A Matemática que faz bem à Sociedade

Francisco Duarte Moura Neto (Editor)

II Bienal da Sociedade Brasileira de Matemática

Universidade Federal da Bahia

2004

Índice

Prefácio

“O objetivo final de uma aula deveria ser formar futuros pesquisadores,
e não decoradores de matéria.”
Stephen Kanitz

“...a verdadeira e inexpugnável glória de Deus começa
onde termina a linguagem.”
Luis Fernando Veríssimo.

Este texto é um fragmento escrito anteriormente à atividade de mesmo nome, uma Mesa Redonda, que ocorre no Hotel Othon de Salvador, das 14 às 16 horas de 26 de Outubro de 2004, no âmbito da II Bienal da Sociedade Brasileira de Matemática, realizada em Salvador, de 25 a 29 de Outubro de 2004.

O Objetivo da Mesa Redonda.

O problema do ensino de matemática só pode ser resolvido se a sociedade quiser. Mas porque a sociedade quererá? A mobilização da sociedade para resolvê-lo é difícil, requer empenho, e demanda um profundo conhecimento de qual é o problema e mais, um entendimento claro de porquê é um problema para a sociedade.

É certo que a caracterização completa do problema envolve a escolha do tipo de sociedade que se almeja. Assim, para construir uma sociedade ditatorial ou uma sociedade democrática, os requisitos de instrução matemática são certamente diferentes. No Egito dos faraós, uma descrição algorítmica de como determinar o volume de um troço de pirâmide terminava com a uma ‘justificativa’ autoritária da validade do procedimento: ‘Encontrarás o resultado certo’.

Se uma clareza dessa escolha não é alcançada, o problema não existe e nada há a ser resolvido. O primeiro passo para resolver o problema do ensino de matemática é investir esforços para que os atores sociais, incluindo os matemáticos, mas certamente não apenas eles, percebam, com muita clareza, que a matemática é importante para a sociedade. De repente, todas as gerações têm que redescobrir os pontos fortes milenares da matemática.

O objetivo da mesa redonda é reunir profissionais de destaque nacional, de diferentes áreas, para fazer um exercício de reflexão sobre o papel e as características necessárias da matemática e de seu ensino, de forma a auxiliar a comunidade matemática na formulação de propostas de melhoria do nível de conhecimento e de habilidades matemáticas que atendam a sociedade brasileira contemporânea.

Como forma de motivar os membros da mesa, distribuí previamente o artigo “*The case for quantitative literacy*”, sobre o qual falarei mais adiante, e facultei que colocassem por escrito as considerações que iriam expor na Mesa Redonda, para serem distribuídas durante a Bienal, juntamente com uma tradução do *Case*. Pedi demais sem haver tempo real capaz de comportar o trabalho necessário. Consegui um contribuinte que, forçado pela amizade de longa data, se viu obrigado a expandir o tempo à sua volta. Assim, nesta brochura encontra-se seguidamente a tradução do *Case* “Argumentação em favor da alfabetização quantitativa" e o artigo do Prof. Carlos Tomei, "Coerência, clareza, lucidez: matemática e sociedade".

O *The National Council on Education and the Disciplines (NCED)*, dos Estados Unidos, formou uma comissão, a *Quantitative Literacy Design Team,* com o objetivo de analisar o significado da alfabetização numérica na sociedade americana contemporânea. Esta comissão, liderada pelo Professor Lynn Arthur Steen do *St. Olaf College* produziu um documento sucinto acima referido e intitulado "*The case for quantitative literacy*". A lista dos dezesseis membros da comissão está no próprio artigo. O *Case* foi então analisado individualmente por 14 outros profissionais, de diferentes inserções sociais e áreas de conhecimento, e que escreveram artigos comentando e avaliando criticamente as opiniões ali avançadas. Esse trabalho foi patrocinado pela *The Woodrow Wilson National Fellowship Foundation* e está relatado no livro *Mathematics and Democracy – The case for quantitative literacy*, NCED, 2001. A autorização para a tradução e distribuição do *Case* durante a II Bienal da Sociedade Brasileira de Matemática, no âmbito da Mesa Redonda "A matemática que a sociedade gosta" foi concedida pela presid ência da *The Woodrow Wilson National Fellowship Foundation*, e pelo editor Professor Lynn Arthur Steen.

A Mesa é constituída por:

- Prof. Carlos Tomei – Diretor do Departamento de Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e professor de matemática da referida universidade;
- Prof. Ênnio Candotti – Presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência e professor de física da Universidade Federal do Espírito Santo;
- Sra. Eliane Birman – representante da Fundação Roberto Marinho, coordenadora do Multicurso da referida fundação e psicóloga;
- Prof. Francisco Duarte Moura Neto (Moderador) – Diretor do Instituto Politécnico da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Campus Regional de Nova Friburgo, e professor de matemática da referida universidade;
- Prof. Naomar Monteiro de Almeida Filho – Reitor da Universidade Federal da Bahia e professor de medicina da mesma;
- Profa Suely Druck – Presidente da Sociedade Brasileira de Matemática e professora de matemática da Universidade Federal Fluminense.

Agradeço à Comissão Organizadora da II Bienal da SBM que acolheu a proposta desta mesa redonda, em especial às Profas. Elinalva Vergasta de Vasconcelos e Suely Druck que deram várias sugestões, à *The Woodrow Wilson National Fellowship Foundation*, e ao Prof. Lynn Arthur Steen por permitirem a tradução do *Case*, e aos membros da mesa por aceitarem participar e dividirem as suas reflexões com todos, em especial ao Prof. Carlos Tomei, pelo esforço extra.

Nova Friburgo, 15 de Setembro de 2004

Francisco Duarte Moura Neto

1 Argumentação em favor da Alfabetização Quantitativa[1]

The quantitative literacy design team

O mundo do século XXI é um mundo banhado em números. Manchetes usam medidas quantitativas para noticiar aumentos no preço da gasolina, mudanças nos resultados do SAT (Standard Aptitude Test), riscos de morrer de câncer no cólon, e números de refugiados na mais recente guerra étnica. Anúncios usam números para competir no preço de contratos de telefones celulares e nos empréstimos de juros baixos para automóveis. Notícias de esportes abundam em estatísticas dos times e nas chances nas próximas competições.

Mais importante para muitas pessoas é o crescimento rápido do uso de pensamento quantitativo no trabalho, na educação, e em quase todos os campos de atividade humana. Agricultores usam computadores para encontrar mercados, analisar o solo, e para prover quantidades controladas de sementes e nutrientes; enfermeiras usam conversão de unidades para verificar a acurácia das dosagens de medicamentos; sociólogos extraem conclusões de dados para entenderem o comportamento humano; biólogos desenvolvem algoritmos computacionais para mapear o genoma humano; supervisores de produção em fábricas usam estratégias "6-sigma" para assegurar controle de qualidade; empreendedores fazem previsões de mercados e custos usando planilhas de cálculo em computador; advogados usam evidências estatísticas e argumentos envolvendo probabilidades para convencer jurados. Os papéis desempenhados pelos números e dados na sociedade contemporânea são virtualmente intermináveis.

Desafortunadamente, apesar de anos de estudo e experiência de vida em um ambiente imerso em dados, muitos adultos instruídos permanecem funcionalmente analfabetos quantitativos (*inumerate*). A maior parte dos estudantes americanos sai do ensino médio com habilidades quantitativas muito abaixo do que eles precisam para viver bem na sociedade atual; empresas lamentam a falta de habilidades técnicas e quantitativas dos seus candidatos a emprego; e virtualmente todas as escolas de nível superior verificam que seus alunos precisam de instrução de reforço em matemática. Dados do *National Assessment of Education Progress* (NAEP) mostram que o desempenho médio em matemática dos estudantes de dezessete anos aumentou apenas um porcento em 25 anos e permanece, com 307, na metade inferior da faixa "básica" (286 - 336) e bem abaixo da faixa de "proficiência" (336 -367). Mais ainda, apesar do leve crescimento nos últimos anos, as notas médias de alunos hispânicos (292) e de alunos negros (286) estão perto da parte inferior da faixa "básica" (NCES, 1997).

Reações comuns a este problema bem conhecido são ou exigir mais anos de ensino de matemática no nível médio ou padrões mais rigorosos para se formar. Ainda assim, indivíduos que estudaram trigonometria e cálculo freqüentemente permanecem bastante ignorantes de abusos comuns no uso de dados e muito freqüentemente demais descobrem que são incapazes de compreender (muito menos de articular) as nuances da inferência quantitativa. O fato é que, não é cálculo mas *numerácia* (*numeracy*) que é a chave para entender a nossa sociedade submersa em dados.

Cidadãos quantitativamente alfabetizados precisam conhecer mais que fórmulas e equações. Eles precisam de uma predisposição para olhar o mundo através de olhos matemáticos, para ver os benefícios (e riscos) de pensar quantitativamente acerca de assuntos habituais, e para abordar problemas complexos com confiança no valor do raciocínio cuidadoso. Alfabetização quantitativa dá poder às pessoas ao fornecer-lhes ferramentas para que pensem por si próprias, para fazer perguntas inteligentes aos especialistas, e para confrontar a autoridade com confiança. Estas são habilidades requeridas para prosperar no mundo moderno.

[1] Tradução por Francisco D. Moura Neto.

Uma breve história da alfabetização quantitativa

Apesar da disciplina de matemática ter uma história muito antiga – tanto como um sistema lógico de axiomas, hipóteses, e deduções e como uma ferramenta para a análise empírica do mundo natural – a expectativa que os cidadãos comuns sejam quantitativamente alfabetizados é fundamentalmente um fenômeno do final do século XX. Em tempos antigos, números, especialmente números grandes, serviam mais como metáforas do que como medições. A importância de métodos quantitativos nas vidas de pessoas comuns emergiu muito lentamente na idade média quando artistas e mercadores aprenderam o valor de impor padrões de medida de comprimento, tempo, e dinheiro nas suas artes e ofícios - por exemplo, em música polifônica, desenho em perspectiva, e contabilidade de dupla entrada (Crosby, 1997).

Na América colonial, líderes como Franklin e Jefferson promoveram *numerácia* para dar suporte à experiência nova em democracia popular, mesmo enquanto os céticos questionavam a legitimidade de argumentos políticos com base empírica ao invés de religiosa (Cohen, 1982). Apenas na última parte do século XX os métodos quantitativos atingiram o seu *status* atual como a forma dominante de evidência aceitável na maior parte das áreas da vida pública (Bernstein, 1996; Porter, 1995; Wise, 1995). Apesar da sua origem em astrologia, numeralogia, e escatologia, números se tornaram o principal instrumento através do qual tentamos exercer controle sobre a natureza, sobre o risco, e sobre a vida mesma.

Como o fosso entre as necessidades quantitativas dos cidadãos e a capacidade quantitativa dos indivíduos aumentou, publicações acerca da "ansiedade matemática" e o "pânico de matemática" aumentaram a consciência pública das conseqüências do analfabetismo numérico (*innumeracy*) (Buxton, 1991; Paulos, 1988, 1996; Tobias, 1978, 1993). Ao mesmo tempo, publicações tais como os extraordinários volumes de Edward Tufte sobre a exposição de informação quantitativa revela o poder sem precedentes de informação quantitativa para comunicar e persuadir (Tufte, 1983, 1990, 1997). A cada dia vemos os resultados, tanto bons quanto maus, da prática largamente difundida nos jornais de usar diagramas circulares e gráficos como o meio preferido de apresentar informação quantitativa.

Em 1989 o Conselho Nacional de Professores de Matemática (*National Council of Teachers of Mathematics* - NCTM) respondeu às mudanças nas necessidades matemáticas da sociedade publicando padrões para a matemática da escola que fazia um apelo para que todos os estudantes aprendessem uma matemática fértil e desafiadora. Subseqüentemente, outros padrões documentaram o papel de métodos quantitativos em educação (por exemplo, em ciência, em história, em geografia, em estudos sociais) e nas carreiras (p. ex., biociência, eletrônica, na saúde, fotônica). Em abril de 2000 NCTM divulgou uma revisão muito antecipada dos seus padrões para a matemática da escola (NCTM, 2000). Estes padrões e sua interpretação no contexto de cada estado, nos livros texto, nos currículos, e nas avaliações engendraram um debate público considerável acerca dos objetivos da educação e acerca da relação da matemática com estes objetivos.

Em reconhecimento à crescente importância da alfabetização quantitativa (*quantitative literacy*) na vida das nações, as agências governamentais que monitoram a alfabetização dividiram o que era um conceito único em três componentes: prosa, documento, e alfabetização quantitativa (Kirsch e Jungleblut, 1986; NCES, 1993; OECD, 1995, 1998). Semelhante conscientização levou muitas escolas de ciências humanas a introduzir métodos quantitativos em cursos de arte e de humanidades (White, 1981). Ao mesmo tempo, economistas expandiram os tradicionais "3 R' s" requeridos para o emprego (leitura [*reading*], redação [*'riting*], aritmética [*'rithmetic*]) de forma a abraçar cinco competências adicionais: recursos, interpessoal, informação, sistemas, e tecnologia (SCANS, 1991). Publicações mais recentes têm examinado o papel da alfabetização quantitativa em relação às mudanças na economia (Murname e Levy, 1996), às expectativas dos formandos (Sons, 1996), às perspectivas de profissionais numa variedade de campos (Steen, 1997), e às demandas de alto desempenho no local de trabalho (Forman e Steen, 1999).

As marcas da alfabetização quantitativa podem ser encontradas por toda à parte nestas publicações, mas não há uma clareza sobre o seu significado. Estas fontes revelam mais confusão do que consenso sobre a natureza da alfabetização quantitativa, especialmente acerca da sua relação com a matemática. Elas ecoam a dicotomia histórica da matemática como acadêmica e da *numerácia* como comercial, e praticamente desconsideram o papel que a *numerácia* joga no informar os cidadãos e no suporte à governabilidade democrática. O que se apreende é que apesar de que quase todos acreditam que ser alfabetizado quantivamente é importante, existe pouco consenso no que isso realmente significa.

Matemática, Estatística, e Alfabetização Quantitativa

De primeiro, escolas de ensino elementar (*grammar schools*) ensinavam aritmética e escolas de ensino superior (*colleges*), matemática. Quando as escolas de ensino secundário se tornaram a transição entre as escolas elementares e as escolas superiores, disciplinas de álgebra, geometria, trigonometria, geometria analítica, e até mesmo cálculo criaram uma auto-estrada que levava um número crescente de estudantes diretamente da aritmética à matemática superior. Ao mesmo tempo, a matemática se expandiu em uma coleção de ciências matemáticas que atualmente incluem, além das tradicionais matemáticas pura e aplicada, assuntos como estatística, matemática financeira, ciência da computação teórica, pesquisa operacional (a ciência da otimização), e a mais nova de todas, a bioinformática. Apesar de que cada um desses assuntos compartilha com a matemática, muitas ferramentas fundamentais, cada uma tem o seu caráter distinto, metodologias, padrões, e realizações.

A ciência matemática que indivíduos comuns mais freqüentemente encontram é a estatística, originalmente a ciência do estado (como no censo). A estatística está na base de todos os ensaios clínicos, cada pesquisa de opinião, e cada relatório econômico governamental. Apesar disso os currículos escolares ainda servem principalmente para preparar estudantes apenas para a matemática superior tradicional. A matemática da escola põe relativamente pouca ênfase em tópicos projetados para construir uma ponte entre aritmética e o sútil e fascinante mundo da estatística. Reconhecendo esta negligência, a Associação Americana de Estatística (American Statistical Association - ASA) e o NCTM cooperaram durante vários anos numa campanha para introduzir mais análise exploratória de dados e estatística elementar no currículo escolar. Este esforço, interessantemente, é chamado "Projeto de Alfabetização Quanti tativa". (Os fundadores do projeto escolheram alfabetização quantitativa ao invés de estatística como título porque eles previam que o termo 'estatística' causaria ansiedade no público).

Apesar do seu uso ocasional como um eufemismo para estatística nos currículos escolares, a alfabetização quantitativa não é o mesmo que estatística. Nem é o mesmo que matemática, nem é (como alguns temem) matemática diluída. Alfabetização quantitativa é mais um hábito da mente, uma abordagem a problemas que emprega e realça a estatística e a matemática. Ao contrário de estatística, a qual é principalmente relacionada à incerteza, a *numerácia* é freqüentemente acerca da lógica da certeza. Ao contrário de matemática, a qual é principalmente acerca de um domínio Platônico de estruturas abstratas, a *numerácia* é, freqüentemente, ancorada em dados derivados e atrelados ao mundo empírico. Surpreendentemente para alguns, esta ligação entrelaçada à realidade faz com que cada porção do raciocínio quantitativo seja tão desafiador e rigoroso quanto o raciocínio matemático. (De fato, evidência dos exames de colocação avançada [*Advanced Placement Examinations*] sugere que, para estudantes de habilidade comparável, o raciocínio estatístico baseado em dados é mais difícil do que o raciocínio matemático baseado em símbolos).

Conectar a matemática a contextos autênticos demanda um delicado balanço. Por um lado, detalhes contextuais camuflam padrões gerais que são a essência da matemática; por outro, estes mesmos detalhes oferecem associações que são criticamente importantes para o aprendizado de longo prazo de muitos estudantes. Poucos podem duvidar que a tradição de instrução de matemática descontextualizada falhou para muitos estudantes, incluindo um grande número de mulheres e minorias, que saem da escola média sem as habilidades numéricas nem a confiança quantitativa requeridas na sociedade contemporânea. A tradição de usar a matemática como um filtro para o desempenho acadêmico futuro é reforçado pela crescente demanda para admissão em seletivas escolas de ensino superior e universidades. Estas pressões distorcem os currículos da escola em direções que são difíceis de justificar porque eles deixam muitos estudantes funcionalmente analfabetos numéricos.

Ao passo que, historicamente, o currículo de matemática tem focado em conhecimento baseado na escola, a alfabetização quantitativa envolve matemática atuando no mundo. Desafios de *numerácia* típicos envolvem dados reais e procedimentos incertos, mas requerem principalmente uma matemática elementar. Em contraste, problemas típicos de matemática da escola envolvem números simplificados e procedimentos diretos mas requerem conceitos abstratos sofisticados. O teste da *numerácia*, como qualquer outra aptidão, é se uma pessoa usa naturalmente as habilidades apropriadas em muitos contextos diferentes.

Educadores conhecem bem por demais o fenômeno comum de compartimentalização, quando habilidades ou idéias aprendidas em uma aula são totalmente esquecidas quando elas aparecem em um contexto diferente. Isto é um problema especialmente agudo para a matemática da escola, na qual a não conexão com contextos significativos cria em muitos estudantes uma espantosa ausência de um senso numérico comum. Para ser útil ao estudante, *numerácia* precisa ser aprendida e usada em múltiplos contextos - em história e geografia, em economia e biologia, em agricultura e artes culinárias (Steen, 1998, 2000). *Numerácia* não é apenas um entre muitos assuntos, mas uma parte integral de todos os assuntos.

Elementos da Alfabetização Quantitativa

A capacidade de lidar efetivamente com os aspectos quantitativos da vida é referido por muitos nomes diferentes, entre os quais alfabetização quantitativa, numerácia, alfabetização matemática, raciocínio quantitativo, ou algumas vezes apenas simplesmente "matemática". Termos diferentes, contudo, carregam diferentes nuances e conotações que não são necessariamente interpretadas da mesma forma por todos os ouvintes.

Uma definição inicial do termo '*numerato*' (*numerate*), citado vastamente por educadores matemáticos, apareceu em um relatório do governo britânico em educação matemática (Cockcroft, 1982):

> Nós desejaríamos que a palavra *numerato* implicasse a possessão de dois atributos. O primeiro desses é um "à vontade" com números e uma destrez a em fazer uso de habilidades matemáticas as quais equipam o indivíduo a lidar com demandas práticas do dia a dia. A segunda é ter a capacidade de valorizar e de ter um entendimento acerca de informação que é apresentada em termos matemáticos.

Os mesmos dois temas emergiram na *National Adult Literacy Survey* (NCES, 1993), o qual definiu alfabetização quantitativa como:

> O conhecimento e habilidades requeridas para aplicar operações aritméticas, isoladas ou seqüencialmente, usar números incluídos em material impresso (p. ex., conferir um talão de cheques, completar um formulário de pedido de compra).

O Centro Nacional para Estatísticas da Educação (*National Center for Education Statistics* - NCES) define o conhecimento e as habilidades, relacionados de perto, necessários para localizar e usar informação (por exemplo, em contra-cheques, horários de transporte, mapas, tabelas, e gráficos) como sendo a *alfabetização documental*. Por contraste, o Levantamento Internacional de Habilidades da Vida (*International Life Skills Survey*, ILSS, 2000) sendo atualmente executado define alfabetização quantitativa de uma forma muito mais abrangente como:

Um agregado de habilidades, conhecimento, crenças, disposições, hábitos mentais, destreza de comunicação, e capacidades de resolver problemas que as pessoas precisam para se envolver efetivamente em situações quantitativas que surgem na vida e no trabalho.

O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (*Programme for International Student Assessment*, PISA, 2000) adota uma definição semelhante, mas eles chamam-na de alfabetização matemática:

A capacidade de um indivíduo identificar e entender o papel que a matemática joga no mundo, fazer julgamentos matemáticos bem fundamentados e se engajar em matemática duma forma que atinja as necessidades atuais e futuras na vida daquele indivíduo como um cidadão construtivo, preocupado e ponderado.

A partir destas quatro definições apenas diferenças significativas emergem. Algumas focam na habilidade do uso de ferramentas quantitativas, outros na habilidade de entender e apreciar o papel da matemática e de métodos quantitativos em assuntos do mundo. Algumas enfatizam destreza básica ("operações aritméticas"), outras pensamentos de ordem mais alta ("julgamentos bem fundamentados"). Para clarificar estas diferentes definições, e também para torná-las mais úteis, nós a quebramos em diferentes elementos, os quais podem ser combinados, como átomos em moléculas, para formar um retrato mais abrangente de alfabetização quantitativa. Alguns dos elementos são:

Confiança com Matemática. Ser confiante com idéias quantitativas e à vontade em aplicar métodos quantitativos. Indivíduos que são confiantes com noções quantitativas fazem, rotineiramente, estimativas mentais para quantificar, interpretar, e verificar outras informações. Confiança é o oposto de "ansiedade matemática"; isso faz a *numerácia* tão natural quanto a linguagem comum.

Valorização Cultural. Entender a natureza e a história da matemática, seu papel na investigação científica e no progresso tecnológico, e sua importância para a compreensão de assuntos de interesse público.

Interpretação de Dados. Raciocinar com dados, ler gráficos, inferir, e reconhecer fontes de erro. Esta perspectiva difere da matemática tradicional uma vez que dados (ao invés de fórmulas e relações) estão no centro.

Pensamento Lógico. Analisar evidência, raciocinar cuidadosamente, entender argumentos, questionar hipóteses, detectar falácias, e avaliar riscos. Indivíduos com tais hábitos de investigação aceitam pouco pelas aparências; eles de forma consistente procuram por trás das aparências, demandando informação apropriada para ir à essência dos assuntos.

Decidindo. Usar a matemática para tomar decisões e resolver problemas do dia a dia. Para indivíduos que adquiriram este hábito, matemática não é algo feito apenas nas aulas de matemática, mas uma poderosa ferramenta para viver, tão útil e entranhada quanto a leitura ou a fala.

Matemática em Contexto. Usar ferramentas matemáticas em cenários específicos onde o contexto providencia o significado. Tanto a notação, quanto as estratégias de resolução de problemas, e os padrões de desempenho dependem do contexto específico.

Noção de Número. Ter intuição precisa sobre o significado dos números, confiança em estimar e senso comum no emprego de números como uma medida de coisas.

Habilidades Práticas. Saber como resolver problemas quantitativos que seja comum uma pessoa encontrar em casa ou no trabalho. Indivíduos que possuem estas habilidades são adeptos de usar matemática elementar numa grande variedade de situações comuns.

Conhecimento de Pré-requisitos. Ter a destreza de usar uma grande gama de ferramentas algébricas, geométricas, e estatísticas que são requeridas em muitos campos de educação pós-secundária.

Senso Simbólico. Se sentir confortável em usar símbolos algébricos e à vontade lendo-os e interpretando-os, e exibir bom senso sobre a sintaxe e a gramática dos símbolos matemáticos.

Estes elementos iluminam, mas não resolvem a confusão lingüística que permeia as discussões sobre alfabetização quantitativa. Algumas vezes os termos *quantitativo* e *matemático* são usados de forma intercambiável, mas freqüentemente eles são usados para demarcar importantes distinções de significado – por exemplo, entre o que é necessário para a vida (quantitativo) e o que é preciso para educação (matemática), ou entre o que é necessário em assuntos gerais na escola (quantitativo) e o que é necessário para engenharia e as ciências físicas (matemática). Para alguns a palavra *quantitativo* parece muito limitante, sugerindo números e contas ao invés de raciocínio e lógica, enquanto para outros o termo parece ser vago demais, sugerindo uma diminuição de ênfase em matemática tradicional. De forma semelhante, o termo *alfabetização* (*literacy*) propicia diferentes significados: para alguns ele sugere uma capacidade mínima de ler, de redigir, e de calcular, enquanto para outros ele conota as características definidoras de uma pessoa instruída (letrada).

Em termos do que é necessário para uma participação ativa e alerta na sociedade contemporânea, alfabetização quantitativa pode ser vista como um análogo direto da alfabetização verbal (*verbal literacy*). Em um nível fundamental nós ensinamos as habilidades de leitura, de redação, e de cálculo, objetivos principais do ensino fundamental. Mas estas habilidades básicas não são mais suficientes para sustentar uma carreira de sucesso ou a participação de forma integral em uma sociedade democrática moderna. Hoje em dia, cidadãos bem instruídos requerem sofisticação tanto em *literácia* (*literacy*) quanto em *numerácia* (*numeracy*) para destrinchar assuntos sutis que são comunicados numa colagem de formas verbais, simbólicas e gráficas. Além disso, eles precisam de se exprimir, de forma confiante, em qualquer uma dessas formas modernas de comunicação. No século XXI, ser letrado e *numerato se* tornaram qualidades inseparáveis de uma pessoa instruída.

Expressões da Alfabetização Quantitativa

Uma forma diferente de pensar sobre alfabetização quantitativa é olhar não às definições mas às ações, não ao que a numerácia é mas como ela pode ser exprimida. Muitas manifestações são lugares comuns e obviamente importantes, apesar disso elas não são a verdadeira razão para a ênfase crescente na numerácia.

Exemplos:

- Estimar como dividir uma conta entre três;
- Comparar as opções do preço para a compra ou *leasing* de um automóvel;
- Ler e entender rótulos nutricionais;
- Reconciliar um extrato bancário e localizar as fontes de erro;
- Aumentar ou diminuir receitas e converter unidades de volume e de peso;
- Estimar mentalmente descontos, gorjetas, e preços de saldos;
- Entender os efeitos de juros compostos;
- Ler horários de ônibus e mapas.

Mais relevante para os estudantes atuais e futuros cidadãos são as muitas das mais sofisticadas expressões de raciocínio quantitativo que têm se tornado comuns na nossa sociedade dirigida por dados. Algumas destas têm principalmente caráter de uso pessoal, enquanto que outras servem os objetivos de uma sociedade democrática. Juntas elas proporcionam um retrato rico da numerácia no mundo moderno.

Cidadania

Virtualmente todo o assunto público - desde a saúde pública à previdência social (social security), da economia internacional à reforma da aposentadoria (welfare)- depende de dados, projeções, inferências, e do tipo de pensamento sistemático que está no coração da alfabetização quantitativa. Exemplos:

- Entender como reamostragem e estimativas estatísticas podem melhorar a acurácia de um censo;
- Entender como diferentes procedimentos de voto (p. ex., *runoff*, aprovação, pluralidade, preferencial) podem influenciar os resultados de eleições;
- Entender magnitudes comparativas de risco e o significado de números muito pequenos (p. ex., 10 ppm ou 250 ppb);
- Entender que eventos não usuais (tais como aglomerações de câncer) podem ocorrer facilmente por acaso apenas;
- Analisar dados econômicos e demográficos para apoiar ou opor propostas de políticas;
- Entender a diferença entre taxas e mudanças em taxas, por exemplo, um declínio nos preços em comparação com um declínio na taxa de crescimento dos preços;
- Entender o comportamento de médias ponderadas usadas para ordenar escolas, cidades, produtos, investimentos, e times esportivos;
- Ter sensibilidade para causas comuns de vício em pesquisas tais como perguntas inadequadas, respostas de voluntários, e respostas socialmente aceitáveis;
- Entender como pequenas amostras podem predizer a opinião pública de forma fiel, como erros de amostragem podem limitar a confiabilidade, e como vício de amostragem pode influenciar os resultados;
- Reconhecer como vícios aparentes ao empregar ou ao promover pode ser um efeito de como os dados foram agregados;
- Entender argumentos quantitativos feitos em panfletos informativos ao eleitor (p. ex., acerca do orçamento de escolas ou propostas de taxas);
- Entender resultados de testes de alunos dados em percentuais e percentis e interpretar o que esses dados têm a dizer relativamente à qualidade das escolas.

Cultura

Como se espera de homens e mulheres instruídos que saibam algo de história, literatura, e arte, eles também devem saber - pelo menos em termos gerais - algo da história, natureza, e papel da matemática na cultura humana. Este aspecto da alfabetização quantitativa é mais comum ser articulada nos objetivos que escolas de ensino superior colocam para uma instrução liberal. Exemplos:

- Entender que a matemática é uma disciplina dedutiva na qual as conclusões são verdadeiras apenas se as hipóteses são satisfeitas;
- Entender o papel da matemática na revolução científica e os papéis que continua a desempenhar;
- Entender a diferença entre inferência dedutiva, científica, e estatística;
- Reconhecer o poder (e o perigo) de números determinarem a política na sociedade contemporânea;
- Entender o significado histórico do zero e valorizar o nosso sistema numérico;
- Conhecer como a história da matemática se relaciona ao desenvolvimento da cultura e da sociedade;

- Entender como as hipóteses influenciam o comportamento dos modelos matemáticos e como usar modelos para tomar decisões.

Educação

Áreas tais como a física, a economia, e a engenharia têm desde sempre necessitado de uma forte preparação em cálculo. Hoje em dia, outros aspectos da alfabetização quantitativa (p. ex., estatística e matemática discreta) também são importantes nessas áreas. Crescentemente, contudo, outras disciplinas acadêmicas estão demandando que os estudantes tenham uma significativa preparação quantitativa. Exemplos:

- Biologia requer matemática computacional (para mapear genomas), estatística (para avaliar experimentos laboratoriais), probabilidade (para estudar hereditariedade), e cálculo (para determinar taxas de mudança);
- Medicina requer entendimento fino de estatística (para avaliar ensaios clínicos), de chance (para comparar riscos), e de cálculo (para entender os sistemas elétrico, bioquímico, e cardiovascular do corpo);
- As ciências sociais se apoiam crescentemente em dados de pesquisas ou de censos ou de registros arqueológicos ou históricos; assim a estatística é tão importante para um estudante de ciência social quanto cálculo é para um estudante de engenharia;
- Avanços no entendimento científico do cérebro transformaram a psicologia em uma ciência biológica requerendo um amplo entendimento de estatística, ciência da computação, e outros aspectos de alfabetização quantitativa;
- O impacto formidável da computação gráfica nas artes visuais (filme, fotografia, escultura) tem feito partes da matemática, especialmente cálculo, geometria, e algoritmos computacionais, muito importantes em uma área que anteriormente era relativamente não quantitativa;
- Interpretação de acontecimentos históricos depende crescentemente da análise de evidências fornecidas por dados numéricos (p. ex., estatísticas governamentais, indicadores econômicos) ou através de verificação e datação de artefatos;
- Até mesmo o estudo da linguagem tem sido influenciado por métodos quantitativos e lógicos, especialmente em lingüística, concordâncias, e o novo campo de traduções computadorizadas.

Profissões

Como a interpretação de evidências tem se tornado crescentemente importante nas decisões que afetam as vidas das pessoas, espera-se de profissionais em virtualmente todas as áreas que sejam versados em ferramentas quantitativas. Exemplos:

- Advogados se fiam em lógica cuidadosa para trabalhar os seus casos e em argumentos de probabilidade sutis para estabelecer ou refutar "dúvida razoável" ("*reasonable doubt*");
- Médicos precisam entender o que sejam evidências estatísticas e a habilidade de explicar riscos com suficiente clareza para assegurar "consentimento com conhecimento de causa" ("*informed consent*");
- Trabalhadores sociais precisam entender regulamentos estaduais e federais complexos sobre proventos e gastos para explicar e verificar os orçamentos pessoais de seus clientes;
- Administradores escolares lidam regularmente com assuntos complexos como horários, orçamentos, inventário, e planejamento - todos os quais têm muitas dimensões quantitativas;
- Jornalistas precisam de um entendimento sofisticado de assuntos quantitativos (especialmente de riscos, taxas, amostras, levantamentos, e evidência estatística) para desenvolver um entendimento fundamentado e céptico dos acontecimentos nas notícias;

- Cozinheiros chefe usam ferramentas quantitativas para planejar horários, balancear custos e valor dos ingredientes, e monitorar o equilíbrio nutritivo de refeições;
- Arquitetos usam geometria e computação gráfica para projetar estruturas, estatística e probabilidade para modelar uso, e cálculo para entender princípios de engenharia.

Finanças Pessoais

Gerir bem o dinheiro é provavelmente o contexto mais comum no qual as pessoas comuns se defrontam com assuntos quantitativos sofisticados. É também uma área desprezada no currículo acadêmico tradicional de matemática. Exemplos:

- Entender depreciação e seus efeitos na compra de automóveis e equipamentos computacionais;
- Comparar ofertas de cartões de crédito com diferentes taxas de juro;
- Entender a relação entre o risco e o retorno em investimentos de aposentadoria;
- Entender os benefícios da diversificação em investimentos e a renda média;
- Calcular imposto de renda e entender as implicações no imposto de decisões financeiras;
- Estimar os custos de longo prazo de fazer pagamentos mensais mais baixos do cartão de crédito;
- Entender interações entre fatores diversos que afetam uma hipoteca (p. ex., o principal, pontos, juros fixos ou variáveis, pagamento mensal, e duração);
- Usar a Internet para tomar decisões sobre planos de viagem (rotas, reservas);
- Entender que não há esquemas para vencer loterias;
- Escolher um plano de seguro, plano de aposentadoria, ou plano financeiro para comprar uma casa.

Saúde Pessoal

Como os pacientes se tornaram parceiros dos médicos para decidir sobre como cuidar da saúde e uma vez que os tratamentos médicos se tornaram mais caros, destreza quantitativa se tornou crescentemente necessária neste aspecto importante da vida das pessoas. Exemplos:

- Interpretar estatísticas médicas e formular questões relevantes sobre as diversas opções para tratamento relativamente a riscos conhecidos e às condições pessoais específicas;
- Entender doses médicas relativamente ao peso pessoal, horários de medicação, e interação de medicamentos;
- Pesar os custos, benefícios, e riscos de saúde de novos remédios maciçamente anunciados;
- Entender os termos e as condições de planos de saúde diferentes; verificar a correção das contas e dos pagamentos do plano de saúde;
- Calibrar os hábitos de alimentação e de exercícios físicos em relação à saúde;
- Entender o impacto dos pontos fora da curva nos resumos de dados médicos.

Gerência

Muitas pessoas precisam ter destreza quantitativa para administrar pequenas empresas ou organizações sem fins lucrativos bem como assumir as suas responsabilidades quando servem em conselhos ou comitês que gerenciem algum tipo de empreendimento. Exemplos:

- Procurar padrões em dados para identificar tendências nos custos, vendas, e demanda;

- Desenvolver um plano de negócios, incluindo preços, inventário, e estratégias de funcionários para uma pequena loja varejista;
- Determinar o ponto de pagamento do investimento para a produção e venda de um novo produto;
- Juntar e analisar dados para aumentar os lucros;
- Revisar o orçamento de uma organização sem fins lucrativos e entender tendências importantes;
- Entender as limitações da extrapolação a partir de dados em uma faixa determinada;
- Calcular diferenças de horário e de câmbio de moedas em países diferentes.

Trabalho

Virtualmente todo mundo usa ferramentas quantitativas de alguma forma em relação ao seu trabalho, nem que seja para calcular o seu salário e seus benefícios. Muitos exemplos de *numerácia* no emprego são bem específicos do ambiente de trabalho específico, mas alguns não são. Exemplos:

- Produzir um horário ou diagrama de árvore para um projeto complicado;
- Pesquisar, interpretar, e usar fórmulas relacionadas com o trabalho;
- Usar planilhas de cálculo para modelar diferentes cenários para a venda de produtos e preparar gráficos que ilustram essas opções;
- Entender e usar notação exponencial e escalas logarítmicas de medição;
- Manter e usar cartas de controle de qualidade;
- Otimizar redes para desenvolver formas eficientes de planejar processos de trabalho;
- Entender o valor de controle estatístico da qualidade e controle estatístico de processos.

Habilidades da Alfabetização Quantitativa

Em uma perspectiva diferente e mais tradicional da alfabetização quantitativa, podemos criar um inventário de habilidades quantitativas que se espera de uma pessoa em uma sociedade contemporânea. Para muitos, uma lista de habilidades é mais confortável do que uma lista de elementos ou expressões porque habilidades são reconhecidas mais imediatamente como algo ensinado e aprendido na escola. Mais ainda, muitas pessoas acreditam que as habilidades devem preceder as aplicações e que uma vez aprendidas, as habilidades quantitativas podem ser aplicadas sempre que forem necessárias. Desafortunadamente, evidência considerável acerca da natureza associativa do aprendizado sugere que esta abordagem funciona de forma muito imperfeita. Para a maior parte dos estudantes, habilidades aprendidas fora de um contexto são habilidades desprovidas de significado e utilidade. Para serem efetivas, as habilidades numéricas devem ser ensinadas e aprendidas em contextos que sejam tanto significativos quanto memoráveis.

Apesar disso, uma lista de habilidades é um valioso apoio à nossa definição de alfabetização quantitativa - uma terceira dimensão, digamos, que complementa a análise precedente em termos de elementos e expressões. Uma lista de habilidades ajuda instrutores a planejar o currículo para cobrir tópicos importantes e ajuda examinadores a verificar o desejado equilíbrio de conhecimento. Um apêndice de um relatório sobre alfabetização quantitativa da Associação Americana de Matemática (Sons, 1996) oferece – com pertinente pedido de desculpas e aviso – um consenso entre os matemáticos das habilidades que são especialmente importantes para um curso em alfabetização quantitativa. Esta lista inclui tópicos previsíveis da aritmética, da geometria e da álgebra que fazem parte do programa de matemática de todas as escolas, mas ela também inclui muitos tópicos novos de estatística e otimização que, em geral, são oferecidos quando muito como eletivas.

De fato, muitas dessas habilidades "eletivas" estão firmemente entranhadas nos elementos e expressões da alfabetização numérica. Eles incluem:

- *Aritmética*: Ter facilidade com aritmética mental simples; estimar cálculos aritméticos; raciocinar com proporções; contar de forma indireta (combinatória);
- *Dados*: Usar informação presente em dados, gráficos, e mapas; tirar conclusões a partir de dados; reconhecer desagregação como um fator na interpretação de dados;
- *Computadores*: Usar planilhas computacionais de cálculo; gerar dados, fazer cálculos, criar gráficos, extrapolar, ajustar retas ou curvas a dados;
- *Modelagem*: Formular problemas, procurar padrões, e tirar conclusões; reconhecer interações em sistemas complexos; entender modelos lineares, exponencial, multivariado, e de simulação; entender o impacto de diferentes taxas de crescimento;
- *Estatística*: Entender a importância da variabilidade; reconhecer as diferenças entre correlação e causa, entre experimentos randomizados e estudos observacionais, entre não descobrir nenhum efeito e não encontrar efeito estatístico significativo (especialmente com amostras pequenas), e entre significância estatística e importância prática (especialmente com amostras grandes);
- *Acaso*: Reconhecer que coincidências aparentemente improváveis não são incomuns; avaliar riscos a partir de evidência disponível; entender o valor de amostras aleatórias;
- *Raciocinar*: Usar pensamento lógico; reconhecer níveis de rigor em métodos de inferência; verificar hipóteses; ter cautela ao fazer generalizações.

As diferenças entre estes tópicos e os encontrados em muitos testes ou em disciplinas desenhadas para atingir um assim chamado requisito quantitativo ou de matemática são típicos da distinção entre a alfabetização quantitativa, a qual enfatiza o uso de ferramentas matemáticas e lógicas para resolver problemas comuns, e o que podemos chamar de alfabetização matemática, a qual enfatiza as ferramentas tradicionais e o vocabulário de matemática. Na verdade, não é incomum que uma pessoa que seja familiar com ferramentas matemáticas e estatísticas (p. ex., a fórmula para o desvio padrão) não ser capaz de reconhecer em uma situação do dia a dia quando elas deveriam ser usadas – ou tão importante quanto, quando elas não deveriam ser usadas. De forma semelhante, não é incomum para alguém que sabe como usar o desvio padrão em uma situação específica no contexto de controle de qualidade não reconhecer o conceito quando este aparece em um contexto diferente (tal como em uma disciplina de economia).

Alfabetização Quantitativa em Contexto

Contrastando com matemática, estatística, e a maior parte dos outros assuntos da escola, alfabetização quantitativa é inseparável do seu contexto. Com relação a este aspecto, é mais como escrever do que como álgebra, mais como falar do que como história. Numerácia não tem conteúdo específico próprio, mas herda seu conteúdo do contexto.

Um outro contraste com matemática, estatística, e a maior parte das ciências é que a numerácia cresce mais horizontalmente do que verticalmente. Matemática sobe a escada da abstração para ver, de suficientemente alto, padrões comuns em coisas aparentemente diferentes. Abstração é o que dá à matemática o seu poder; é o que capacita métodos derivados em um contexto serem aplicados em outros. Mas abstração não é o foco da numerácia. Ao contrário, a numerácia se prende ao específico, ordenando todos os aspectos relevantes do cenário e do contexto para chegar a conclusões.

Para capacitar seus alunos a se tornarem numeratos, os professores devem encorajá-los a ver e usar a matemática em tudo que eles fazem. Numerácia é dirigida por questões que são importantes para as pessoas nas suas vidas e no seu trabalho, não por necessidades futuras dos poucos que fazem uso profissional da matemática ou da estatística. Ao ensinar alfabetização numérica, o conteúdo é inseparável da pedagogia e o contexto é inseparável do conteúdo. Felizmente, porque a numerácia é ubíqua, as oportunidades para ensiná-la dentro do currículo abundam. Somente encontrando os elementos e as expressões da numerácia em contextos reais que sejam significativos a eles, os estudantes desenvolvem os hábitos mentais de um cidadão numerato. Como a alfabetização, a numerácia é uma responsabilidade de todos.

Desafios da Alfabetização Quantitativa

A penetração da numerácia em todos os aspectos da vida – da educação, trabalho, e saúde até à cidadania e finanças pessoais – nos confronta com um fenômeno evolutivo que entendemos, no máximo, imperfeitamente. Americanos tiveram décadas, até mesmo séculos, para reconhecer a importância da alfabetização. Campanhas para alfabetização são comuns, atualmente até fazem parte das políticas presidenciais. Apesar disso existe pouca preocupação pública acerca de numerácia, exceto por uma obsessão mal informada sobre resultados do SAT e de matrículas nos cursos AP (Advanced Placement Program) de cálculo. O público parece não captar nem a crescente demanda por alfabetização quantitativa nem as conseqüências do analfabetismo numérico generalizado.

Ironicamente, a apatia pública face ao analfabetismo quantitativo pode ser uma conseqüência desse mesmo analfabetismo. As pessoas que nunca experimentaram o poder do pensamento quantitativo freqüentemente subestimam a sua importância, especialmente para a sociedade do futuro. Em contraste, uma vez que tem sido comum nos currículos da escola, a maior parte dos adultos reconhece a importância da matemática mesmo se eles não se sentem confortáveis com ela e têm uma impressão altamente distorcida da sua verdadeira natureza. Mas como temos visto, numerácia não é matemática, e preocupação pública acerca da educação matemática não se traduz automaticamente numa demanda pela alfabetização quantitativa.

Assim um desafio crucial na campanha por alfabetização quantitativa é mobilizar vários grupos para os quais a numerácia é particularmente importante. A qualidade do tratamento médico, por exemplo, depende de pacientes numeratos, tal como políticas públicas sensatas dependem de cidadãos numeratos. Lideres educacionais, empresariais e políticos têm um interesse em um público numerato (mesmo se eles algumas vezes se apóiam no analfabetismo numérico para promover produtos ou políticas questionáveis). Esses líderes, contudo, focam naturalmente a sua atenção nos instrumentos existentes tais como padrões matemáticos, testes de conclusão do ensino médio, testes de admissão ao ensino superior, testes de colocação no ensino superior, e (de vez em quando) requisitos de graduação do ensino superior.

Se, como parece inevitável, a importância da alfabetização quantitativa se tornar cada vez mais aparente e premente (ainda que em formas diferentes para grupos diferentes), um segundo desafio é expandir estes instrumentos tradicionais de política educacional de forma a incluir uma ênfase mais forte na alfabetização quantitativa. De fato, ao passo que o século XXI se desenrolar, a alfabetização quantitativa será vista não apenas como uma variante menor na forma que atuávamos no século vinte, mas sim como um ponto de vista privilegiado radicalmente transformador a partir do qual se ver a educação, políticas, e o trabalho.

A Equipe do Projeto

Este documento foi preparado por Lynn Arthur Steen do *St. Olaf College* em nome do *Quantitative Literacy Design Team* formado pelo *National Council on Education and the Disciplines* (NCED) sob a liderança de Robert Orrill. Membros do time incluíram:

Gail Burrill, diretor do *Mathematical Sciences Education Board* no *National Research Council* em Washington, D.C.

Susan Ganter, professora associada de matemática no Departamento de Matemática da Universidade de Clemson.

Daniel L. Goroff, professor de prática de matemática e diretor associado do Centro de Ensino e Aprendizagem Derek Bok da Universidade de Harvard.

Frederick P. Greenleaf, professor de matemática no Departamento de Matemática no Courant Institute da Universidade de Nova York.

W. Norton Grubb, Professor David Gardner de Política do Ensino Superior da Universidade da Califórnia, Berkeley.

Jerry Johnson, professor e chefe do Departamento de Matemática da Universidade de Nevada em Reno.

Shirley M. Malcom, chefe da Diretoria para os Programas de Educação e Recursos Humanos da *American Association for the Advancement of Science* em Washigton, D.C.

Veronica Meeks, professora de matemática na *Western Hills High School* em *Fort Worth*, Texas.

Judith Moran, professora associada de estudos quantitativos e diretora do Centro de Matemática no *Trinity College* em *Hartford*, Conecticute.

Arnold Packer, chefe do *SCANS 2000 Center* na Universidade John Hopkins, em Baltimore.

Janet P. Ray, professora no *Seattle Central Community College* em *Seattle*, Washigton.

C.J. Shroll, diretor executivo do *Workforce Development Iniciative* no *Michigan Community College Association* em *Lansing*, Michigan.

Edward A. Silver, professor no Departamento de Matemática da Escola de Educação na Universidade de Michigan em *Ann Arbor*.

Lynn A. Steen, professor de matemática do Departamento de Matemática no *St. Olaf College* em *Northfield*, *Minnesota.*

Jessica Utts, professora do Departamento de Estatística na Universidade da Califórnia em *Davis*.

Dorothy Wallace, professora de matemática do Departamento de Matemática no *Dartmouth College* em *Hanover*, *New Hampshire*.

Como qualquer esforço de um comitê, este documento não representa unanimidade em pontos de vista mas um consenso em assuntos importantes que os membros da Equipe do Projeto acreditam que são atuais e urgentes.

Bibliografia

Bernstein, Peter L. *Against the Gods*: *The remarkable Story of Risk.* Nova York, NY: John Wiley, 1996.

Buxton, Laurie. *Math Panic*. Portsmouth, NH:Heinemann, 1991.

Cockcroft, Wilfred H. *Mathematics Counts*. Londres: Her Majesty's Statio nery Office, 1982.

Cohen, Patricia Cline. *A Calculating People*: *The Spread of Numeracy in Early America.* Chicago, IL: University of Chicago Press, 1982; Nova York NY: Routledge, 1999.

Crosby, Alfred W. *The Measure of Reality*: *Quantification and Wetern Society*, 1250-1600. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1997.

Forman, Susan L. & Steen, Lynn Arthur. *Beyond Eighth Grade*: *Functional Mathematics for Life and Work*. Berkeley, CA: National Center for Research in Vocational Education, 1999; reimpresso em *Learning Mathematics for a New Century*, Maurice Burke (editor), Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, 2000.

International Life Skills Survey (ILSS), Policy Research Iniciative, Statistics Canada, 2000.

Kirsch, Irwin S. & Jungeblut, Ann. *Literacy*: *Profiles of America's Young Adults*. Princeton, NJ: Educational Testing Services, 1986.

Murnane, Richard & Levy, Frank. *Teaching the New Basic Skills*: *Principles for Educating Children to Thrive in a Changing economy*. New York, NY: Free Press, 1996.

National Center for Education Statistics (NCES). *Adult Literacy in America. Report of the National Adult* Literacy *Survey* (NALS). Washington, DC: US. Department of Education, 1993.

National Center for Education Statistics (NCES). *NAEP* 1996 *Trends in Academic Progress.* Washington, DC: U.S. Department of Education, 1997.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM).*Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics, 2000.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). *Literacy, Economy, and Society*: *Results of the First International Adult Literacy Survey.* Paris: Organization for Economic Cooperation and Development, 1995.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). *Literacy Skills for the Knowledge Society.* Washigton, DC: Organization for Economic Cooperation and Development, 1998.

Paulos, John Allen. *Innumeracy*: *Mathematical Illiteracy and its Consequences.* Nova York, NY: Vintage Books, 1988.

Paulos, John Allen. *A Mathematician Reads the Newspaper.* Nova York, NY: Doubleday, 1996.

Porter, Theodore M. *Trust in Numbers*: *The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life.* Princeton, NJ: Princeton University Press, 1995.
Programme for International Student Assessment (PISA). Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), 2000.

Secretary's Commission on Achieving Necessary Skills (SCANS). *What Work Requires of Schools*: *A SCANS Report for America* 2000. Washington, DC: U.S. Department of Labor, 1991.

Sons, Linda, et al. *Quantitative Reasoning for College Graduates*: *A Suplement to the Standards.* Mathematical Association of America, 1996.

Steen, Lynn Arthur. *Why Numbers Count*: *Quantitative Literacy for Tomorrow's America.* Nova York, NY: The College Board, 1997.

Steen, Lynn Arthur. "Numeracy: The New Literacy for a Data -Drenched Society". *Educational Leadership*, 57:2 (outubro de 1998) 8-13.

Steen, Lynn Arthur. "Reading, Writing, and Numeracy." *Liberal Education*, (Summer 2000).

Tobias, Sheila. *Overcoming Math Anxiety.*Nova York, NY: Houghton Mifflin, 1978. Edição Revista. Nova York, NY: W.W. Norton, 1993.

Tufte, Edward R. *The Visual Display of Quantitative Information*; *Envisioning Information*; *Visual Explanations – Images and Quantities*, *Evidence and Narrative.* (3 vols.) Cheshire, CT: Graphics Press, 1983, 1990, 1997.

White, Stephen. *The New Liberal Arts.* Nova York, NY: Alfred P. Sloan Foundation, 1981.

Wise, Norton M. *The Values of Precision*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1995.

2 Coerência, clareza, lucidez: matemática e sociedade

Carlos Tomei
Departamento de Matemática, PUC-Rio
tomei@mat.puc-rio.br

O que devemos ensinar? A resposta multi-facetada varia no tempo e no espaço. Bernard Shaw, que era comunista e vegetariano, tinha dúvidas sobre a utilidade de ensinar a ler. Alguns filósofos de vanguarda acham que alunos devem ser expostos a várias tradições culturais em igualdade de apreciação, mas parecem priorizar a medicina tradicional quando confrontados com um câncer de próstata. Geometria foi ensinada por mais de dois mil anos porque era um exercício de argumentação que transcendia ideologia – era muito complicado discutir moral ou teologia de forma isenta. Mesmo assim, entre o silogismo e o sofisma, o ferramental da retórica manteve-se disponível ainda que para um conjunto bem menor de usuários.

Novas tendências em ensino insistem na conveniência de contextualizar o material. Estudos abundantes consideram a contrapartida numérica do analfabetismo (um ponto de partida para os interessados é [1]): são apresentadas listas de atividades que demandam maturidade numérica, da verificação de saldos à capacidade de avaliar a correção do processo eleitoral. Não é hora de descer a detalhes sobre o que ensinar nos primeiros anos de escola. Limito-me a considerar três qualidades que podem ser desenvolvidas pelo corpus matemático, e que considero de interesse social.

Coerência

Não vamos resolver hoje se o universo e a natureza são passíveis de descrição pela condição humana. Mas, vamos admitir, muita coisa tem dado certo: Galileu e Edison são tão influentes em nosso quotidiano quanto Marx e Freud. Ciência vive de causalidade e correlação, princípios argumentativos com vocabulário específico freqüentemente de caráter matemático. Contemplar a natureza, abstrair-lhe um modelo, e criticar as deduções é um processo complicadíssimo.

Induzir em crianças que isso é possível é quase uma iniciação. Quantos de nós vimos um único modelo interessante antes de entrarmos na universidade? Passamos mais de dez anos calculando trocos, o cosseno de –540 graus, somando progressões geométricas, mas nossos professores de geografia ou história provavelmente não nos apresentaram o argumento malthusiano. O modelo é ingênuo, mas ainda é informativo. O cálculo proposicional subjacente à legislação só se sustenta se o leigo conhecer além das entrelinhas.

O fato é que coerência é um valor instável. Todos já passamos pela seguinte experiência. Em uma reunião, apresentamos um argumento, tentando embasá-lo dentro das limitações possíveis. Para alguém que não esteja de acordo com a conclusão, basta exclamar: 'mas na prática, a teoria é outra', e, ao enunciar essas palavras mágicas, ele não precisa nem indicar o ponto que considera crítico na argumentação. A fórmula mágica esvazia o argumento, através de um obscuro conhecimento superior que confere ao invocador da fórmula autoridade automática.

Coerência é necessária para criar argumentos longos, cuja existência sugere que as coisas não são simples, mas podem ser estudadas mesmo assim. É freqüente encontrar, mesmo em meios intelectuais, críticas à super-valorização do pensamento científico. A fronteira entre a arrogância científica e o vale-tudo ideológico é um dos temas culturais modernos. Ao apresentar exemplos concretos de pensamento quantitativo, quem discute astrologia, previdência social? Na universidade, passamos anos tentando motivar uns poucos alunos de que vale a pena preparar-se, digamos, para trabalhar em planejamento energético. Quando acontecem os apagões, perdemos energia e confiança – quem anuncia abertamente que o problema não é falta de competência, mas resultado de escolhas políticas?

Clareza

Manuais de operação de eletrodomésticos são freqüentemente mal escritos, e o problema não é só de tradução. Seguir instruções é difícil, obter instruções parece mais difícil ainda. Sempre falta um documento depois de horas no guichê. Clareza é um dos pilares do contrato social, entretanto chafurdamos em ambigüidade e jargão, muitas vezes com orgulho. Justamente porque ambigüidade é inevitável em certos contextos que precisamos de exemplos em que ela pode ser evitada, e temos que nos exercitar para evitá-la.

Mais uma vez, o contexto matemático não é necessariamente o único corpus no qual a clareza se pratica. Seria ótimo conciliar a capacidade de argumentação com outros saberes. O personagem carroliano que usa as palavras querendo dizer exatamente o seu significado não é tão acaciano assim. Alunos se incomodam quando apontamos alterações do significado de uma palavra em suas redações. Quando Os Elementos foram vertido para o árabe (o que para alguns, foi necessário para salvá-lo), um estudioso islâmico criticou o método axiomático porque as palavras não mudavam de significado pelo texto afora --- que tipo de estudo é esse que não enriquece os termos?

Para a sabedoria popular, alguém que realmente entende de um assunto pode resumi-lo em poucas palavras. Isto é, quem entende torna claro, e não existem obstruções adicionais: tudo em princípio é simples, tudo é revelação. A atividade de intérpretes e esportistas depende de uma vida de exercício e dedicação, e ninguém se propõe a imitar-lhes o desempenho por um caminho alternativo. Estudiosos não têm esse privilégio.

Lucidez

Física originalmente não se aplicava aos objetos na terra, que paravam por atrito. Foi necessário olhar para o céu e especular por milênios para chegar às leis newtonianas de movimento. Em matemática foi parecido: foi preciso inventar um universo paralelo, abstrato, para encontrar triângulos cujos ângulos internos somassem 180 graus. Já, para contextualizar, os livros de cálculo estão entupidos de aplicações em que garrafeiros lucram linearmente com garrafas transparentes e quadraticamente com garrafas foscas. Para se chegar a aplicações razoáveis, o tempo que se leva é comparável ao necessário para desenvolver a teoria, e isso não basta para que departamentos de matemática e física em universidades se proponham a ensinar os cursos básicos de forma entrelaçada. Uma coisa é encontrar quadrados e retângulos à nossa volta, outra é descobrir o que fazer com o fato que suas diagonais se encontram em seus pontos médios.

Enfim, ver ciência e argumentação aonde elas podem ser usadas é difícil. Um colega de departamento, Nicolau Saldanha, me disse uma vez que uma das grandes diferenças entre o professor e o aluno é que o professor, enquanto faz uma conta, realiza pequenos testes de compatibilidade, enquanto alunos não têm maturidade para sequer conceber esses testes. Cem percursos Rio-São Paulo equivalem a uma volta pelo equador do planeta --- isso aumenta ou diminui o tamanho do mundo para você? Quanto custa o novo Airbus presidencial e quanto é orçado para o programa espacial brasileiro? Quanto lixo pode ser reciclado e a que preço? Cada vez mais, devemos apresentar dados às crianças, a todos nós, de forma que possamos entender e comparar.

Algumas considerações finais

Tudo vai sendo terceirizado e não há como evitar. Não construímos nossa própria casa, e nem deveríamos esperar de nós mesmos capacidade para avaliar se tumores em torno a nós são meros desvios estatísticos. A mídia científica, cada vez mais interessante na variedade de tópicos, usa pouca informação quantitativa. É difícil determinar a quem cabe o estudo aprofundado de um novo projeto didático, mesmo em países ricos. Experiências pequenas, grupos de voluntários, o aluno curioso ocasional, estão latentes.

[1] Mathematics and Democracy – The case for quantitative literacy, Lynn Arthur Steen (editor), National Council on Education and the Disciplines, 2001.