

Amorização da Matemática

com Maple

André Heck

Copyright © 2000, André Heck.

Universidade de Amsterdam
Kruislaan 408
1098 SM Amsterdam
Holanda

e-mail: heck@science.uva.nl

Todos os direitos reservados. A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação do copyright. (Lei 5.988)

Prefácio

Estamos diante de uma Revolução Educacional. Um horizonte desponta. Os softwares e a Internet estão a oferecer uma mudança qualitativa no ensino. A velha forma presencial de giz e quadro-negro deverá ser complementada por um ensino global, baseado em tecnologias.

Essa nova forma global-presencial modifica a Escola. A interação do aluno com a matéria não depende mais unicamente do professor; uma nova liberdade lhe é concedida: auto-interação por software e links na Web.

Portanto, necessitamos de um novo tipo de livro. Algo que reescreva o roteiro de uma determinada matéria com uma didática baseada em software e com comunicação via Internet. O surgimento dessa literatura é essencial para essa revolução acontecer.

Neste mundo globalizado, onde as relações mais profundas são baseadas num Capitalismo do Conhecimento, o Brasil tem que priorizar uma Educação ágil. Facilitar a que as pessoas participem da Era do Conhecimento. Por isto, tornou-se essencial ensinar Matemática dentro de uma modernidade tecnológica.

O livro do Prof. André Heck vem de encontro a esse momento. O seu objetivo está em fazer com que o aluno aprenda Matemática de uma outra maneira. Ao invés de incompreensível, ela pode ser alegremente entendida. Através de comandos, animações e variadas aplicações, cobre os tópicos necessários, servindo de referência para qualquer curso.

É um texto básico. Contém todos os assuntos necessários. Uma oportunidade de um aprendizado lúdico em todos os níveis de Matemática. O livro ensina a trabalhar em diversas áreas da Matemática com as novas características e benefícios do Maple. A sua utilidade serve os mundos acadêmico, indústria e negócios. Atualmente, desde bancos até escolas do 2º grau utilizam as suas aplicações.

“Assim como os carros encurtaram as distâncias geográficas, o software Maple diminui a distância entre uma idéia e o seu respectivo cálculo. Sem querer, Você acaba aprendendo...”

Dois aspectos são fundamentais através deste livro. São a possibilidade de uma nova produtividade no ensino de Matemática e o advento da Matemática Aplicada. Cada vez mais, os alunos desejam aprender com eficiência e serem capacitados a desafiar questões práticas.

A Matemática que aprendemos na Escola está pronta. Assim, aprendê-la não requer punições medievais. Precisamos apenas torná-la leve e acessível. Ensinar é amorizar, tornar o assunto um objeto de desejo igual a uma bola colorida nas mãos de uma criança.

Hummhhh! Talvez esse livro venha a amorizar a Matemática para Você... No final de um cálculo, a vida tem que ser bela!

Sorria, Matemática, porque nós gostamos de você.

R. Doria
Doutor em Física, Oxford University
Petrópolis, abril de 2000

Nota do Autor

O livro tem como base o “best-seller” denominado “Introduction to Maple”. Contudo essa versão em português modifica e adiciona mais de 200 páginas. Além da introdução de um novo material, utilizamos a versão atual do Maple.

Hoje, a rápida evolução da Informática, obriga-nos a continuamente atualizarmos os nossos textos. Através do Maple 6, novas possibilidades aparecem. O Maple tornou-se um software maduro, no sentido de que num mesmo pacote são efetuadas operações algébricas e numéricas. Esta união conduz a uma grande facilidade para se trabalhar com Matemática Aplicada. Além disto, entre outros benefícios, estão a conectividade com o Excel 2000, pacotes numéricos da NAG, criação profissional de gráficos, interatividade virtual etc.

O livro aqui apresentado transcende a uma material de consulta ou até mesmo a um simples compêndio didático; na verdade, abre as portas para uma nova modalidade de ensino de ciências básicas, como diferentes ramos da Matemática, Física, Química, Biologia, Estatística, Engenharia, Economia.

O estilo é rápido e objetivo; as ilustrações são concretizadas com exemplos extremamente bem-direcionados e de caráter prático, colocando em evidência a necessidade da programação algébrica em problemas acadêmicos e na pesquisa.

O livro é fruto de árduo trabalho em pesquisa e cursos, e todo o “feedback” desta experiência está implícito no material aqui tratado, o que faz do mesmo uma eficiente fonte para o aprendizado da programação em Maple.

Evidentemente, as dificuldades para se escrever um livro em português são muitas para alguém que não conhece a língua. Foi um desafio enorme. Sem dúvida, nada teria acontecido se não houvesse o apoio constante dos colegas José Helayël-Neto e Renato Doria. Agradeço também, a Carlos Carneiro e Renato Portugal por suas sugestões e ao Prof. Geraldo Werneck pelas inúmeras correções do texto. Muitas outras pessoas contribuíram a esse livro. Entre outras, as minhas meninas: Berlinda, Gabriela e Vanessa por digitarem parte deste manuscrito.

Finalmente, gostaria de agradecer ao Prof. Marco Raupp por oferecer as facilidades do LNCC (Laboratório Nacional de Computação Científica) para que esse livro fosse concluído.

Nós, holandeses, gostamos do Brasil. Desde o Príncipe Maurício de Nassau, estamos em contato com esse belo país. Atualmente, uma nau é um livro !

Espero que gostem. Até mais,

André Heck.
Universidade de Amsterdam
Petrópolis, março de 2000

Conteúdo

Prefácio	i
Nota do Autor	iii
Lista das Tabelas	xi
1 Introdução à Computação Algébrica	1
1.1 O que é a Computação Algébrica?	1
1.2 Sistemas de Computação Algébrica	2
1.3 Características de Sistemas de Computação Algébrica	5
1.4 Vantagens da Computação Algébrica	11
1.5 Limitações da Computação Algébrica	24
1.6 A Arquitetura do Maple	30
2 Os Primeiros Passos: Cálculos com Números	37
2.1 Iniciando	37
2.2 Utilizando o Sistema de Ajuda	40
2.3 Números Inteiros e Racionais	46
2.4 Números Irracionais e Números Decimais	50
2.5 Números Algébricos	57
2.6 Números Complexos	62
2.7 Exercícios	67
3 Variáveis e Nomes	69
3.1 Atribuição e Retirando a Atribuição	69

3.2	Avaliação	77
3.3	Nomes de Variáveis	81
3.4	Tipos de Dados Básicos	87
3.5	Atributos	93
3.6	Propriedades	94
3.7	Exercícios	98
4	Se Acostumando com o Maple	101
4.1	Entrada e Saída no Maple	101
4.2	A Biblioteca do Maple	107
4.3	Lendo e Gravando em Arquivos	111
4.4	Importando e Exportando Dados Numéricos	117
4.5	E/S de Baixo Nível	120
4.6	Gerando Código	132
4.7	Modificando o Maple a Seu Gosto	139
4.8	Exercícios	144
5	Funções Polinomiais e Racionais	147
5.1	Polinômios Univariáveis	147
5.2	Polinômios Multivariáveis	152
5.3	Funções Racionais	154
5.4	Conversões	156
5.5	Exercícios	159
6	Representação Interna de Dados e Substituição	161
6.1	Representação Interna de Polinômios	161
6.2	Expressões Racionais Generalizadas	167
6.3	Substituição	170
6.4	Exercícios	183
7	Manipulação com Polinômios e Expressões Racionais	185
7.1	Expansão	185
7.2	Fatoração	188
7.3	Forma Canônica e Forma Normal	191
7.4	Normalização	193
7.5	Agrupamento	196
7.6	Ordenamento	198
7.7	Exercícios	198
8	Funções	201
8.1	Funções Matemáticas	201
8.2	Operadores-Seta	205
8.3	Funções Definidas por Partes	208
8.4	Procedimentos do Maple	214
8.5	Definição Recursiva de um Procedimento	217

8.6	unapply	222
8.7	Operações em Funções	223
8.8	Funções Anônimas	224
8.9	Exercícios	225
9	Diferenciação	227
9.1	Diferenciação Simbólica	227
9.2	Diferenciação Automática	235
9.3	Exercícios	239
10	Integração e Somatório	241
10.1	Integração Indefinida	241
10.2	Integração Definida	251
10.3	Integração Numérica	256
10.4	Transformadas Integrais	257
10.5	Ajudando o Maple em Casos Especiais de Integração	268
10.6	Somatórios	272
10.7	Exercícios	277
11	Séries, Aproximações e Limites	283
11.1	Séries Truncadas	283
11.2	Aproximações de Funções	294
11.3	Séries de Potências	302
11.4	Limites	304
11.5	Exercícios	307
12	Estruturas de Dados Compostas	309
12.1	Seqüência	309
12.2	Conjunto	312
12.3	Lista	314
12.4	Array	320
12.5	Tabela	327
12.6	Avaliação até o Último Nome	331
12.7	Chamada de Função	334
12.8	Conversão entre Estruturas de Dados Compostas	336
12.9	Exercícios	339
13	O Procedimento assume	341
13.1	A Necessidade do assume	341
13.2	O Básico do Procedimento assume	345
13.3	Uma Álgebra de Propriedades	349
13.4	A Implementação do assume	351
13.5	Exercícios	356
13.6	As Hierarquias das Propriedades	357

14	Simplificação	361
14.1	Simplificação Automática	362
14.2	expand	364
14.3	combine	372
14.4	simplify	378
14.5	convert	384
14.6	Simplificação Trigonométrica	388
14.7	Simplificação com respeito a Vínculos	391
14.8	Controle sobre a Simplificação	395
14.9	Definindo suas Próprias Rotinas de Simplificação	400
14.10	Exercícios	404
14.11	Tabela de Simplificação	407
15	Gráficos	409
15.1	Gráficos Bidimensionais Básicos	411
15.2	Opções do plot	416
15.3	A Estrutura dos Gráficos Bidimensionais	429
15.4	O Pacote plottools	434
15.5	Gráficos Bidimensionais Especiais	438
15.6	Geometria Bidimensional	452
15.7	Problemas com Número Insuficiente de Pontos de Amostragem	455
15.8	Um Erro Comum	456
15.9	Alguns Gráficos Tridimensionais Básicos	458
15.10	Opções do plot3d	459
15.11	A Estrutura dos Gráficos Tridimensionais	467
15.12	Gráficos Tridimensionais Especiais	472
15.13	Gráficos de Dados	480
15.14	Animação	490
15.15	A Lista das Opções Gráficas	492
15.16	Exercícios	498
16	Resolvendo Equações	503
16.1	Equações em uma Incógnita	503
16.2	Abreviações no solve	504
16.3	Algumas Dificuldades	505
16.4	Sistemas de Equações	512
16.5	O Método da Base de Gröbner	523
16.6	Desigualdades	530
16.7	Resolvendo Numericamente	532
16.8	Outros Métodos para Resolver Equações	534
16.9	Exercícios	541
17	Equações Diferenciais	545
17.1	Primeira Olhada em EDOs	546
17.2	Soluções Analíticas	547

17.3	Simetrias de Lie Puntuais para EDOs	563
17.4	Método da Série de Taylor	586
17.5	Método da Série de Potências	587
17.6	Soluções Numéricas	590
17.7	Métodos Gráficos	604
17.8	Transformação de Coordenadas	610
17.9	Métodos de Perturbação	615
17.10	Equações Diferenciais Parciais	627
17.11	Simetrias de Lie Puntuais das EDPs	639
17.12	Exercícios	642
18	Álgebra Linear: O Pacote linalg	645
18.1	Carregando o Pacote linalg	645
18.2	Criando Novos Vetores e Matrizes	647
18.3	Aritmética Vetorial e Matricial	650
18.4	Funções Matriciais Básicas	655
18.5	Operações Estruturais	659
18.6	Operações Vetoriais	662
18.7	Formas Básicas de Matrizes	663
18.8	Exercícios	668
19	Álgebra Linear: Aplicações	671
19.1	Cinemática do Manipulador Stanford	671
19.2	Um Modelo com 3 Compartimentos para Transferência de Cádmio	676
19.3	Teoria do Orbital Molecular de Hückel	688
19.4	Análise Vetorial	694
19.5	A inversa de Moore-Penrose	702
19.6	Exercícios	703
	Bibliografia	707
	Índice	719

Lista das Tabelas

1.1	Componentes do Maple.	33
2.1	O sistema de ajuda do Maple.	45
2.2	Constantes matemáticas no Maple.	52
2.3	Funções matemáticas geralmente usadas.	54
2.4	Selecionadores em RootOf	62
3.1	Funções auxiliares para uso de nomes.	73
3.2	Avaliação para atribuição e retirada da atribuição.	76
3.3	Palavras reservadas no Maple.	82
3.4	Apóstrofos, aspas e símbolos de porcentagem.	87
3.5	Tipos de dados superficiais mais usados.	89
3.6	Testando o tipo.	91
3.7	Combinação de ponto, ponto e vírgula e sinal de igualdade.	91
4.1	A ferramenta userinfo	105
4.2	Subpacotes do pacote stats	109
4.3	Lendo e gravando em arquivos no Maple.	117
4.4	Streams no Maple: abrindo e fechando.	121
4.5	E/S procedimentos formatados de baixo nível.	124
4.6	Rótulos no procedimento printf	125
4.7	Códigos de conversão no procedimento printf	125
4.8	Códigos de caracteres de saída.	126
4.9	Códigos de conversões no procedimento sscanf	128

4.10 Opções do procedimento **fortran**. 136

4.11 Opções do procedimento **C**. 137

4.12 Valores de **errorbreak**. 143

10.1 Algumas integrais elípticas no Maple. 255

10.2 Transformadas integrais no Maple. 258

12.1 Seleção em seqüência, conjunto, ou lista. 320

12.2 Formato da chamada de uma função de indexação. 324

12.3 Principais conversões de tipos de dados compostos de S para T . 339

13.1 Procedimentos para fazer suposições. 345

15.1 Funções no pacote **plottools** para alterar objetos gráficos. . 436

15.2 Procedimentos para fazer gráficos de listas. 480

15.3 Consumo de bebidas na Holanda por habitante. 481

15.4 Comandos gráficos estatísticos no subpacote **statplots**. . . . 487

16.1 Opções de **fsolve**. 532

17.1 Algumas EDOs solúveis de primeira ordem. 557

17.2 Algumas EDOs solúveis de segunda ordem. 558

17.3 Opções de **dsolve(EDO, type=exact)**. 563

17.4 A classificação de Lie das EDOs de segunda ordem que admitem uma álgebra de simetria bidimensional. 584

17.5 Principais comandos no pacote **DEtools** para o método da simetria de Lie. 585

17.6 Métodos numéricos fornecidos por **dsolve**. 601

17.7 Simetrias de Lie pontuais da equação de Korteweg-de Vries. . 642

18.1 Procedimentos relacionados a vetores e matrizes especiais. . . 648

18.2 Procedimentos básicos no pacote **linalg**. 659

18.3 Operadores matriciais. 660

18.4 Funções de verificação de propriedades de matrizes 660

18.5 Operadores vetoriais. 663

18.6 Funções para transformações de matrizes em formas básicas. . 664

19.1 Coordenadas curvilíneas ortogonais em 2 dimensões. 695

19.2 Coordenadas curvilíneas ortogonais em 3 dimensões. 696