível. Importa salientar a necessidade de desvendar esta Matemática implícita porque, na verdade, o cidadão comum desconhece muitos dos modelos matemáticos que orientam as suas próprias actividades. Assim, revelam-se verdadeiramente importantes duas competências, a saber:

- a) a capacidade de criticar modelos e formas de modelação;
- b) a capacidade de questionar e de reflectir sobre o uso excessivo dos modelos matemáticos na nossa sociedade.

Todavia, a matematização da sociedade não é acompanhada pela matematização dos seus indivíduos. A participação do cidadão comum é limitada a um sistema de *input-output* que desencadeia uma acção imediata.

As formas de calcular impostos, abonos de família, salários e sistemas de avaliação escolar são alguns exemplos que ilustram a presença implícita da Matemática entre nós. É preciso ter consciência que a matematização social não se limita a adequar-se à realidade existente, ela tem uma influência real e determinante nas nossas vidas.

1.4.2. A Matemática como filtro social

Muitos estudantes frequentam a disciplina de Matemática por compulsão. Alguns têm pouco interesse e um grande número deles revelam grandes dificuldades em aprender o que quer que seja ligado com a Matemática.

Podemos inocentemente perguntar: «Porque razão se obriga tanta gente a estudar e a compreender uma matéria pela qual têm pouco interesse e para a qual não demonstram grandes aptidões?». Uma resposta simples e pouco esclarecedora seria: «Porque é exigido». Insatisfeitos com esta explicação perguntamos imediatamente: Exigido porquê? Por quem? Por que motivos?

Reconhecemos muito facilmente a utilidade de áreas da Matemática como o cálculo infinitesimal e as equações diferenciais num curso de engenharia. Para os engenheiros a necessidade destas matérias é inquestionável. Podemos fazer considerações análogas em relação à Física e à Química.

Como sabemos, existem cursos (Biologia, Bioquímica, Geologia, etc.) onde a utilidade de conhecimentos matemáticos abstractos e pouco intuitivos de cálculo infinitesimal e de álgebra não é muito perceptível. No entanto as faculdades que ministram estes cursos não abdicam da exigência deste tipo de conhecimentos.

Penso que o facto de a Matemática ser usada para seleccionar e classificar os indivíduos atribui significado à tentativa de considerar a Matemática como um filtro social.

1.5. O que a Matemática nos pode ensinar

Ole Skovsmose lembra que «(...) se a Matemática tem um papel especial a desempenhar na sociedade, então é natural admitir que a educação matemática tem de ser colocada em evidência.»

O conhecimento tecnológico, entendido como o conhecimento para usar e desenvolver tecnologia, só por si é incapaz de prever e analisar os resultados da sua própria produção. Assim, o desenvolvimento de uma competência crítica reveste-se de especial importância. Naturalmente que para discutir as implicações sociais da tecnologia teremos de conhecer alguns princípios básicos que estão relacionados com esta tecnologia, não sendo necessário dominar todos os campos de tal conhecimento tecnológico. Caso contrário, a vida numa sociedade tecnológica tornar-se-ia muito difícil.

Neste momento, parece-me pertinente tecer algumas considerações sobre a Matemática, uma ciência maravilhosamente estranha e frequentemente espantosa.

Ao contrário das demais matérias, que se referem a situações e a objectos concretos, a Matemática trata de noções e verdades de natureza abstracta. Esta é uma das razões da sua força e da sua importância.

A Matemática requer mais concentração e cuidado por parte do aluno porque exige precisão e proíbe ambiguidades. Por outro lado, o exercício dessas virtudes durante os anos de escola, pode desenvolver competências que se revelarão úteis no futuro. A perseverança, a dedicação e a ordem no trabalho são qualidades indispensáveis para o estudo da Matemática. É importante frisar que estas qualidades não são inatas.

O conhecimento matemático é por natureza encadeado e cumulativo. Eu posso conhecer toda a História de Portugal durante o Estado Novo e ignorar a História de Portugal durante a idade Média. Mas não serei capaz de estudar trigonometria se não conhecer os fundamentos da álgebra, nem entender esta última se não compreender as operações aritméticas, etc.

No que se refere às peculiaridades da Matemática, ela é importante porque é exacta, geral e se ocupa dos conceitos mais elementares da vida humana, a saber: as noções de número e de espaço.

O espírito matemático é por excelência crítico. Uma das grandes lições que a Matemática nos ensina é que não devemos aceitar os resultados passivamente. As perguntas «porquê?» e «como?» são (ou deveriam ser) frequentes em Matemática. Devemos ter sempre presente que a nossa intuição e as abordagens simplesmente epidérmicas das situações podem conduzir a enormes erros. Por

outras palavras, a Matemática transmite-nos uma mensagem simples, mas de enorme valor: «nem tudo o que parece é».

Para chegarmos a um entendimento mais completo e profundo dos resultados matemáticos, requer-se conhecimento, estudo e reflexão. Importa notar que, apesar de falível, a intuição tem um papel central em Matemática. A excessiva preocupação com o rigor bloqueia a nossa imaginação. A intuição precede a formalização.

Ao contrário do que muitas pessoas pensam, a Matemática não anatematiza o erro. Na verdade, a Matemática assume o erro e delimita-o quando não o pode eliminar.

Depois de todas estas considerações, penso que a Matemática pode contribuir para o desenvolvimento de uma competência crítica e reflexiva, preparando os indivíduos para lidarem com aspectos da vida social, incluindo aspectos culturais e políticos.

É possível, na sociedade actual, estabelecer uma relação entre a ampliação do poder e a educação matemática. A ampliação do poder não está associada à realização de cálculos matemáticos, mas sim a uma compreensão do modo como a Matemática é aplicada e funciona.

Facilmente se compreende que para cumprir obrigações e deveres é necessário entender os princípios fundamentais do desenvolvimento da sociedade. A alfabetização matemática pode contribuir para a criação de um espírito crítico e um conjunto de possibilidades que permita aos indivíduos uma participação activa na democracia. Para que os cidadãos não sejam apenas receptores passivos de informações e sejam capazes de avaliar e de criticar, têm de compreender alguns dos princípios básicos que estruturam a sociedade.

O facto da alfabetização matemática se poder tornar num poder crítico atribui significado à tentativa de relacionar a educação matemática e o desenvolvimento democrático.

2. Estamos mergulhados em dígitos e em fórmulas

Nos seus aspectos teóricos, as ciências da natureza como a Física, a Astrofísica e a Química estão hoje completamente matematizadas. Com efeito, hoje é quase condição necessária que qualquer teoria científica possa ser expressa em linguagem matemática.

As ciências da vida – a Biologia e a Medicina – estão cada vez mais matematizadas. A Genética, a Morfologia, os mecanismos controladores dos processos fisiológicos e a Ecologia dispõem já de fortes bases matemáticas.

Em ciências sociais e humanas como a Sociologia e a Psicologia, a matematização é muito influente. A produção maciça e a análise das estatísticas psicossociais dirigem frequentemente as acções dos governos. Os testes estatísticos podem alterar as nossas opções sociais e políticas.

Para entender a teoria económica é necessária uma razoável formação matemática. É possível que a previsão da nossa qualidade de vida na Terra venha a ser feita utilizando o método de análise dos ciclos económicos.

A Matemática já se instalou na arte, na coreografia e na composição musical. Por exemplo, a gravação digital da Missa de Bach em si menor foi produzida através da filtragem das formas das ondas acústicas recorrendo às transformações de Fourier, na forma de um *chip*. Pretende-se compreender o comportamento de um rato num labirinto? Então utiliza-se a matriz de Markoff apropriada. Quer-se otimizar o percurso dos camiões de recolha do lixo na cidade de Lisboa? Então a teoria de Tucker sobre grafos perfeitos poderá ajudar a resolver este problema.

Com o objectivo de se melhorar o processamento, com vista a retirar cada vez mais informação dos sinais biofísicos, têm sido introduzidas na Física Médica e na Engenharia Biomédica novas técnicas de análise e de filtragem de sinais já bem conhecidas de outras áreas. Uma das mais promissoras é a análise por *wavelets*, que tem sido utilizada em diversas aplicações, com excelentes resultados.

Para fazer uma chamada telefónica é necessário marcar vários dígitos. Para obter dinheiro numa caixa de multibanco, temos de possuir um cartão apropriado e obedecer a um programa simples.

A Matemática combinou-se com a tecnologia e o dinheiro. Certas pessoas vêem nesta ligação uma monstruosidade. Pelo contrário, outras acreditam que esta combinação pode resolver muitos problemas. É bem possível que a nossa afirmação de existência venha a ser: «Computo, logo existo».

O computador é descrito frequentemente como um escravo neutro mas diligente. O grande perigo não está em que o computador seja um robô, mas na robotização dos indivíduos, à medida que se adaptam à sua abstracção e rigidez.

Todos nós vemos e reconhecemos muitos benefícios da informatização. Mas não sabemos ainda qual o preço a pagar por este estado de hiperdigitalização.

3. Algumas questões de ordem ética

Como referi no início deste texto, a incorrecta aplicação da Matemática pode ser extremamente desumanizante e suscitar delicadas questões de ordem ética.

A primeira perguntinha que um observador atento faria é a seguinte: será que a Matemática está a contribuir para o fim da vida no planeta? A importância de questões deste tipo é justificada por preocupações de ordem social.

Alguns críticos defendem que o computador degrada o espírito e corrompe a inteligência. Simon Weil escreveu pouco antes do aparecimento do computador digital: “Dinheiro, mecanização e álgebra são os três monstros da civilização contemporânea”. Dinheiro, mecanização e álgebra são precisamente os três domínios identificados como os progenitores do computador.

As pessoas que como eu gostam de Matemática e a reconhecem como uma das grandes realizações humanas, perguntarão qual o motivo por que a Matemática, em conjugação com o dinheiro e a mecanização, fez surgir tais monstruosidades.

Normalmente são os físicos a aceitar grande parte da responsabilidade, mas os físicos não podiam fazer o que fizeram sem usarem a Matemática. As armas nucleares são, em última análise, realizações matemáticas. Os mísseis, desde os que destruíram Hiroxima e Nagasáqui, até aos actuais Cruise, estão totalmente saturados de Matemática.

Talvez só uma pequena porção de matemáticos tenha participado directamente no desenvolvimento de armas bélicas com um elevado poder de destruição. No entanto, todos os físicos e engenheiros aprenderam Matemática para ajudarem a criar, remodelar e aperfeiçoar essas armas. Acredito que o ensino da Matemática deve ser usado para beneficiar a Humanidade e não para contribuir para a sua destruição. Não podemos ignorar que a corrida ao armamento nuclear pode tornar inevitável a destruição da nossa civilização.

Todas estas considerações constituem apenas uma abordagem simplesmente epidérmica e tangencial de um assunto da maior relevância e actualidade.

4. Considerações finais

Sublinhei anteriormente que os mundos físico e social estão a ser rapidamente matematizados. Podemos falar em matematização do real. Mas o

que é o real? O que é que nos rodeia e como é que o conhecemos? Estas perguntas simples e perenes que invadem o nosso espírito, constituem um dos problemas fundamentais da Filosofia.

O que é o real? Uma resposta possível seria: «Basta abrir os olhos e os ouvidos e descrever o que vejo e ouço».

Quando caminho tranquilamente na rua e dou um pontapé accidental numa pedra, esta é real assim como a dor resultante. Quando olho para o Sol penso que ele é real. Mas a ciência diz-me que o Sol é real num sitio diferente daquele em que parece estar. Devido à velocidade finita da luz, nós vemo-lo num sitio onde ele esteve há oito minutos. Isto significa que se o Sol desaparecesse neste preciso momento, só daqui a oito minutos é que daríamos pela sua falta. Sigo a trajectória do Sol e parece-me que anda à volta da Terra. Mas não, a ciência diz-me que é a Terra que anda à volta do Sol a uma velocidade de trinta quilómetros por segundo. A evidência dos nossos sentidos apresenta-se como insuficiente para definir o que é a realidade.

A realidade é um conceito muito complexo que contém diferentes níveis. Podemos dizer que existe uma realidade objectiva e uma realidade subjectiva. O que se aceita universalmente constitui a realidade objectiva. A realidade subjectiva diz respeito ao que é intimo. A ciência concentra principalmente a sua atenção sobre a realidade objectiva. Ao contrário, a arte, a música e a literatura preocupam-se fundamentalmente com a sensibilidade e os mundos pessoais.

Generalizou-se a ideia de que a forma de atingir objectividade passa pela matematização. Se um assunto puder ser tratado matematicamente então a objectividade é imediatamente garantida.

No passado, as ideias de harmonia, a curiosidade e a procura de rigor impuseram uma realidade na ciência inspirada em valores humanos. Hoje, num sentido oposto, a ciência, com todas as suas estruturas matemáticas abstractas, impôs a sua realidade aos valores e comportamentos humanos.

Mas quais serão os limites da Matemática? Existirá alguma coisa no mundo que não se possa tornar objecto de uma teoria matemática? Será que podemos matematizar tudo? Acredito que no mundo físico tudo é matematizável.

Assim, para encontrarmos coisas não-matematizáveis temos de nos afastar do mundo físico. Mas que outro mundo existe? Se eu for um materialista suficientemente fanático responderei simplesmente que não existe nenhum. Ponto final. No entanto, se eu me parecer mais com um ser humano, sei da existência de coisas como sonhos, emoções, atitudes, crenças, aspirações, pesar, desejo, bondade, amizade e muitas outras. Penso que estas coisas, que pertencem ao mundo interior da vida humana, nunca poderão ser objecto de uma

teoria matemática. Todas elas estão fora do computador, fora de quaisquer equações ou algoritmos. E ainda bem. Fico feliz que assim seja!

Ainda não desvendámos qual será o apogeu da matematização. Qual o caminho que devemos tomar na nossa vida?

Está a surgir um elevado sentimento de interacção entre os pensamentos e argumentos matemáticos e a vida humana. A Matemática tem necessidade de se associar a todos os tipos de actividade humana, tanto mental como física. Determinados autores defendem que a Matemática recolheu inspiração no mundo dos negócios, nas leis, na guerra, na política, nos jogos de azar, na actividade lúdica e não apenas em certas ciências físicas aprovadas pelo positivismo. A Matemática fez recolhas em todas estas instituições humanas.

Acredito que o Homem e a ciência matemática se podem combinar harmoniosamente. O propósito das considerações feitas ao longo deste texto é fazer notar a necessidade de fomentar uma elevada consciência da relação entre os seres humanos e a Matemática que criaram. Algumas reflexões permitiram-nos concluir que a educação matemática pode contribuir para o desenvolvimento de uma competência crítica e reflexiva, preparando os indivíduos para lidarem com aspectos da vida social. Por outras palavras, o ensino da Matemática pode ser usado para beneficiar a humanidade. Deste modo, o espírito crítico e reflexivo é fundamental para nos proteger dos eventuais perigos das incorrectas aplicações da Matemática.

Referências

- AGUDO, F. R. D. [et al.] (1995) – *Matemática e cultura II*. Lisboa: SPB Editores.
- DAVIS, P. J.; HERSH, R. (1997) – *O sonho de Descartes*. Lisboa: Difusão Cultural.
- MATOS, J. F.; AMORIM, I. (1994) – *Matemática e realidade: que papel na educação e no curriculum*. Lisboa: SPCE.