

A Educação Matemática e o estado do mundo: Desafios

Firma Invitada: Ubiratan D'Ambrosio

Conferencia Plenaria en VII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática.
Septiembre 2013. Montevideo, Uruguay

Resumen

Aunque la preocupación principal de esta reunión es para discutir los avances y los retos de la Educación Matemática, creo que me permiten hacer mis comentarios a un objetivo mayor, que es la supervivencia de la civilización en la Tierra, con dignidad para todos. No se trata simplemente de una jerga. El mundo está amenazado, no sólo por los ataques a la naturaleza y al medio ambiente, pero también por la creciente violación de la dignidad humana. Nos enfrentamos cada vez más con casos de vivir bajo el miedo, el odio y la violación de los principios básicos en que se asienta la civilización.

Esta preocupación es explicitada en el Editorial de la revista *Science* (08 March 2013), de autoria del eminente científico británico Martin Rees:

"Las principales amenazas a la existencia sostenible de la humanidad ahora vienen de gente, no de la naturaleza. Crisis ecológicas que degradan irreversiblemente la Biosfera pueden ser desencadenadas por las demandas de un crecimiento insostenible de la población mundial. La rápida propagación de alguna pandemia puede causar estragos en las megaciudades del mundo en desarrollo. Y las tensiones políticas que resultan de la escasez de recursos, son exacerbadas por el cambio climático. También de preocupación son las amenazas de imponderables consecuencias de las potentes nuevas cyber-, bio- y nano-tecnologías, porque estamos entrando en una época en que algunas personas podrían, a través de error o terror, provocar una ruptura social irreversible."

La importancia de las matemáticas como un conocimiento que puede orientar para evitar el colapso de la civilización es indiscutible. Es ampliamente reconocido por los historiadores que la civilización mundial tiene sus fundamentos en las matemáticas. Nadie está en desacuerdo que las matemáticas son la columna vertebral del mundo moderno, por una serie de razones: su importancia en las Ciencias y en tecnología; su fundamentación de las teorías económicas y financieras; sus aplicaciones prácticas; su influencia en las artes. Pero sobre todo para regular la ocupación del espacio y para organizar el tiempo de nuestra vida cotidiana. Espacio y tiempo son la esencia de las prácticas y teorías matemáticas.

Mikhail Gromov, uno de los matemáticos más destacados, recibió en 2009 el Premio Abel (que es el equivalente del Premio Nobel de Matemáticas). En una entrevista del 2010, Gromov hizo la siguiente declaración:

"La tierra agotará sus recursos básicos, y no podemos predecir lo que pasará después de eso. Quedaremos sin agua, aire, suelo, metales raros, sin dejar de mencionar el petróleo. Esencialmente todo llegará a su fin dentro de cincuenta años. ¿Qué pasará después de eso? Tengo miedo. Todo puede ir bien si encontramos soluciones, pero si no, entonces todo puede llegar muy

rápidamente a su fin! Las matemáticas pueden ayudar a resolver el problema, pero si no tenemos éxito, habrá no más cualquier matemáticas, tengo miedo!"

Es seguro que, como matemáticos, estamos preocupados por el avance de nuestra disciplina. Pero también es seguro que, como seres humanos, estamos igualmente preocupados por sobrevivir con dignidad. Como matemático y educador matemático acepto, como prioridad, la búsqueda de una civilización con dignidad para todos, en que la inequidad, la arrogancia y la intolerancia no tengan lugar. Esto significa rechazar la violencia y lograr un mundo en paz. El reto: como obtener eso con la Educación Matemática.

Introdução

Minha motivação principal é o estado da civilização, que depende de fatos e fenômenos naturais, de fatos e fenômenos criados pela intervenção humana, e dos sistemas de conhecimento que permitem explicar, entender e nos proteger dos fatos e fenômenos naturais, e de inventar e manipular fatos e fenômenos criados pelos homens.

É inegável que a civilização moderna está ameaçada. Há um perigo evidente de extermínio da civilização. Como diz Martin Rees, num. Editorial recente da revista *Science* (March 08, 2013).

“As principais ameaças à existência sustentável da humanidade agora vêm de pessoas, não da natureza. Choques ecológicos que degradam irreversivelmente a Biosfera podem ser desencadeados pelas exigências de um crescimento insustentável da população do mundo. A rápida disseminação de pandemias pode causar estragos nas megacidades do mundo em desenvolvimento. E as tensões políticas serão provavelmente decorrentes da escassez de recursos, agravados pelas alterações climáticas. Igualmente preocupantes são as ameaças imponderáveis resultantes das poderosas novas cyber - bio- e nanotecnologias, pois estamos entrando em uma era na qual alguns indivíduos poderiam, por meio de erro ou terror, provocar uma ruptura social irreversível.”

O matemático Mikhail Leonidovjch Gromov, detentor do Prêmio Abel de 2009, diz, numa entrevista de 2010, que

"A Terra vai ficar sem os recursos básicos, e não podemos prever o que vai acontecer depois disso. Vamos ficar sem água, ar, solo, metais raros, para não falar do petróleo. Tudo vai, essencialmente, chegar ao fim dentro de cinquenta anos. O que vai acontecer depois disso? (*destaque meu*). Estou com medo. Tudo pode ir bem se encontrarmos soluções, mas se não, então tudo pode chegar muito rapidamente ao fim!"

É importante mencionar que Mikhail Leonidovjch Gromov é um matemático russo/francês, nascido em 1943, Diretor do *Institut de Recherches Mathématiques de Bures-sur-Yvette*, França, e que o Prêmio Abel é o equivalente a um Premio Nobel, pois todos sabem que não há Premio Nobel de Matemática.

Cabe uma reflexão sobre por que não há Prêmio Nobel de Matemática. O magnata sueco Alfred B. Nobel (1833-1896) fundou e legou toda a sua imensa fortuna à Fundação Nobel. Em 1901, essa fundação, seguindo a vontade de seu fundador, instituiu uma premiação milionária, denominada Prêmio Nobel, para distinguir indivíduos e instituições especializadas que “mais tenham contribuído para o benefício da humanidade” em certas áreas do conhecimento. As áreas contempladas foram, de acordo com a vontade de Nobel, Física, Química, Fisiologia

ou Medicina, Literatura e Paz. Em 1969, foi decidido incluir a área de Economia entre as premiações. Matemática foi, por vontade explícita de Nobel, permanentemente excluída da premiação. As explicações são as mais discutidas e controvertidas. Algumas até fazem parte da fofocagem matemática. Mas pode-se levantar a hipótese de Alfred Nobel considerar a Matemática nada mais que uma linguagem e que, diretamente, não contribui para o benefício da humanidade, servindo apenas de apoio para as demais áreas. Particularmente nas premiações em Economia, os laureados têm sido excelentes matemáticos com contribuições relevantes para a economia.

A questão da natureza da Matemática, de sua finalidade e de como ela se relaciona com a sociedade em geral tem sido objeto de muitas especulações, como será indicado neste trabalho. O fato é que a exclusão da Matemática das áreas contempladas pelo Prêmio Nobel sempre foi muito desconfortável para os matemáticos, algumas vezes interpretada como um *captio diminutio* da Matemática dentre as áreas acadêmicas autônomas. Daí a decisão justa e acertada de criar uma premiação equivalente ao Prêmio Nobel para matemáticos.

Na comemoração do bicentenário do grande matemático norueguês, Niels Henrik Abel (1802-1829), foi instituído, sob patrocínio do Rei da Noruega, uma premiação, absolutamente equivalente ao Prêmio Nobel, denominada Prêmio Abel. A premiação tem o mesmo valor, cerca de 1 milhão de dólares, e os critérios de concessão e de escolha são os mesmos que os do Prêmio Nobel. Atribuído pela primeira vez ao matemático francês Jean-Pierre Serre (1926-), em 2009 o prêmio foi atribuído a Mikhail Leonidovjch Gromov “Por suas contribuições revolucionárias à geometria.”

Voltemos à entrevista de Gromov. Seu pessimismo quanto à sobrevivência da civilização não é uma afirmação leviana, jargão próprio de catastrofistas, nem uma visão apocalíptica de cunho religioso. Vindo de uma pessoa de seu *status* acadêmico, merece atenção. Esta é uma preocupação real, sentida por todos nós.

A pergunta que, naturalmente, segue é “O QUE PODEMOS FAZER?” Aceito o desafio do destacado uruguaio, filósofo e historiador das ideias, Fernando Flores Morador, professor da Universidade de Lund, na Suécia, quando diz:

“El sujeto no puede evitar participar en un conflicto histórico, pero puede elegir entre intentar tomar la iniciativa o no intervenir (adoptar una actitud pasiva). Ganar y retener la iniciativa es la regla número uno de la acción histórica. Sin la iniciativa, los participantes pasivos, son obligados a adoptar como propios los puntos de vista de aquellos históricamente activos.”¹

Minha decisão é, como diz Fernando Flores, assumir e tomar a iniciativa, de acordo com minhas possibilidades e competência, de propor novas direções para entender, explicar e agir no mundo real, e difundir essas ideias. É difícil romper o conservadorismo acadêmico e não se enfileirar com aqueles que seguem os paradigmas ditados por alguns setores conservadores da academia e das instituições. Como diz Gromov, nessa mesma entrevista de 2010,

“Estando em nossa **torre de marfim**, o que podemos dizer? Estamos nesta torre de marfim, e nos sentimos confortáveis nela. Mas, realmente, não podemos

¹ Fernando Flores Morador: *Enciclopedia de las Tecnologías Rotas. Libro I: El Humanista como Ingeniero*. Lund University, Suécia, 2011; p.44

dizer muito, porque não vemos bem o mundo. Temos que sair, mas isto não é tão fácil”.

Há algum tempo utilizo uma metáfora para definir conhecimento tradicional, , equivalente às torres de marfim, que são as GAIOLAS EPISTEMOLÓGICAS.

O conhecimento tradicional é como uma gaiola e seus cultores são como pássaros vivendo nessa gaiola. Alimentam-se do que está na gaiola, voam só no espaço da gaiola, só vêem e sentem o que as grades permitem. Os pássaros vivendo em uma gaiola alimentam-se do que encontram na gaiola, voam só no espaço da gaiola, comunicam-se numa linguagem conhecida por eles, procriam e repetem-se e só vêem e sentem o que as grades permitem. Não podem saber de que cor a gaiola é pintada por fora. No mundo acadêmico, os especialistas são como pensadores engaiolados em paradigmas e metodologias rígidas, que não permitem ver além do que é considerado academicamente correto.

Mas sair da gaiola, como sair das torres de marfim, não é fácil. A aprovação dos pares oferece vários benefícios, como segurança, promoções e salários, assim como a gaiola oferece aos pássaros segurança, abrigo, alimentação e convívio. Mas o preço por estes benefícios é alto: as grades impedem ver a realidade ampla.

É fundamental poder sair e voltar livremente, conhecer a realidade ampla e reconhecer os problemas maiores afetando a humanidade. É necessário estabelecer uma parceria de colaboração com todos os demais especialistas.

Essa parceria tem sido desconsiderada. Particularmente, a matemática e as ciências se distanciaram na modernidade. Em uma entrevista de 1998, Mikhail Leonidovich Gromov escreveu

“nós, matemáticos, muitas vezes temos pouca idéia sobre o que está se passando em ciência e engenharia, enquanto os cientistas experimentais e engenheiros geralmente não se apercebem das oportunidades oferecidas pelo progresso da matemática pura. Este **perigoso desequilíbrio** deve ser restaurado trazendo mais ciências para a educação dos matemáticos e expondo os futuros cientistas e engenheiros à matemática central. Isto requer novos currículos e um grande esforço de parte dos matemáticos para trazer as técnicas e ideias matemáticas fundamentais (principalmente aquelas desenvolvidas nas últimas décadas) a uma audiência maior. Precisamos para isso a criação de uma nova geração de matemáticos profissionais capazes de trafegar entre matemática pura e ciência aplicada. A fertilização cruzada de ideias é crucial para a saúde tanto das ciências quanto da matemática.”²

Encontros e desencontros no curso da história

A situação, considerada perigosa por Gromov na citação acima, reflete uma das características mais marcantes da modernidade, que é a fragmentação do conhecimento em áreas distintas e autônomas. Essa fragmentação dicotômica é uma das responsáveis para se tratar a Matemática e as Ciências como disciplinas autônomas, muitas vezes até estranhas. Cientistas, e muito mais fortemente os humanistas e artistas, têm dificuldade para entender o código linguístico e o vocabulário especial dos matemáticos, difícil de compreender e geralmente

² Mikhael Gromov: Possible Trends in Mathematics in the Coming Decades, *Notices of the American Mathematical Society*, August 1998 p. 847.

incompreensível para os não iniciados. A busca da transdisciplinaridade, que rapidamente está ganhando espaço no mundo acadêmico e educacional, é uma reação à fragmentação dicotômica.

Na Antiguidade, pode-se falar em identificação entre a Matemática e as ciências e a engenharia. O exemplo mais notável é Arquimedes (ca287-212 a.C.). O livro clássico de Marcus Pollio Vitruvius (séc I a.C.) *De Architectura*, mostra a presença inerente da Matemática nas grandes obras de Engenharia do Império Romano. Na Alta Idade Média, sobretudo por motivação religiosa, a Matemática herdada dos gregos praticamente desaparece dos ambientes eruditos. Nota-se, porém, sobretudo graças ao desenvolvimento da arquitetura gótica, da urbanização e da perspectiva na pintura, a emergência de novas direções que viriam a se organizar como parte da disciplina Matemática, como a conhecemos hoje. Na Baixa Idade Média, os conhecimentos de natureza matemática originados dos gregos, preservados e ampliados pelos árabes, são apropriados pelos participantes das Cruzadas e levados para a Europa, onde se mesclam com os conhecimentos de ciências, de engenharia e das artes em geral, e também de uma economia emergente. Esses fazeres e saberes buscam fundamentação teórica, começando a se desenvolver bases conceituais. A advertência de Dominicus Grandissalinus, no séc.XV, que “seria vergonhoso para alguém exercer qualquer arte e não saber o que ela é, de qual assunto ela trata e as outras coisas que dela são prometidas” é significativa. Representa um apelo à busca de explicações, de natureza matemática, para as grandes obras de engenharia e arquitetura. Exemplo disso são as reformulações da obra vitruviana por Filippo Brunelleschi (1377-1446), Leon B. Alberti (1404-1472) e Sebastiano Serlio (1475-1554). Após Isaac Newton (1642-1726), as novas ideias resultantes da invenção do cálculo tem repercussões na engenharia, nas artes, nas visões de corpo, na mecânica do ser vivo, na política, na sociedade, na “redescoberta” do mundo.

Paradoxalmente, o Iluminismo ou Idade da Razão preconiza o afastamento da Matemática e das aplicações. A Matemática entra na fase de ser justificada por ser a base de todas as demais atividades materiais (particularmente técnicas) e intelectuais (ciências e filosofia) e de procurar, internamente, sua fundamentação. Torna-se epistemologicamente autônoma. A Matemática se distancia das demais áreas de conhecimento e é identificada e justificada como a base de suporte para as outras áreas. Isso fica evidente nas importantes obras de Luis Antonio Verney (1713-1792), principalmente *O método verdadeiro de Estudar* (1746) e *De Re Physica* (1769), infelizmente pouco conhecidas pelos historiadores das ciências e da matemática.³

A artificialidade da separação entre a Matemática e as Ciências se acentua no início do século XX, e há um apelo de importantes matemáticos para uma maior aproximação da matemática com as ciências, como fica evidente na seguinte observação de Eliakim H. Moore, em 1902, um dos mais destacados matemáticos desse período e Presidente da American Mathematical Society, ao defender sua proposta pedagógica:

“Este programa de reforma pede o desenvolvimento de um sistema completo de laboratório de instrução em matemática e física, um propósito principal

³ Ver a tese de doutorado de Frederico José Andries Lopes: *Verney e De Re Physica*, UNESP/Rio Claro, 2002.

sendo, até onde for possível, desenvolver por parte de todo aluno o espírito verdadeiro de pesquisa, e uma apreciação, tanto prática quanto teórica, dos métodos fundamentais de ciência. ... Sobre a possibilidade de efetivar esta unificação de matemática e física nas escolas secundárias, haverá objeção por alguns professores que é impossível fazer bem mais de uma coisa de cada vez”.⁴

Por que, na modernidade, matemáticos e cientistas se distanciaram?

Algumas possíveis causas do estranhamento acadêmico da matemática e das ciências que ocorreu desde a modernidade são:

- a natureza da Matemática.
- o estilo de comunicar matemática.
- sua inutilidade vs sua “efetividade desarrazoada”.

A última questão é a mais intrigante e sintetiza as grandes correntes de filosofia matemática. A inutilidade é proclamada por matemáticos, talvez com uma certa ironia. A mais conhecida é a afirmação de G.H.Hardy (1877-1947), um dos mais destacados matemáticos do século XX. Num testemunho que se tornou um clássico sobre a vida intelectual de um matemático, Hardy diz:

“Nunca fiz nada de ‘útil’. Nenhuma descoberta minha fez ou tem probabilidade de fazer, direta ou indiretamente, para o bem ou para o mal, a menor diferença para o conforto da vida neste mundo. Ajudei a formar outros matemáticos, mas matemáticos iguais a mim, e o trabalho deles, na medida em que eu os auxiliei, foi tão inútil quanto o meu. A julgar por todos os critérios práticos, o valor da minha vida na matemática é nulo; e fora da matemática é bem reduzido, de qualquer maneira. Tenho apenas uma chance de escapar a um veredito de nulidade completa, caso julguem que criei algo que vale a pena criar. Que criei algo é inegável; a questão é o valor da minha criação. O argumento a favor da minha vida, então, ou da vida de qualquer um que tenha sido um matemático no mesmo sentido que eu fui, é este: que acrescentei alguma coisa ao conhecimento e ajudei muitos a acrescentar mais; e que essas coisas têm um valor que difere apenas em grau, mas não em espécie, do valor das criações dos grandes matemáticos ou de qualquer um dos outros artistas, grandes ou pequenos, que deixaram algum tipo de lembrança atrás de si.”⁵

Alex Csiszar faz uma observação muito interessante sobre a proclamada inutilidade e o estilo de comunicação matemática:

“Uma dificuldade principal para matemáticos é que há uma percepção de “inutilidade” da matemática. Na verdade, muito (mas de nenhum modo todo) trabalho matemático nunca levará a qualquer tipo de aplicação prática, e parece impossível predizer o que, eventualmente, encontrará alguma utilização, ou levar a resultados que terão alguma importância fora do campo da matemática.”⁶

Já a “efetividade desarrazoada” é aceita sem hesitação. Aceita-se, sem

⁴ Eliakim H. Moore, Presidential Address to the American Mathematical Society, 1902.

⁵ G.H. Hardy: *Em Defesa de um Matemático*. Com uma Introdução de C.P.Snow. Tradução de Luis Carlos Borges, do original de 1940+1967, Martins Fontes, São Paulo, 2000; p. 140.

⁶ Alex Csiszar: Stylizing rigor; or, Why mathematicians write so well, *Configurations*, vol.11, 2, Spring 2003, p.241.

contestação, que a Matemática é a espinha dorsal da civilização moderna. A própria frase “efetividade desarrazoada” [*unreasonable effectiveness*] tornou-se clássica após ter sido utilizada como título de um trabalho referencial pelo eminente físico Eugene Wigner. Nesse trabalho ele diz:

“O milagre da conveniência da linguagem matemática para a formulação das leis de física é um maravilhoso presente que nós nem entendemos nem merecemos. Nós deveríamos ser agradecidos por isso e esperar que vá permanecer assim nas pesquisas futuras, e que se estenda para campos maiores do conhecimento, para melhor ou para pior, para nosso prazer, mesmo que talvez também para nossa confusão.”⁷

Na história de matemática existem inúmeros estudos de como matemática é essencial para as ciências, mas discussões sobre como as ciências influenciaram e continuam influenciando o desenvolvimento da matemática são menos comuns. Ainda menos comum são os estudos as elações de discordância entre os próprios matemáticos.

A Matemática é vista por muitos, inclusive por matemáticos, como um monobloco epistemológico. Isso reflete uma luta de poder na Matemática institucionalizada. Esta última observação, sobre o poder interno, é ilustrada pela atitude de David Hilbert, em 1928, quando ele escreveu para a revista *Mathematische Annalen*, a mais prestigiosa publicação de pesquisa matemática da época, dizendo não mais ser capaz de cooperar com Luitzen Egbertus Jan Brouwer (1881-1966) no corpo editorial da revista. Brouwer era um dos mais destacados topólogos da época e o introdutor do intuicionismo. Hilbert alegou profundas divergências com Brouwer sobre os fundamentos da matemática. Como resultado, Brouwer foi excluído do corpo editorial do *Mathematische Annalen*!⁸

Há algumas referências à Matemática como apoio às Ciências e à Filosofia e algumas vezes uma vaga referência às Ciências motivando o desenvolvimento da Matemática.⁹

Vejo a proclamada inutilidade e a efetividade desarrazoada como motivador e de fato um apoio para reflexões teóricas sobre a integração da Matemática com as demais ciências, mantendo-se a especificidade do estilo de comunicação matemática.

Uma proposta para se examinar a integração é o exame dos desencontros e desacordos

- na própria Matemática,
- da Matemática e as demais ciências,
- da Matemática e as demais áreas de conhecimento.

Hoje, os departamentos acadêmicos tradicionais, embora tentem resistir, são meros subsidiários de projetos de pesquisa, em áreas emergentes, como Cibernética, Inteligência Artificial, Mecatrônica, Nanotecnologia, Biologia Molecular,

⁷ Eugene Wigner: The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences, Communications in Pure and Applied Mathematics, vol.13, nº1, February 1960.

⁸ Gerhard van der Geer, We Can Make a Change, *Notices of the American Mathematical Society*, May 2004, p.493.

⁹ Mark Steiner: *The Applicability of Mathematics as a Philosophical Problem*, Harvard Univ. Press, Cambridge, 1998.

Teorias da Mente e da Consciência, Novos enfoques à Cognição e Aprendizagem, Teoria dos Jogos, Teoria Geral de Sistemas, Fractais, Teorias *Fuzzy*, Teorias de Caos. Todas essas áreas têm muito conteúdo matemático, mas são fortemente integradas com as outras ciências e, portanto, sujeitas a outros padrões de formalismo e rigor.

Uma pergunta que normalmente ocorre é: o que se passa, então, com a Matemática Clássica, na transição do século XX para o século XXI?

Há questões matemáticas ainda não resolvidas, que continuam estimulando pesquisa matemática tradicional. Lembro aquelas que receberam muita publicidade, como o teorema de Fermat (formulado em 1663) e a hipótese de Riemann (formulada em 1859). O interesse acadêmico em questões assim leva a prêmios multimilionários, mas os detalhes das resoluções ficam restritos a pouquíssimos indivíduos. Dizer que questões do tipo são resolvidas implica algo como um ato-de-fé no universo acadêmico.

A aceitação do conhecimento matemático como um ato-de-fé, isto é, a crença numa forma de "infallibilidade" das instituições academicamente credenciadas, tem óbvias repercussões negativas na atitude geral da sociedade. Facilita a aceitação, pela sociedade, dos avanços da Matemática, e o mesmo se dá com as demais ciências, sem ter ideia do que está aceitando. A retórica da autoridade institucional garante a subordinação a desígnios e interesses de indivíduos, de grupos religiosos, de grupos econômicos e financeiros, e de partidos políticos. Essencialmente, subordina a sociedade como um todo ao poder. Essa subordinação é notada no dia-a-dia. Um exemplo é a manipulação de pesquisas bio-médicas, a questão dos transgênicos, a legislação sobre aborto, e principalmente a retórica do terrorismo e do anti-terrorismo. Há inúmeras outras formas de intimidação de indivíduos. Lamentavelmente, a linguagem hermética da Matemática é um dos maiores responsáveis por esse uso do prestígio de uma área de conhecimento em benefício de grupos de poder.

Não é de agora a preocupação de se levar o conhecimento científico a todas as camadas da população. É significativo o que disse David Hilbert, o matemático de maior prestígio na transição do século XX para o século XXI e a figura maior do formalismo matemático, na sua conferência seminal proferida no 2º Congresso Internacional de Matemáticos, realizado em Paris, em 1900:

"Um velho matemático francês disse: Uma teoria matemática não está visível antes da perfeição até que você a faça tão clara que seja possível explicá-la para a primeira pessoa que você encontra na rua".¹⁰

Curiosamente, quase 30 anos depois, Hilbert enquadra-se com os conservadores, na sua disputa com Brouwer.

Não há dúvida que o grande desenvolvimento de uma nova Matemática se fará em integração com as demais áreas do conhecimento, numa relação de tipo simbiótica, e que afetará muito especialmente nosso entendimento do estado da civilização.

A vitalidade de uma nova Matemática e de novas ciências, respondendo ao apelo de Gromov citado no início deste trabalho, exige grande liberdade de

¹⁰ David Hilbert: Problemas Matemáticos (trad.do orig. de 1900 por Sergio R. Nobre) *Revista Brasileira de História da Matemática*, vol.3, nº5, 2003, pp.5-12;p.5.

expressão, criatividade e ousadia. É interessante lembrar o que disse o grande matemático norueguês Sophus Lie, em 1893, em correspondência a um amigo:

“Sem fantasia ninguém pode se tornar um matemático, e o que me garantiu um lugar entre os matemáticos dos nossos dias, apesar de minha falta de conhecimento e de forma, foi a audácia do meu pensamento.”¹¹

Há reações, às vezes violentas, contra audácia e com a superação das teorias já institucionalmente consolidadas. Utiliza-se, invariavelmente, o argumento de se manter o rigor científico. Lembro em particular, o caso Sokal.

Acredito ser este o maior desafio para o conhecimento científico atual: conseguir uma estruturação e uma linguagem capazes de atingir a população como um todo, mantendo padrões de rigor, mas não necessariamente aqueles dominantes nas gaiolas epistemológicas da ciência moderna. Para isso será necessário uma nova concepção de rigor, na qual a integração de todas as ciências e da Matemática se fará espontaneamente e sem traumas de natureza epistemológica.

Isso exige coragem e audácia. Na imagem de Imre Lakatos, os cientistas devem ser ativistas revolucionários, caracterizados como aqueles que acreditam que referenciais conceituais podem ser desenvolvidos e substituídos por outros melhores. O próprio Lakatos faz a *mea culpa* filosófica redimível ao dizer que “somos nós que criamos nossas prisões e nós podemos também, criticamente, demoli-las.”¹²

Transdisciplinaridade.

Metaforicamente, as disciplinas funcionam como conhecimento engaiolado e sair da gaiola é praticar a transdisciplinaridade.

A transdisciplinaridade vai além das limitações impostas pelos métodos e objetos de estudos das disciplinas e das interdisciplinas, isto é, vai além das grades das gaiolas.

O processo psico-emocional de geração de conhecimentos, que é a essência da criatividade, é um processo transdisciplinar. É um programa de pesquisa, e pode ser categorizado através de questionamentos como:

1. Como passar de práticas *ad hoc* para lidar com situações e problemas novos a métodos?
2. Como passar de métodos a teorias?
3. Como proceder da teoria à invenção?

Explicitando, o processo transdisciplinar envolve

- ◆ a geração e produção de conhecimento;
- ◆ a sua organização intelectual;
- ◆ a sua organização social;
- ◆ a sua transmissão e difusão, que são, normalmente, tratados de forma isolada, como disciplinas específicas: ciências da cognição (trata da geração de

¹¹ Citado em Arild Stubhaug: *The Mathematician Sophus Lie*, Springer-Verlag, 2000; p:409.

¹² Imre Lakatos: *The methodology of scientific research programmes*, Philosophical Papers Volume 1, eds. John Worrall and George Currie, Cambridge University Press, Cambridge, 1978; p.20.

conhecimento), epistemologia (trata da organização intelectual do conhecimento), história, política e educação (trata da organização social, institucionalização e difusão do conhecimento).

Na transição da Baixa Idade Média e da Renascença para a Idade Moderna, quando novos meios de observação e de questionamento são desenvolvidos e novos contextos culturais são conhecidos, as disciplinas tradicionais, embora muito gerais, não davam conta de novos questionamentos e de situações e problemas até então não identificados e reconhecidos.

René Descartes reconhece a insuficiência dos métodos específicos às disciplinas no seu *Discurso do Método*, de 1637:

“Por este motivo, considere ser necessário buscar algum outro método que, contendo as vantagens desses três [da filosofia, da lógica, e das matemáticas, a análise dos geômetras e a álgebra], estivesse desembaraçado de seus defeitos.”¹³

Mas Descartes disse claramente que procurou um método que lhe servisse para “bem conduzir a razão”, e que apresentava esse método tão somente como exemplo de como ele conduzia sua razão. Jamais como um método, “engaiolado” em novos paradigmas epistemológicos, a ser seguido por todos.

Enquanto os instrumentos de observação (aparelhos — artefatos) e de análise (conceitos e teorias — mentefatos) eram mais limitados, os enfoques disciplinar e interdisciplinar mostravam-se satisfatórios. Mas com a sofisticação dos novos instrumentos de observação e de análise, que se intensificou em meados do século XX, constatou-se que mesmo o enfoque interdisciplinar é insuficiente. A ânsia por um conhecimento total, por uma cultura planetária, não poderá ser satisfeita com as práticas interdisciplinares. Do mesmo modo, o ideal de respeito, solidariedade e cooperação entre todos os indivíduos e todas as nações não será realizado somente com a interdisciplinaridade.

O método chamado moderno para se conhecer algo, para explicar um fato e um fenômeno, baseia-se no estudo de disciplinas específicas, o que inclui métodos específicos e objetos de estudo próprios. Esse método, dominante no mundo acadêmico, caracteriza o reducionismo característico do século XVI. Logo esse método se mostrou insuficiente e já no século XVII surgiram tentativas de se reunir conhecimentos e resultados de várias disciplinas para o ataque a um problema. Não se nega que o indivíduo deva procurar conhecer mais coisas para conhecer melhor. A prática da multidisciplinaridade, que hoje está presente em praticamente todos os programas escolares, visa isso. Mas é insuficiente, como diz o próprio Descartes no início de seu *Discurso do Método*, na citação acima. A interdisciplinaridade tenta responder a essa insuficiência, não só se justapõem resultados, mas mesclando métodos e, conseqüentemente, identificando novos objetos de estudo.

Sobrevivência e Transcendência e Cultura

Vou agora abordar rapidamente um tema muito geral e básico, a quintessência de ser humano, que é a resposta aos pulsões de sobrevivência e de transcendência.

¹³ René Descartes: *Discurso do Método* (trad Enrico Corvisieri), em *Descartes - Vida e Obra*, São Paulo: Editora Nova Cultural Ltda, 1999; p.49.

Sobrevivência é o conjunto de estratégias para satisfazer as necessidades materiais para se manter vivo e dar continuidade à espécie., o que deve ser realizado aqui e agora (comum a todas as espécies). Transcendência é ir além das necessidades materiais e manter-se vivo com dignidade (característico da espécie humana); é perguntar sobre onde (além do aqui) e sobre antes, depois e quando (além do agora).

A busca de sobrevivência e de transcendência são ações transdisciplinares, individuais e socializadas, e contextualizadas no ambiente natural e sócio-cultural de um grupo.

É oportuno neste momento conceituar cultura. Há muitos escritos e teorias, geralmente impregnadas de ideologias, sobre o que é cultura. Sintetizo a essência dessas várias conceituações definindo cultura como o conjunto de mitos, valores, normas de comportamento e estilos de conhecimento compartilhados por indivíduos vivendo num determinado tempo e espaço.

A humanidade pode ser mapeada em inúmeras culturas, ocupando diferentes espaços e evoluindo com o tempo. Assim, ao longo da história, vão se transformando. A comunicação entre gerações e o encontro de grupos com culturas diferentes cria uma dinâmica cultural e não podemos pensar numa cultura estática, congelada em tempo e espaço. A dinâmica de encontros culturais é lenta e o que percebemos na exposição mútua de culturas é que pode haver uma convivência multicultural ou em muitos casos uma subordinação cultural, algumas vezes até mesmo a destruição de uma das culturas no encontro. Naturalmente, a convivência multicultural representa um progresso no comportamento das sociedades, algumas vezes conseguido após violentos conflitos. A convivência de culturas ganha espaço no momento atual, embora não sem problemas.

Ao atentarmos para os conceitos de espaço e tempo, como intrínsecos à busca de sobrevivência e transcendências, é essencial entender como a espécie evolui na lida com esses conceitos. A Matemática, como uma disciplina básica no ambiente acadêmico ocidental, tem sua origem no tratamento de espaço e tempo.

Não nego que o conhecimento disciplinar, conseqüentemente o multidisciplinar e o interdisciplinar, são úteis e importantes, e continuarão a ser ampliados e cultivados, mas somente poderão conduzir a uma visão plena da realidade se forem subordinados ao conhecimento transdisciplinar.

A pesquisa e a educação estão, rapidamente, caminhando em direção a uma educação transdisciplinar. É nossa esperança que uma nova geração, pensando e agindo com uma postura transdisciplinar, possa evitar uma ruptura irreversível da civilização, como é a grande preocupação de todos nós e é alertada por inúmeros cientistas, como destacado no início deste trabalho.

Nota final: Partes deste trabalho já foram publicadas em outros trabalhos de minha autoria.

