A divulgação matemática

Relatório do Projeto de Iniciação Científica

A divulgação científica, a literatura matemática e o papel do professor. 2008

Antonio Carlos Brolezzi

Priscila de Jesus Sanches

Resumo

A divulgação científica pode ser meio de incentivar o interesse dos alunos pela opção das carreiras universitárias ligadas às ciências básicas (Matemática, Física, Química e Biologia). Entretanto, enquanto as áreas científicas experimentais estiveram presentes em vasta literatura e no cinema, a divulgação matemática tem sido menos visível. Nas últimas décadas, nova onda de literatura – desta vez, dando destaque à matemática e ao fazer matemático – tem encontrado seu espaço no mercado editorial. Este artigo procura relacionar as pesquisas sobre divulgação científica com a matemática, propondo uma análise da linguagem empregada nos novos livros que tem procurado apresentar a matemática de modo acessível e interessante ao público em geral.

A divulgação científica e a matemática

A atividade de divulgação científica é um meio produtivo e inovador de apresentar os assuntos da ciência ao público em geral. Cientistas, literatos e jornalistas podem divulgar os resultados da Ciência em uma linguagem acessível ao público leigo. A divulgação pode mudar o quadro do desinteresse da grande maioria dos estudantes pelas ciências básicas, e também é um meio de disseminação de cultura.

Ninguém duvida do valor da pesquisa básica, área fundamental para qualquer nação desenvolvida, que permite a geração e a produção de novas tecnologias e soluções para proporcionar o crescimento econômico e social. A falta de interesse dos jovens pelas ciências básicas (Matemática, Física, Química e Biologia) é um fato que pode ser verificado observando a diminuição da relação entre número de candidatos e vagas para essas áreas do conhecimento nos vestibulares das principais universidades do país (BUENO, 2004). Essa situação pode ser explicada em parte pela forma como essas ciências e suas carreiras são apresentadas aos alunos do Ensino Fundamental e Médio. Não é fácil estabelecer uma ponte de ligação entre as disciplinas escolares e suas aplicações no dia-a-dia ou as conseqüências desses conteúdos para a vida futura. A mídia costuma privilegiar as carreiras mais lucrativas e que possibilitam melhor *status* social. A conseqüência é a falta de motivação para os cursos superiores em ciências básicas, fato preocupante para um país necessitado de consolidação em tantas áreas, entre as quais se destaca a científica.

A divulgação científica pode ser feita através de museus, teatros, palestras, conferências, revistas, artigos, livros etc.Os livros são fontes privilegiadas de conhecimento e portadores de visões de mundo. Iremos abordar, neste artigo, algumas características da divulgação científica e como ela se apresenta em alguns livros da literatura contemporânea com temas matemáticos.

O termo *divulgação científica* ou *popularização da ciência* substituiu, no século XX, o termo *vulgarização da ciência* do século XIX. Essa substituição acompanhou a idéia de que, mais que simplesmente falar de ciência para os leigos, construindo uma espécie de *tradução* dos dizeres dos cientistas para os dizeres dos não-cientistas (MARTINS, 2006), era preciso considerar as várias instâncias da comunicação da ciência, considerando uma necessária heterogeneidade do discurso da ciência. Afinal, o *vulgus* na Roma clássica era uma categoria que não votava, diferente de *populus* (cidadãos). Assim, fugindo do sentido pejorativo, trocou-se o termo *vulgarização* por *divulgação* científica, concebendo-a como “uma atividade criadora, ou seja, faz surgir algo que não existia anteriormente” (VERGARA, 2008). Não se trata apenas de tradução, mas um meio produtivo e inovador de apresentar os assuntos da ciência ao público em geral.

A divulgação surgiu no bojo das inovações do mundo da ciência do século XIX, como o sucesso e os mistérios em torno da eletricidade, da vacina e do telefone, cujos princípios científicos eram pouco conhecidos. O veículo brasileiro *O Vulgarizador: jornal dos conhecimentos úteis*, (1877 – 1880) contava com a colaboração de autores que escreviam sobre essa ciência, por meio do contato com os trabalhos desenvolvidos pelos cientistas e que os publicam numa *terceira linguagem que não aquela dos cientistas* com o intuito de torná-los mais acessíveis ao público leigo. Pensamos que a divulgação é um meio de disseminação de cultura para um público amplo, superando um pouco a alienação fruto da fragmentação imposta pela divisão social do trabalho que, desde o século XIX, tende a limitar a cultura científica na formação dos “operadores de máquinas” (VERGARA, 2008).

Com a prerrogativa de disseminação cultural, a divulgação científica permite um contato entre um grande público com a ciência. Com isso, aspectos qualitativos desta divulgação devem ser foco de atenção. Há o risco, por exemplo, de a divulgação limitar-se a fazer apologia dos resultados, sem o destaque necessário para o processo de criação (BUENO, 2004).

Com o objetivo de estudar como esta divulgação está sendo feita, para o caso da Matemática, iremos desenvolver breve análise de alguns livros de divulgação matemática, atentando ao modo como as características do DCC surgem neles. Escolhemos para análise alguns dos livros publicados nos últimos anos e que tiveram repercussão, sendo traduzidos em diversas línguas e publicados no Brasil. A seguir segue uma lista dos livros considerados bem como o ano de sua primeira edição.

Título	Autor	Ano de publicação	Ano da edição analisada
Tio Petros e Conjectura de Goldbach	Apostolos Doxiadis	1992	2001
O Último Teorema de Fermat	Simon Singh	1997	2006
O Diabo dos Números	Hans Magnus Enzensberger	1997	1997
O Teorema do Papagaio	Denis Guedj	1998	1999
O Livro dos Códigos	Simon Singh	2000	2008
A Janela de Euclides	Leonard Mlodinow	2001	2004
Razão Áurea – A História de Fi, Um Número Surpreendente	Mário Livio	2003	2008
A Música dos Números Primos	Marcus Du Sautoy	2003	2008

Tabela 1 – Livros analisados

O Discurso de Divulgação Científica - DDC é caracterizado por recursos que tornam a ciência mais próxima do leitor comum. Esses recursos literários são marcas que constituem o chamado “efeito de informação científica”, obtido por meio do uso de certa terminologia visando desmistificar a ciência, explicar seus conceitos e aproximar o leitor de um universo em geral inacessível.

O tom íntimo

Podemos identificar uma pessoalização do DDC por meio do uso do pronome "você". Os livros estudados utilizam frequentemente o pronome pessoal “você” e apresentam perguntas diretas ao leitor, visando o estabelecimento de um diálogo, a criação de uma certa intimidade com o leitor:

> Observe uma lista de números primos, e você descobrirá que é impossível prever quando surgirá o próximo deles. (Sautoy, 2008: 14)
>
> Você consegue prever qual será o número seguinte? Você é capaz de encontrar uma fórmula que gere o 100º número de cada lista sem ter que calcular os primeiros 99? (Sautoy, 2008: 33)
>
> Imagine um deserto desolado varrido pelo vento, no ano de 2580 a.C.(...) Você foi designado para supervisionar a integridade da estrutura. (SINGH, 2006: 19)

A pessoalização do discurso é caracterizada por pronomes de primeira e segunda pessoa. Por outro lado, a impessoalização do discurso científico é caracterizada pela ocorrência de pronomes pessoais de terceira pessoa, fato que afasta o leitor do processo de criação e evolução das ciências (Silva, 2007). Enquanto o aparecimento desses pronomes pessoais em um artigo científico favoreceriam elementos como a subjetividade, nos textos de divulgação científica eles promovem a transmissão de saberes científicos, na medida em que caracterizam um diálogo entre o autor e o leitor.

> Costuma-se dizer que o artigo científico deve evitar o uso de formas pessoais do pronome e ater-se ao uso da terceira pessoa do singular

> em voz ativa ou voz passiva. Tal norma é justificada pelo fato de que o cientista deve apresentar os fatos por si mesmos, evitando demonstrar a manipulação subjetiva dos dados. Fato aplicado no âmbito das Ciências Exatas e Biológicas. (...) O uso da primeira pessoa pode resvalar para afirmações de senso comum, não condizentes com o trabalho científico. No texto científico, em síntese, utiliza-se, sobretudo, as formas de terceira pessoa e de primeira pessoa do plural. O uso da terceira pessoa é descrito por ela antes como uma forma de apresentar uma continuidade de raciocínio entre vários autores dentro de uma área de conhecimento do que propriamente como uma forma de "neutralidade"(...). (Silva, 2007)

Porém, especificamente, no texto de divulgação há um recurso retórico que é caracterizado pela interlocução direta com o leitor, por meio de perguntas ou do pronome você, que é uma forma de buscar a participação ativa do leitor, compondo um diálogo entre o "eu", autor, e o "você", leitor. (Silva, 2007).

> Vou deixar a terceira seqüência de números – 1, 2, 3, 5, 7, 11, 15, 22, 30, ... – como um desafio ao qual voltarei mais adiante. (Sautoy, 2008: 35)

> Gödel provou que os matemáticos jamais poderiam provar a existência das fundações seguras de que Hilbert tanto precisava. Era impossível usar os axiomas da matemática para provar que esses mesmos axiomas jamais levariam a contradições. Não seria possível corrigir o problema alterando-se os axiomas ou adicionando novos? Isso não funcionaria. Gödel demonstrou que, independentemente dos axiomas que escolhamos para a matemática, eles jamais poderiam ser usados para provar que não surgiriam contradições. (Sautoy, 2008: 193)

O autor tenta assim estabelecer uma interação com o leitor, na medida em que apresenta os questionamentos que o próprio leitor possa ter, ao invés de lhe dizer, de imediato, quais foram as repercussões da descoberta de Hardy sobre a hipótese de Riemann, e que é impossível utilizar os axiomas matemáticos para provar que não surgiriam contradições na matemática.

No livro *O Diabo dos Números*, o menino Robert começa a entender e a interessar-se pela matemática (*saber científico*) a partir do momento em que ela começa a fazer parte dos seus sonhos (*universo de sua pessoa*) de uma forma divertida, onde os algarismos transformam-se em moscas, o número um é uma árvore gigante e Robert possui um amigo, o diabo dos números, o qual se intitula um dos criadores da matemática com uma bengala mágica que lhe permite escrever números no céu, na água ou em qualquer outra superfície (*fenômeno "vivo"*).

Ainda podemos acrescentar mais uma característica no âmbito de pessoalização versus impessoalização:

> Aparelho formal da enunciação ou estrutura enunciativa: Tal aparelho é composto das instâncias de eu (sujeito da enunciação), tu (interlocutor), este (tema da interlocução), aqui (espaço) e agora (tempo). Muitas vezes, esse aparelho está implícito e, assim, o discurso torna-se “impessoal” ou explícito e, assim, o discurso torna-se “pessoal”.A autora mostra que o discurso de divulgação científica distingue-se do discurso pedagógico e do discurso científico no nível do quadro da enunciação. (...) Diferentemente dos outros dois gêneros, o discurso de divulgação explicita as marcas de reformulação do dizer. (...) (Silva, 2007)

Segundo SILVA, no DC, o pronome pessoal "ele" é materializado pela partícula "-se" apassivadora junto ao verbo. Exemplo: "conclui-se que". Enquanto que, no DDC, o pronome pessoal aparece determinado nas seguintes formas: "o cientista afirmou", "nós cremos que". Além de observarmos, no DDC, o uso da forma imperativa e o uso do pronome "nós" associado a formas de imperativo.

> (...) Por exemplo, lembre-se do primeiro postulado de Euclides, aplicado agora ao espaço-zebra: Dados quaisquer dois folículos pilosos, pode ser traçado um segmento de listra tendo estes folículos pilosos como suas extremidades. (Mlodinow, 2004:128)

> (...) Descobrir as conseqüências da lei de gravitação de Newton era

muito complexo do que o seu enunciado simples, e os físicos não tiveram dificuldades em extrair dela milhares de anos-pessoa de trabalho. (Mlodinow, 2004:197)

Na obra *Tio Petros e a Conjectura de Goldbach* (Doxiadis, 2001), o sobrinho do misterioso personagem que dá título ao livro é que se encarrega da narrativa, sempre em primeira pessoa, que transmite verossimilhança ao texto. O leitor tem a sensação de partilhar um relato íntimo:

> Não posso fingir que me lembro, ao escrever agora, das expressões e frases exatas utilizadas por meu tio naquela tarde de verão, tantos anos atrás. (p. 52) (...) (Tenho de confessar, caro leitor: nesse momento da narrativa de meu tio senti, sem querer, um arrepio de felicidade vingativa. Lembrei-me daquele verão em Pilos, alguns anos antes, quando também eu, por um instante, pensei ter descoberto a demonstração da Conjectura, embora ainda não a conhecesse pelo nome.) (Doxiadis, 2001: 101)

Pelo recurso da designação dos interlocutores, mencionando diretamente "os leitores", chamando a atenção para o ato mesmo da comunicação que os liga, o texto de divulgação matemática pretende estabelecer um tom íntimo:

> Quando você estiver lendo este livro, já terão acontecido outras reviravoltas no debate sobre a política criptográfica. (p. 338)
>
> Quando aparecem equações no texto, tentei dar uma explicação suficiente de modo que os leitores, que não possuem nenhum conhecimento de matemática, possam entender seu significado. Os leitores com um conhecimento mais profundo do assunto contam com uma série de apêndices onde expandi as idéias matemáticas contidas no texto principal. (Singh, 2006: introdução)
>
> (...) Mesmo para aqueles que não sabem o que significa equação, a definição de Descartes tem de parecer mais simples. (p. 87)
>
> (...) Num nível ainda mais simples, considere o seguinte problema que o leitor pode ter encontrado ao se preparar para uma festa: há uma barra de chocolate composta de doze pedaços; quantas quebras são necessárias para separar todos os pedaços? A resposta é, na verdade,

> mais simples do que você pode ter pensado e não envolve quase nenhum cálculo. Toda vez que se faz uma quebra, tem-se um pedaço a mais do que antes. Portanto, se você precisa terminar com doze pedaços, terá que quebrar onze vezes. (Verifique isso por si mesmo.) De modo mais geral, qualquer que seja o número de pedaços que formam a barra de chocolate, o número de quebras é sempre um a menos que o número de pedaços. (p. 12)

No último fragmento acima, verificamos o diálogo que o autor estabelece com o leitor, através de frases diretas como "Verifique isso por si mesmo" e pelo pronome você.

Essa marca do Discurso de Divulgação Científica (DDC) está presente também nas notas de capítulo no final do livro, como podemos observar na nota 10 do capítulo 3.

> 10 Para os que gostam de matemática, eis aqui a demonstração.

Nessa nota, o autor disponibiliza ao leitor a demonstração de que $\sqrt{2}$ é um número irracional.

Percebe-se que há uma intenção explícita de estabelecer um tratamento direto com o leitor, como se fosse um diálogo que estivesse sendo relatado:

> Para entender as sutilezas envolvidas, lembre-se da definição do ângulo reto: é o ângulo feito quando uma linha corta outra de tal maneira que os ângulos que ela forma nos dois lados são iguais.(SINGH, 2006: 46)

> Esta definição pode ter vindo das técnicas de construção, nas quais você verifica se uma linha é reta fechando um olho e observando ao longo de sua extensão. Para compreendê-la, você já deve ter tido a imagem de uma linha. (SINGH, 2006: 44)

> Lembre-se da frase "exceto um fator de massa" que estava montada na definição de momento? Pode não ter parecido muito naquela ocasião, mas é a razão pela qual os efeitos quânticos podem ser notados em átomos e não em bolas de pingue-pongue. (p. 224)

> Como vimos, a relatividade geral descrevia como a matéria afetava o espaço através da métrica, cujos componentes – os fatores g – nos informam como medir a distância entre os pontos próximos, com base

nas diferenças de suas coordenadas. (p. 231)

Nos fragmentos acima, o autor utiliza-se das expressões “relembre”, “lembre-se” e “como vimos” para chamar a atenção do leitor para fatos já narrados e que serão utilizados na narrativa posterior. O uso das palavras “imagine”, “lembre-se” e “você” nos fragmentos acima possibilitam um diálogo do autor com o leitor, aproximando-o, assim, dos fatos narrados. Há também o recurso das perguntas, que o leitor deve entender como sendo uma forma de diálogo interativo.

> Desenhe uma linha reta num pedaço de papel, e um ponto em algum lugar que não seja a linha. Parece possível que você não possa desenhar nenhuma reta paralela passando pelo ponto? Parece possível desenhar mais de uma? O postulado das paralelas descreve o nosso mundo? Uma geometria na qual ele é violado poderia ser matematicamente consistente?

No fragmento acima, o autor abre um diálogo com o leitor, levando-o a entrar na linha de pensamento do autor, preparando-o para as geometrias não-euclidianas.

> (...) Vamos supor que você está encalhado sem nenhuma informação sobre onde está. Não tem nenhum instrumento de navegação, mas um rádio transmissor-receptor que você pode usar para pedir socorro. Como poderia informar à equipe de resgate onde você está? (p. 63)

O autor coloca o leitor numa situação-problema na qual aquele permite que este reflita sobre a situação antes de dar-lhe alguma explicação que lhe leva à solução. Em seguida, o autor traz uma explicação das coordenadas de localização, a latitude e a longitude.

O tom didático

Os textos de divulgação se caracterizam como convidativos e includentes. Isso implica em que dêem certo destaque para os termos e conceitos novos, chamando a atenção do leitor para que ele se aproprie de alguma forma dos significados dos termos importantes que serão depois explicados de forma didática. Pudemos observar essa característica no fragmento abaixo. Quando aparece pela primeira vez, erg-segundo está em itálico. Já quando o autor o usa para explicar seu significado, ele não aparece mais em itálico.

> A constante de Planck é aproximadamente um bilionésimo de bilionésimo de bilionésimo, ou 10^{-27}, de alguma coisa, neste caso, de uma unidade chamada *erg-segundo*. É claro que o valor da constante de Planck depende das unidades empregadas. Um erg-segundo é uma unidade cujo tamanho é a magnitude corresponde a grandezas que podemos encontrar no dia-a-dia. (p. 223)

Segundo MARTINS (2006), o itálico é um dos recursos que designa o "distanciamento metalingüístico alternativamente de um [o Discurso Científico (DC)] e de outro discurso [o de Divulgação Científica (DDC)] como exterior, inapropriado". O autor, ao apresentar a palavra "erg-segundo" em itálico, criou um distanciamento metalingüístico entre o DC e o DDC, mas, posteriormente, quebrou esse distanciamento ao explicar o significado científico dessa palavra, apresentando-a sem itálico.

Nos trechos abaixo, surge também o uso do itálico.

> Essa regra importante de posição, o *sistema de valor-de-lugar*, foi inventado pelos babilônios (que usavam 60 como base, como veremos a seguir) por volta de 2000 a.C., e depois, num período de 2.500 anos, foi reinventado sucessivamente na China, pelos maias na América Central, e na Índia. (p. 30)

> (...) Na Matemática, uma prova por absurdo é usada da seguinte forma. Começa-se supondo que o teorema que se provar na verdade é falso. A partir disso, por uma série de passos lógicos, você deriva algo que representa uma clara *contradição* lógica, como 1 = 0. Conclui-se, assim, que o teorema original não poderia ser falso; portanto, tem que ser verdadeiro. Note que para esse método funcionar, devemos supor que um teorema ou afirmação têm ser *ou verdadeiros ou falsos* – ou você está lendo esta página agora ou não está. (p. 51)

Outro recurso didático empregado é a auto-referência ao texto, a fim de organiza-lo para que o leitor possa se situar diante das questões colocadas, como em uma aula ou curso:

> Retornaremos a Euclides e suas fantásticas realizações no Capítulo 4. (p. 13)

(Examinaremos detalhadamente afirmações semelhantes neste livro.) (p. 16)

(Discutirei os experimentos de Fechner no Capítulo 7.) (p. 17)

> Este capítulo final examina algumas idéias futuristas que poderão aumentar ou destruir a privacidade no século XXI. A seção seguinte olha para o futuro da criptoanálise e para uma idéia, em especial, que poderá permitir aos criptoanalistas quebrarem as cifras atuais. Em contraste, a parte final do livro aborda a mais empolgante perspectiva criptográfica, um sistema que tem o potencial de garantir a privacidade absoluta. (p. 346)
>
> O resto desta seção discute o conceito do computador quântico e portanto introduz alguns dos princípios da física quântica, às vezes chamada de mecânica quântica. Antes de prosseguir, por favor, lembre-se de um aviso feito originalmente por Niels Bohr, um dos pais da mecânica quântica: "Qualquer um que puder contemplar a mecânica quântica sem se sentir tonto, é porque não a entendeu". Em outras palavras, preparem-se para encontrar algumas idéias um tanto bizarras. (p. 349)

Desmistificando a matemática e os matemáticos

> Se o computador consegue contar melhor que nós, ele não tornará o matemático desnecessário? Felizmente, não. Em vez de marcar o fim da matemática, esse fato ressalta a verdadeira diferença entre o matemático, que é um artista criativo, e o computador, uma calculadora maçante. (Sautoy, 2008: 225)
>
> (...) Eles cometeram vários erros aritméticos – os matemáticos às vezes não são muito bons em aritmética mental após anos de pensamento abstrato, que poucas vezes requer o uso de tabelas de multiplicação que aprendemos quando crianças. (FI p. 304 e 305)

> (...) As fórmulas, as demonstrações, os teoremas aterrissavam no quadro-negro. Como se ninguém os tivesse criado, como se houvessem estado ali desde sempre, como as montanhas e os rios. Aliás, as montanhas não estão aqui desde sempre. O resultado era que os teoremas pareciam mais atemporais do que as montanhas e os rios! Matemática não era nem história, nem geografia, nem geologia. Era o quê, exatamente? Essa questão não interessava a muita gente. (p. 31)

No fragmento acima, observamos uma crítica ao ensino de matemática sem a devida ligação com a sua história: "o resultado era que os teoremas pareciam mais atemporais do que as montanhas e o rios".

"As verdades da ciência necessitam de belas histórias para que os homens se apeguem a elas".

(GUEDJ, p. 472)

(...) A maioria dos matemáticos de verdade nem sabe fazer contas. E, além do mais, eles nem têm tempo para isso. Para fazer contas existem as calculadoras. Você não tem uma? (ENZENSBERGER, 1997)

Podemos observar, através do fragmento acima, a ruptura de um conceito muito difundido entre as pessoas: de que os matemáticos passam todo o tempo fazendo contas e mais contas. Na verdade, para os matemáticos é muito mais interessante conjecturar e fazer demonstrações, pois *para fazer contas existem as calculadoras.*

O livro associa matemática e arte, procurando mostrar o que entende ser a verdadeira natureza da matemática e dos matemáticos:

> A verdadeira matemática não tem nada a ver com aplicações, nem com os procedimentos de cálculo que se aprendem na escola. (...) Na verdade, a constituição psicológica do verdadeiro matemático está mais próxima à do poeta ou do compositor musical, isto é, de alguém envolvido com a criação do Belo e com a busca da Harmonia e da

> Perfeição. Ele é o pólo oposto do homem prático, do engenheiro, do político ou do... – parou por um momento, tentando achar algo ainda mais abominável em sua escala de valores - ... do homem de negócios. (Doxiadis, 2001: 28)

Observamos, ainda, que esse livro, além de conter curiosidades sobre a matemática, faz a sua contextualização e permite ao leitor uma familiarização com essa ciência através da sua história.

A seguir, damos alguns exemplos dessa contextualização:

Pelo cálculo de um geólogo da Universidade de Cambrigde, o professor Hans-Henrik Stølum, a proporção entre o comprimento de um rio, da nascente até a foz, e o seu comprimento em linha reta é aproximadamente o valor de π, “que é a proporção entre a circunferência de um círculo e seu diâmetro.”

> (...) Podemos imaginar nossos ancestrais seguindo a trilha de um jovem cervo e pesando as probabilidades de um ataque bem sucedido. Qual seria a chance do animal adulto estar por perto, pronto para a defender o seu filhote ferindo o atacante? Ou, por outro lado, qual seria a chance de surgir uma presa mais fácil se esta for considerada muito arriscada? Um talento para analisar as probabilidades deveria ser parte de nossa estrutura genética, e, no entanto, freqüentemente, a intuição nos engana. (SINGH, 2006)

(...) Um dos maiores problemas de probabilidade contra-intuitiva é a chance de partilhar com outra pessoa o mesmo dia de aniversário. Imagine-se um campo de futebol com 23 pessoas, dois times de 11 jogadores e o juiz. Qual a probabilidade de que duas dessas 23 pessoas façam aniversário no mesmo dia? (SINGH, 2006)

(...) Embora o valor de π até 39 casas decimais seja suficiente para calcular a circunferência do universo com uma precisão equivalente ao raio do átomo de hidrogênio, isso não evitou que cientistas, usando computadores, tentassem calcular π com o maior número possível de casas decimais. (SINGH, 2006)

O autor ainda cita que o cálculo foi usado para enviar foguetes para a Lua e a teoria da probabilidade é usada “pelas companhias de seguros na avaliação dos riscos.

Através dessas e de outras contextualizações, o futuro professor de matemática pode "rechear" suas aulas de matemática com esses atrativos, para despertar cada vez mais a atenção dos seus alunos para essa ciência maravilhosa.

Segundo o autor, "a fama do Último Teorema de Fermat deriva unicamente da tremenda dificuldade em demonstrá-lo", não sendo considerado importante. "Os matemáticos avaliam a importância de um teorema de acordo com o seu impacto para o resto da matemática". Contudo, temos conhecimento de que a busca por uma demonstração para o problema de Fermat levou a uma grande evolução na teoria dos números. No livro de Simon Singh, o leitor poderá conferir essa evolução de uma forma muito empolgante através dos fatos narrados.

A escolha das palavras

Segundo SILVA (2007), há uma predominância de verbos dinâmicos em textos científicos, pois, em geral, esse tipo de texto apresenta e descreve fenômenos ou acontecimentos a partir de objetos de estudo. Esses verbos recebem esse nome por exprimirem uma ação ou atividade sobre objetos. Os verbos dinâmicos subdividem-se em verbos

1. Epistêmicos, aqueles que *introduzem explicitamente o conhecimento.* (*Exemplos: saber, imaginar, lembrar, conhecer, achar, pensar*)
2. De modificação no objeto, aqueles que *indicam uma ação realizada diretamente pelo sujeito* (*Exemplo: construir, fazer, quebrar*)
3. Sentimental (*adorar, surpreender, gostar, intrigar*)
4. Modal, aqueles que *indicam uma atitude de abrandamento ou reforço em relação a outros verbos* (*Exemplos: poder, dever)*
5. De elocução, aqueles que têm proximidade semântica com os verbos epistêmicos – ambos os tipos cumprem no texto de divulgação a função de provocar a criança a procurar saber (SILVA, 2007) (*Exemplos: dizer, cochichar, afirmar*)

6. Causativos, aqueles que *indicam uma ação provocada indiretamente pelo sujeito* (*Exemplos: fazer com que, provocar, causar*)

A autora chama de *verbos de saber* os verbos epistêmicos e os outros semelhantes a estes, justamente por representarem verbos de transmissão de saber e denomina *verbos de fazer* os verbos de modificação no sujeito. Ainda segundo a autora, podemos observar uma grande predominância de *verbos de saber* nos textos de divulgação científica infanto-juvenil.

De fato, pudemos observar uma predominância de *verbos de saber* n' O Diabo dos Números em relação aos *verbos de fazer,* principalmente daquele que a autora denomina verbo epistêmico típico, o verbo saber:

(...) – Viu só? E sabe por quê? Porque os romanos não tinham o 0. (ENZENSBERGER, 1997)

(...) - Certo, mas o que acontece quando você salta 0 vezes? 1^0, 8^0 ou 100^0? Você sabe quanto dá isso? Quer que eu diga? Você vai rir, mas vai dar 1 de novo. (ENZENSBERGER, 1997)

(...) Quando quis tratar do bico, a coisa quase acabou mal. Os olhos do pássaro faiscaram, mas a chama vacilou. Parecia que ele iria desabar, encontrou forças para bater as asas e subir. (p. 15)

[..] O felá topou ajudá-lo. (p. 43)

Nos fragmentos acima, observamos o uso da linguagem informal na expressão "a coisa quase acabou mal" e no uso do verbo topar. Por se tratar de um diálogo familiar ou amistoso (amigável), esse tipo de linguagem é justificado.

Tudo começou com um pequeno esquema planejado por Pitágoras: empregar a matemática como o sistema abstrato de regras que pode modelar o universo físico. (p. 10)

Um dia, em junho de 1984, um cientista anunciou que tinha rompido as barreiras na teoria que explicaria tudo, desde por que existem as partículas subatômicas e como elas interagem, até a estrutura em grande escala do espaço-tempo e a natureza dos buracos negros. (Mlodinow, 2004: 11)

Nos fragmentos acima, entendemos que o uso de expressões, tais como, "tudo começou" e "um dia", remetem-nos às histórias contadas por nossos avós, através das quais nos fora aguçado o interesse em ouvir fatos transcorridos da história que nos era contada. Da mesma forma, acreditamos que o uso dessas expressões podem despertar o interesse dos leitores para os fatos científicos.

2.4.1.2. Linguagem jornalística

Um dia antes da Páscoa, em 415 d.C., uma mulher foi arrancada de uma carruagem e assassinada por uma multidão ignorante. (Mlodinow, 2004:10)

(...) No dia 31 de março de 1596, uma nobre francesa doente com uma tosse seca, talvez indicando tuberculose, deu à luz seu terceiro filho. (Mlodinow, 2004: 85)

Outra característica interessante observada no livro A Janela de Euclides é a presença de termos do Discurso Científico com termos do Discurso de Divulgação Científica.

(...) Isto significa que qualquer ponto descrito pelo par ordenado (x, y) está na reta se, e somente se, a soma de *a* vezes *x*, *b* vezes *y* e *c*, for igual a zero. É uma alternativa, uma definição algébrica de uma reta. (p. 89)

No fragmento acima, podemos observar a presença de um termo típico do DDC (isto significa que) e um termo lógico do DC (se, e somente se).

As explicações dos termos científicos

Contudo, podemos começar voltando nossa atenção apenas para as três letras que aparecem mais de trinta vezes no texto cifrado, ou seja: **O**, **X** e **P**. É razoavelmente seguro supor que as letras mais comuns no texto cifrado provavelmente representem as letras mais comuns do alfabeto inglês, mas não estejam necessariamente na ordem correta. Em outras palavras, não temos certeza de que **O** = e, **X** = t, e que **P** = a, mas podemos tentar a suposição de que:

O = e, t ou a,   **X** = e, t ou a,   **P** = e, t ou a.

Se o remetente usar apenas um dos alfabetos cifrados em toda a sua mensagem, isto efetivamente resultaria em uma cifra de César simples, uma forma muito fraca de codificação, fácil de ser decifrada por um interceptador inimigo. Contudo, na cifra de Vigenère, uma linha diferente do quadrado (um alfabeto cifrado diferente) é usada para codificar letras diferentes da mensagem. Em outras palavras, o remetente da mensagem pode cifrar a primeira letra de acordo com a linha 5, a segunda de acordo com a linha 14 e a terceira de acordo com a linha 21, e assim por diante. (p. 67)

(...) Uma cifra homofônica pode parecer semelhante a uma cifra polialfabética no sentido de que cada letra do texto original pode ser cifrada de modos diferentes, mas existe uma diferença crucial; na verdade, a cifra homofônica não passa de uma cifra monoalfabética. Na tabela homofônica mostrada anteriormente, a letra **a** pode ser representada por oito números. E de um modo significativo estes oito números representam apenas a letra **a**. Em outras palavras, uma letra no texto original pode ser representada por vários símbolos, mas cada símbolo pode representar apenas uma letra. (p. 72)

A palavra **the** encontra-se cifrada como **DPR** no primeiro caso, e como **BUK** na segunda e na terceira ocasiões. A razão para a repetição de **BUK** é que o segundo **the** encontra-se deslocado oito letras em relação ao terceiro, e oito é um múltiplo do comprimento da palavra-chave, que tem quatro letras de comprimento. Em outras palavras, o segundo **the** foi cifrado de acordo com o seu relacionamento com a palavra-chave (**the** encontra-se diretamente abaixo de **ING**); na ocasião em que chegamos ao terceiro **the**, a palavra-chave já foi alternada duas vezes para repetir o relacionamento e portanto repetir a cifragem (p. 87)

(...)... Por sua vez, isso significa que primeira letra da palavra-chave $\mathbf{L_1}$ é provavelmente o **E**. (p. 92)

(...) Explicando melhor, um criptoanalista persistente, capaz de testar um ajuste a cada minuto, precisaria de mais tempo do que a idade total do universo para checar cada ajuste. (Na verdade, como eu ignorei o efeito dos anéis nesses cálculos, o número de chaves possíveis é ainda maior e o tempo necessário para decifrar a Enigma ainda mais longo.) (p. 155)

(...) Os misturadores contribuem com um número menor de chaves, mas sua disposição está mudando continuamente, o que significa que o texto cifrado resultante não pode ser quebrado com análise de freqüência. (p. 155)

(...) De um modo geral, a ordem de cifragem e decifragem é crucial e deve obedecer ao esquema do “último dentro, primeiro fora”. Em outras palavras, o último estágio da cifragem deve ser o primeiro a ser decifrado. (p. 284)

Contudo, Diffie e Hellman não estavam interessados em funções d mão dupla. Eles focalizaram sua atenção em funções de mão única. Como o nome sugere, uma função de mão única é fácil de fazer, mas muito difícil de desfazer. Em outras palavras, as funções de mão dupla são reversíveis, enquanto as funções de mão única são irreversíveis. (p. 286)

(...) No primeiro ambiente a função será de mão dupla e fácil de ser revertida; no segundo ambiente ela será de mão única e difícil de reverter. Como exemplo, vamos considerar a função 3^x. Isto significa pegar um número x e multiplicar 3 por si mesmo x vezes de modo a obter o novo número. Por exemplo, se $x = 2$ e nós executarmos a função, então:

$3^x = 3^2 = 3 \text{ x } 3 = 9$.

Em outras palavras, a função transforma 2 em 9. (p. 287)

(...) Por exemplo, ele poderia ter escolhido números primos tão grandes quanto 10^{65} (isto é, 1 seguido por 65 zeros, ou cem mil milhões, milhões, milhões, milhões, milhões, milhões, milhões, milhões, milhões, milhões). (p. 302)

Colocando-se um filtro conhecido como polaróide no caminho dos fótons, podemos garantir que o raio de luz emergente consistirá em fótons que vibram em apenas uma direção em particular; em outras palavras, todos os fótons terão a mesma polarização. (p. 361)

Por vários procedimentos, o termo científico é apresentado ao lado de descrições, sinônimos, perífrases, equivalentes etc., “deixando à vista o processo pelo qual o discurso científico se apresenta como uma re-tomada” (MARTINS, 2006). Pudemos encontrar esses recursos nos livros analisados, no que se refere aos conceitos matemáticos.

Nesses livros, quando surge um termo mais próprio da linguagem matemática, é dado um destaque do termo em itálico ou por meio de pontuação (vírgulas, dígitos, parênteses e aspas). Em seguida, procura-se explicar rapidamente o que pode gerar dúvida no leitor, utilizando conjunções como “ou seja”, “isto é”, “em outras palavras” etc.

> (...) muitos dos problemas centrais da aritmética mais avançada estão relacionados aos números *primos* (números inteiros divisíveis apenas por 1 e por eles próprios, como 2,3,5,7,11,...) (Doxiadis, 2001: 68)

> Anos antes de Dirichlet, Carl Friedrich Gauss imaginara uma possível fórmula “assintótica” (isto é, uma aproximação, que melhora à medida que n aumenta) da quantidade de primos ... (Doxiadis, 2001: 69)
>
> A “completude das teorias matemáticas” (ou seja, o fato de que dentro delas todo enunciado verdadeiro é demonstrável) não havia ainda sido provada ... (Doxiadis, 2001: 93)
>
> Principiou por representar todos os números compostos (isto é, não-primos) ... (Doxiadis, 2001: 99)
>
> (...) A história transcorre num plano e põe em cena uma reta e uma circunferência. O que pode acontecer com uma reta e com uma circunferência? Ou a reta corta a circunferência, ou não corta. Ela também pode roçá-la, notou o sr. Ruche. Se ela a corta, divide-a necessariamente em duas partes. Como a reta deve estar situada para que as duas partes sejam iguais? Tales deu a resposta? Para que a reta corte a circunferência em duas partes iguais, deve obrigatoriamente passar pelo centro. É o *diâmetr*o! O diâmetro é o mais longo segmento que a circunferência abriga dentro de si, ele corta a circunferência em todo o seu comprimento. É por isso que podemos dizer que o diâmetro “mede” a circunferência. (Guedje p. 38)

No fragmento acima, observamos que o autor dispõe o termo “diâmetro” em itálico antes de dar ao leitor o seu significado. Também podemos observar outra marca do DDC: a de explicar o significado desse termo ao leitor através de uma seqüência de perguntas e respostas que o mesmo pode criar em seu pensamento. Ou seja, o autor cria um diálogo com o leitor, antes de dar-lhe uma definição do termo diâmetro.

a) o distanciamento metalingüístico alternativamente de um e de outro discurso, designado pelo itálico, pelas aspas, parênteses, etc., como exterior, inapropriado.

> (...) Uma das mais famosas provas de Euclides, por redução ao absurdo, estabelece a existência dos chamados *números irracionais*. (SINGH, 2006)

No fragmento acima, há um distanciamento entre a linguagem científica caracterizada pelo termo científico em itálico e a linguagem corriqueira. Verificamos em MARTINS (2006, p. 227) uma distinção no procedimento de distanciamento metalingüístico, denominando *autonímia* quando, pelo aspeamento, por exemplo, o locutor faz menção e não uso das palavras aspeadas, o que pode ser verificado no fragmento acima. Já na *conotação autonímica* a palavra marcada é usada com conotação de menção, isto é, o locutor faz menção e faz uso da palavra aspeada. O próximo fragmento é um exemplo de *conotação autonímica*:

b) conceitos matemáticos expressos de uma forma mais acessível, sem citar o seu termo original:

(...) Observou que os egípcios e os babilônios faziam seus cálculos na forma de uma receita que podia ser seguida cegamente. (SINGH, 2006)

No fragmento acima, a palavra "receita" assume o mesmo significado de algoritmo, porém o autor suprime esse termo matemático.

(...) No caso de muitos números, vê-se logo pelo jeitão deles que é possível dividi-los sem que sobre um resto. (ENZENSBERGER, 1997)

No fragmento acima, observamos mais uma marca do DDC, em que o autor usa uma fala informal para apresentar ao leitor o critério de divisibilidade dos números ("pelo jeitão deles que é possível dividi-los sem que sobre um resto").

(...) O que você precisa saber é que o truque que eu lhe mostrei (aquele de apagar as fileiras de números divisíveis por 2, por 3 e, depois, por 5, e assim por diante) é bem velho. Não é ruim, mas, quando se trata de números grandes, demoraria uma eternidade. Depois dele, inventaram-se todos os tipos de métodos mais refinados, mas, por mais geniais que sejam, a gente está sempre em apuros quando se trata de números primos. (ENZENSBERGER, 1997)

Esse "truque" é chamado Crivo de Eratóstenes. No fragmento acima, o autor expõe o método para o leitor, sem, contudo, citar-lhe o nome.

(...) Além disso, há muitos outros ainda mais teimosos, comportando-se feito loucos atrás de sua vírgula. São os números insensatos. Tem esse nome porque não obedecem às regras do jogo. (ENZENSBERGER, 1997)

(...) E ninguém entende, meu caro Robert. Aí está o ponto. A raiz de 2 é um número insensato. (ENZENSBERGER, 1997)

(...) E, depois, tem ainda os números inventados, para não falar nos números insensatos, que são mais do que infinitos, você não faz idéia! Números que giram em círculos sem parar, e números que não acabam nunca! (ENZENSBERGER, 1997)

Nos três fragmentos acima, observamos uma linguagem diferente da linguagem matemática, onde os números irracionais são chamados de números insensatos e os números imaginários são chamados de números inventados.

(...) A gente escreve o número de participantes e põe um ponto de exclamação depois: 4! = 24. E isso se lê: quatro bum! (ENZENSBERGER, 1997)

Percebemos mais uma vez que o autor do livro não faz citações de termos matemáticos, apesar de abordá-los. No fragmento acima, quatro bum equivale, na linguagem matemática, a quatro fatorial.

(...) Então você só precisa saber agora como é que se chama esse truque. Não se diz “saltar para trás”: diz-se “extrair a raiz”. Do mesmo modo como você arranca uma raiz do chão. Ou seja, a raiz de 100 é 10, a raiz de 10000 é 100. E qual a raiz de 25? (ENZENSBERGER, 1997)

Assim como no estudo do livro O Último Teorema de Fermat, observamos n’O Diabo dos Números a presença da conjunção “ou seja” usada para se explicar melhor um método ou um conceito matemático.

(...) Ele foi o primeiro a considerar o conceito de congruência de figuras espaciais – que duas figuras num plano podem ser consideradas iguais se você puder deslizar e girar uma para coincidir exatamente com a outra. (p. 25)

(...) Um deles, um livro perdido sobre cônicas, - o estudo de curvas geradas pela interseção de um plano e um cone – formou, mais tarde, a base da importante obra de Apolônio, que fez progredirem substancialmente as ciências da navegação e a astronomia.

> (...) As duas coordenadas usadas para descrever a sua posição atual na superfície da Terra são a latitude e a longitude. Para visualizá-las, coloque na sua mente três pontos, duas linhas e um globo. Retire o globo de sua mente, e imagine-o flutuando no espaço. Ele representa a Terra, é claro. Depois, coloque os seus três pontos da seguinte maneira: ponha um no pólo Norte da Terra, um no seu centro, e o

> terceiro em algum lugar na superfície. Use sua primeira linha para conectar o pólo Norte com o centro da Terra. Este é o eixo de rotação da Terra. Use a outra linha para conectar o centro da Terra ao ponto na superfície. Esta linha fará um certo ângulo com o eixo da Terra. Aquele ângulo, deixando de lado certas convenções, determina a sua latitude. (p. 64)

(...) Ainda assim, o nível de educação nunca caiu para aquele do período pré-carolíngio (i.e., pré-Carlos Magno). (p. 68)

> (...) De acordo com Newton, Alexei continuará em movimento uniforme – numa linha reta *e* com velocidade constante – a menos que atue sobre ele uma força externa, como a atração de uma máquina de videogame na esquina. (...) De acordo com essas equações, a aceleração do corpo (que é a mudança na velocidade *ou* na direção) é proporcional à força aplicada nele e inversamente proporcional à sua massa. Mas a descrição do movimento de um corpo reagindo a uma força conhecida como "cinemática" é somente parte do quadro. Para formar uma teoria completa, precisamos também conhecer a "dinâmica", isto é, como determinar a intensidade e a direção da força, dada a fonte (a máquina de videogame), o alvo (Alexei) e a separação entre eles. (p. 159)

(...) A função do tempo é "parametrizar" o caminho, uma gíria dos matemáticos que significa "dizer onde é que você se encontra". (p. 159)

2.4.2.4. Termos em itálico

(...) No gráfico de Nicolai, a relação entre os dados e o tempo é um tipo bem conhecido de curva chamada de *parábola*, que representa, por exemplo, a energia de uma mola marcada em função de sua extensão, ou a altura de uma bala de canhão versus a distância percorrida. (p. 82)

(...) Hoje isso é algumas vezes chamado de *relatividade de Galileu*. (p. 83)

(...) Este sistema de rotulação é chamado hoje de *coordenadas cartesianas*. (p. 88)

(...) Além disso, a forma matemática exata que Poincaré escolheu tinha que transformar a reta de Poincaré que liga quaisquer dois pontos no caminho mais curto entre eles (chamado de *geodésia*), assim como a reta usual é o caminho mais curto entre pontos no espaço euclidiano. (p. 129)

2.4.2.5. Explicações de conceitos matemáticos, expressas pelas conjunções "ou seja", "isto é", "em outras palavras", "em português claro"

> Para demonstrar o postulado, ou seja, para fazer dele um teorema, devemos demonstrar que qualquer rua passando pela editora The Free Press, que não seja a 6ª. Avenida, deve cruzar a 5ª. Avenida. Isto parece óbvio por nossa experiência diária – é por isso que este tipo de rua é chamada transversal. Tudo o que temos de fazer aqui é demonstrá-lo sem usar o postulado das paralelas. Começamos imaginando uma terceira rua, cujas únicas características presumidas são que ela é reta e passa pela editora The Free Press. Vamos chamar essa rua de Broadway. (p. 108)

No fragmento acima, observamos que o autor cria um ambiente no qual permite ao leitor interagir no processo de demonstração matemática ao expor-lhe os argumentos lógicos empregados e suas validações. Mais adiante, o autor instiga o leitor com algumas perguntas para levá-lo aos argumentos lógicos capazes de descobrir uma falha na demonstração.

(...) Embora elas possam ser minúsculas, suas topologias – isto é, propriedades relacionadas com elas terem o formato, digamos, de um plano, ou uma esfera, ou um *pretzel*[n] ou uma rosca – determinam o que existe dentro delas (como você e eu). (p. 215)

Em outras palavras, a gravidade é uma força fictícia. (p. 200)

(...) Em português claro: "Quando você não se move em linha reta, a geometria euclidiana se distorce". (p. 203)

De fato, atribui-se a Pitágoras a invenção das palavras "filosofia" ("amor pela verdade") e "matemática" ("aquilo que é aprendido"). (p. 39)

(...) No entanto, os astrônomos árabes do século IX se referiam ao livro invocando o superlativo grego "*Megiste"* ("O maior"), mas pondo antes o identificador árabe de nomes próprios, "al". (p. 106)

(...) Deste título ("*al-jabr*") vem da palavra "álgebra" que usamos hoje, já que foi o primeiro manual usado na Europa sobre essa matéria. Além disso, a palavra "algoritmo", que se refere a qualquer método especial para resolver um problema matemático por meio de uma série de procedimentos exatos, vem de uma distorção do nome de al-Khwarizmi. (p. 107 e 108)

(...) O nome "ábaco" pode ter se originado de *avaq*, a palavra hebraica para pó, já que os instrumentos mais antigos de calcular era simplesmente tabuleiros empoeirados com areia nos quais poderiam ser traçados os números. (p. 113)

(...) O problema, conhecido como a braquistócrona (do grego *brachistos*, "mais curto", e *chronos*, "tempo"), consistia em achar a curva ao longo da qual uma partícula sujeita à força da gravidade passaria no menor tempo de um ponto a outro. (p. 137)

(...) Para Kepler, isto é uma manifestação da "harmonia", pois *harmonia* em grego significa "um encaixe simultâneo". (p. 180)

Percebemos, também, que o Discurso de Divulgação Científica não está restrito à matemática, pois além de conhecimentos matemáticos, o autor informa ao leitor aspectos da língua, como a origem das palavras.

(...) Em outras palavras, se observamos a Figura 2, a linha AB certamente é maior que o CB. Se a razão do comprimento de AC para o comprimento de CB for igual à razão de AB para AC, então a linha foi cortada na razão extrema e média, ou numa Razão Áurea. (p. 14)

(...) Isso pode indicar que, embora o número ½ tenha sido entendido relativamente cedo, a noção e a compreensão das outras frações como recíprocos (ou seja, "um sobre") de números inteiros provavelmente só se desenvolveram depois que a contagem passou pela barreira do "três é uma multidão". (p. 27)

(...) Se escrevemos o número 555 num sistema puramente sexagesimal, o que queremos dizer é $5 \times (60)^2 + 5 \times (60) + 5$, ou 18.305 na nossa notação de base 10. (p. 33)

> Vou usar um pouco de geometria bem simples para examinar a definição de Euclides e explicar por que a Razão Áurea é tão importante para a construção do pentágono. Na Figura 24, a linha AB é dividida pelo ponto C. A definição de Euclides no livro VI de razão extrema e média é que: (segmento maior)/(segmento menor) é igual a (linha inteira)/(segmento maior). Em outras palavras, na Figura 24: *AC/CB=AB/AC*. (p. 96)

(...) Nas palavras do grande filósofo alemão Immanuel Kant: "A verdade definitiva da matemática está na possibilidade de que seus conceitos possam ser construídos pela mente humana". Em outras palavras, Kant enfatiza o aspecto da *liberdade* na matemática, a liberdade de postular e de inventar padrões e estruturas. (p. 273)

A expressão "em outras palavras" não é somente usada para explicar conceitos matemáticos e científicos, como também pensamentos filosóficos ou citações.

Conceitos estruturantes

Em relação ao conteúdo matemático, o livro faz referências à histórica da matemática, introduz o leitor à idéia da demonstração e explica o argumento lógico da redução ao absurdo.

Como foi dito anteriormente, o Teorema do Papagaio está repleto de episódios da história da matemática. Guedj apresenta-os em forma de diálogos entre amigos, de forma a torna-los mais presentes na linguagem corrente. Dentre os episódios retratados estão "o farol de Alexandria", "a biblioteca de Alexandria", "Os Elementos, de Euclides", "O Papiro Rhind", "o postulado número 5 sobre as paralelas", "a biografia de Cardano", "o surgimento do sinal de igual", "sinais nas operações egípcias", "a invenção dos parênteses" e "a vida de Galois e Abel".

Os conceitos estruturantes da obra são os números primos, a prova por absurdo, os números complexos e amigos, o teorema de Pitágoras, o último teorema de Fermat e o teorema da incompletude de Gödel.

Segue abaixo tabela com alguns conceitos de matemática apresentados no livro, os quais denominaremos conceitos estruturantes. Podemos defini-los como "conceitos que tem permitido a transformação de uma ciência, a elaboração de novas teorias, a utilização de novos métodos e novos instrumentos conceituais." (STRACK, 2006)

(...)

Lista de conceitos estruturantes presentes nos livros estudados:

A importância do computador nos cálculos
A importância do zero
a irracionalidade e a transcendência de PI
A lei da tricotomia
A Linear B
A teoria dos jogos e a criptografia na Segunda Guerra Mundial
Algoritmo para obtenção de triplas pitagóricas
Alguns conceitos estruturantes
Altbash (ver p. 43, par. 3)
Análise de freqüência
Aritmética do relógio
Aritmética modular (ou aritmética do relógio)
As leis de Kepler para a gravitação
As máquinas "Enigma" e "Bombas"
Axioma de Playfair
Axiomas
Axiomática de Hilbert
Azulejos de Penrose
Bases numéricas
Biografia de Euler
Bloco de cifras de uma única vez
Buracos negros
Cálculo integral
Cavalo de Tróia (ver p. 347)
Chave de depósito
Cifra assimétrica RSA
Cifra de deslocamento de César
Cifra de livro
Cifra de Playfair
Cifra de substituição monoalfabética
Cifra de transposição e cifra de substituição
Cifra Lucifer
Cifra polialfabética de Vigenère
Cifras do Beale
Classificação dos números em ímpares e pares
Código Morse
Combinação simples
Completeza na matemática
Comprimentos incomensuráveis
Conceito de congruência de figuras espaciais
Conceito de espaço elíptico
Conceito de espaço hiperbólico
Conceito de função
Conceito de função e gráfico
Conjectura de Birch-Swinnerton-Dyer
Conjectura de Euler
Conjectura de Goldbach
Conjectura de Mertens
Conjectura do número primo superestimado
Conjectura dos números primos
Conjectura dos primos gêmeos
Conjecturas e demonstração
conjetura de Euler
conjetura de Goldbach
Conjuntos limitados inferiormente
Consistência matemática
Constante de Planck
Construção da máquina "Colossus"
Coordenadas (latitude e longitude)
Corpos flutuantes
Crescimento exponencial
Criptoanálise
Criptografia de chave pública
Criptografia de curvas elípticas
Criptografia quântica
Crivo de Eratóstenes
Crivo quadrático de Pomerance
Decomposição dos números inteiros em fatores primos
Definição algébrica de reta
Definição de ponto, linha, superfície e ângulo.
Definição de retas paralelas
Definição de retificação de uma curva
Definições de círculo dadas por Euclides e Descartes
Definições de Euclides de ponto, linha, círculo, ângulo reto, superfície e plano
Demonstração da incomensuralidade da diagonal e do lado de um pentágono simples
Demonstração por absurdo de que raiz de 2 não é racional
Dinheiro quântico
Distância mínima
Divisão da circunferência em *n* partes iguais (se *n* for primo)
Divisibilidade
Dízima periódica e números irracionais
Duplicação do quadrado
Elementos mensuráveis e incomensuráveis
Entropia
Equações diofantinas
Equações do 1º e do 2º grau
Equações e sistemas equações lineares
Equações polinomiais
Espaço hiperbólico
Espirais logarítmicas e espirais arquimedianas
extração de raízes usando a tabela de log
Fatoração
Filosofia do paralelismo (teoria dos grupos e geometria diferencial)
Filotaxia
Física quântica
Física quântica (níveis de energia)
Formas modulares
Fórmula de Euler
Fórmula para se calcular o *n*-ésimo número de Fibonacci (Φ^n)
fórmulas de Cardano
Fórmulas de Euler
Frações
Frações contínuas
Função zeta
Funções
Funções reversíveis e irreversíveis
Funções zeta de Hasse
Generalização de Euler do pequeno teorema de Fermat
Geometria analítica e batalha naval
Geometria diferencial
Geometria fractal
Geometria plana
Geometria Plana (triângulos, retas, ângulos, circunferências)

Geometrias não-euclidianas
Hexágono inscrito
Hipótese de Goldbach
Hipótese de Riemann
Hotel de Hilbert
Idade de Diofante (resolução do problema)
Idéia central da Teoria da Relatividade Geral de Einstein
Idéia de classes (números de Fibonacci)
idéia de conjunto
Idéia de demonstração
Idéia de limite
idéia de máximos e mínimos, pontos de inflexão
Idéia de série L para equação elíptica
Idéias de curvas elípticas ou equações elípticas
Invariante
Ladrilhos de Penrose
Lei comutativa da adição
Lei da Gravitação Universal
Lei de Benford
Limites
Logaritmos
Logaritmos
Logaritmos (definição e propriedades –logaritmo neperiano)
Lógica
Máquina universal de Turing
Máquinas de Turing
Máquinas imaginárias de Turing
Mecânica quântica
Média aritmética, média geométrica e média harmônica
Medida do tamanho do erro na teoria da probabilidade
Método de exaustão
mmc e mdc
Modelo geocêntrico e heliocêntrico
número de raízes de uma equação algébrica
Número pi e suas casas decimais
Números algébricos e números transcendentes
Números amigos
Números complexos
Números de Bonatchi (seqüência de Fibonacci)
Números de Fibonacci
Números de Lucas-Lehmer
Números imaginários
Números irracionais
Números perfeitos
Números primos
Números primos gêmeos
Números quadrados e números triangulares
Números quadrangulares
Números racionais
Números racionais e números irracionais
Números reais
Números triangulares
O "enigma 14-15"
o axioma de Arquimedes
O Code-o-Grafh
O código navajo
O conceito de fração
O conceito de infinito através da contextualização.
O disco de cifras
O número e
O paradoxo de Creta ou o paradoxo do mentiroso
O postulado das paralelas
O princípio da equivalência
O princípio da incerteza
O problema de Waring
O quadrado de Vigenère
O surgimento do algoritmo e o surgimento do zero
O surgimento dos sinais
O Teorema da Incompletude de Gödel
O Teorema de Pitágoras e uma de suas demonstrações
O Teorema de Tales
O Último Teorema de Fermat
O último teorema de Fermat
o volume da esfera e o volume do cone em relação ao volume do cilindro
Os 5 postulados de Euclides
Os cinco postulados de Euclides
Os sólidos de Platão
Os sólidos platônicos
Os Três Grandes Problemas da Antigüidade (duplicação do cubo, trisseção do ângulo, quadratura do círculo)
Paralelismo
Partições de números
Pequeno teorema de Fermat
Permutação simples
PGP – Pretty Good Privacy (ver p. 341)
Plano cartesiano
Pontes de Königsberg
Postulado de Bertrand
Postulado de Bertrand
Postulado de Wallis
Postulados e axiomas
potência, potência negativa, traço da fração, números negativos
Potenciação
Primos de 1 a N
Primos de Fermat
Primos de Mersenne
Primos irregulares
Princípio da incerteza
Princípio da Indução Finita
Princípio da não-contradição
Princípio do terceiro excluído
Produto de Euler
Progressões harmônicas nas notas musicais
Proporções
Prova de Euclides da infinitude de números primos
Prova de Euclides para a infinitude de números primos
Prova geométrica do Teorema de Pitágoras
Prova por absurdo
Prova por absurdo de que $\sqrt{2}$ é um número irracional
Raiz quadrada
Razão áurea
Razão áurea
Razão extrema e média
Relação de semelhança
Relatividade especial e geral
Reta numérica
Reta orientada e frações
Seções cônicas
Semelhança de triângulos

Seqüência de Fibonacci
Seqüências e séries
Série harmônica
Simetrias (rotacional, reflexiva e translacional)
Sistema decimal posicional
Sistema *tempest*
Sistemas de numeração romano e decimal
Soma de série geométrica infinita
soma dos cubos dos n primeiros números inteiros.
soma dos n primeiros números inteiros.
Soma dos n primeiros termos
Soma dos n primeiros termos de uma PA
soma dos quadrados dos n primeiros números inteiros.
somatória
Substituição homofônica
Telegrama Zimmermann
Teorema da incompletude
Teorema da incompletude de Gödel
Teorema da infinitude de Cantor
Teorema das quatro cores
Teorema de Euclides
Teorema de Pitágoras
Teorema de Pitágoras
teorema fundamental da álgebra
Teorema fundamental da aritmética
Teorema Fundamental da Aritmética
Teoremas de Gödel sobre indecibilidade
Teoria da inflação
Teoria das cordas
Teoria do caos
Teoria do carrinho de mão
Teoria dos grupos
Teoria M
Todo número pode ser escrito como produto de primos (ver nome)
Topologia
Triângulo de Pascal
Trigonometria (lei dos senos e cossenos)
Trios pitagóricos
Triplas pitagóricas
TTPs – terceira parte confiável
Volume da esfera inscrita no cilindro
Zeros da função zeta

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUENO, Wilson da Costa. *O Jornalismo Científico e o Despertar de vocações.* Jornalismo Científico: teoria e prática. Portal do Jornalismo Científico. Disponível em *<http://www.jornalismocientifico.com.br/jornalismocientifico/artigos/jornalismo_cientifico/artigo5.php>* Acesso em 30/03/2008.

Coletânea de artigos públicos. *Ciência e Público – caminhos da divulgação científica no Brasil*. Casa da Ciência/UFRJ, 2002.

CRUZ, Ana Santa. *Jogo do Milhão.* Revista Veja, edição 1652 de 07/06/2000. Disponível em *<http://veja.abril.com.br/070600/p_102.html>* Acesso em 27/07/2008.

DOXIADIS, Apostolos. Tradução de Cristiane Gomes de Riba. *Tio Petros e a Conjectura de Goldbach*. 1 ed. Editora 34, 2001.

DU SAUTOY, Marcus. Tradução de Diego Alfaro. *A música dos números primos: a história de um problema não resolvido na matemática*. Jorge Zahar Editor, 2008.

ENZENSBERGER, Hans Magnus. *O Diabo dos Números*. 1 ed. Companhia das Letras, 1997.

Galeria de escritores. Disponível em http://orbita.starmedia.com/necrose/Sci-Fi/Galeria.htm#calife Acesso em 27/07/2008.

GUEDJ, Denis. *O Teorema do Papagaio*. 1 ed. Companhia das Letras, 1999.

LIVIO, Mario. Tradução de Marco Shinobu Matsumura. *Razão Áurea: A História de Fi, um número surpreendente*. 3 ed. Editora Record, 2008.

Livros Cotovia. Autores. Biobibliografia. Disponível em <http://www.livroscotovia.pt/autores/d_e_f/e_4.htm> Acesso em 27/07/2008.

MACHADO, Nílson José. *Conhecimento e Valor*. Editora Moderna, 2004.

MARTINS, Marci Fileti. *Divulgação Científica e a Heterogeneidade discursiva: análise de "Uma breve história do tempo" de Stephen Hawking*, Revista Linguagem em (Dis)curso, volume 6, número 2, maio/ago. 2006. Disponível em <*http://www3.unisul.br/paginas/ensino/pos/linguagem/0602/04.htm*> Acesso em 30/03/2008.

MLODINOW, Leonard. Tradução de Enézio de Almeida. *A Janela de Euclides*. 2 ed. Geração Editorial, 2004.

Página do conselho britânico. Escritores contemporâneos. Simon Singh. Disponível em http://www.contemporarywriters.com/authors/?p=auth02D2O041012627219 Acesso em 27/07/2008.

SILVA, Silvana. *Estudo Enunciativo da Pessoalização do Discurso de Divulgação Científica Infanto-Juvenil: O Emprego do Pronome Você*. Disponível em <http://www3.unisul.br/paginas/ensino/pos/linguagem/cd/Port/122.pdf > Acesso em 30/03/2008.

SINGH, Simon. Página pessoal de Simon Singh. Disponível em < http://www.simonsingh.net/home.html> Acesso em 27/07/2008.

SINGH, Simon. Tradução de Jorge Calife. *O livro dos códigos.* 7 ed. Record, 2008.

SINGH, Simon. Tradução de Jorge Luiz Calife. *O Último Teorema de Fermat*. 12 ed. Record, 2006.

STRACK, R., LOGUERCIO, R. Q., PINO, J. C. D. XIII Encontro Nacional de Ensino de Química. *A literatura de divulgação científica como recurso didático na compreensão da estrutura da matéria.* Disponível em http://www.iq.ufrgs.br/aeq/producao/delpino/resumos/eneq.pdf> Acesso em 30/03/2008.

VERGARA, Moema de Resende. Ensaio sobre o termo “vulgarização científica” no Brasil do século XIX.