

Estudo do Método de Keller II: Um Modelo Dinâmico Probabilístico para o Método de Keller

P. C. BEZERRA

Departamento de Física, Universidade de Brasília, Brasília DF

L. C. GOMES

*Departamento de Informática e Rio Datacenro,
Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro GB*

J. MENDES FILHO

Instituto de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza CE

Recebi em 6 de Fevereiro de 1974

A simple Markovian model is made and used to analyse the freshmen classes evolution in time conducted by the Keller plan in the Institute of Exact Sciences of the University of Brasília. Regularities in the behavior of the students is discussed and a possible interference with a parallel course in Biology is pointed out. The influence of the selection by the entrance examination on the performance of the classes is briefly discussed.

Um modelo Markoviano simples e apresentado e usado para analisar a evolução temporal das classes de primeiro ano conduzidas pelo Método de Keller no Instituto de Ciências Exatas da Universidade de Brasília. E discutida a regularidade de comportamento dos alunos e uma possível interferência do curso em paralelo de Biologia, bem como a influência da seleção do vestibular nos desempenhos das classes.

1. Introdução

Em trabalho anterior¹ descrevemos a aplicação do Método de Keller² para diversas classes de uma mesma disciplina, na Universidade de Brasília e estudamos alguns resultados estatísticos do comportamento dessas classes. Não obstante a influencia dos instrutores sobre as classes, verificamos que a variação das taxas de testes aprovados nas classes de uma mesma disciplina, expressa pelo desvio padrão, foi inferior a 6%. Essa variação é suficientemente pequena para que possamos agregar todas as classes de uma disciplina em uma única massa de alunos e estudar a evolução temporal do agregado. Nosso objetivo neste trabalho é o de apresentar um modelo teórico de comportamento probabilístico que, quando comparado aos dados obtidos, nos permita ter uma melhor visão do que ocorre num curso ministrado pelo método de Keller.

Essa idéia de se introduzir modelos probabilísticos para o tratamento teórico da aprendizagem já é bastante conhecida em psicologia matemática. Um dos primeiros tratamentos sistemáticos desses modelos foi dado por Bush e Mosteller³ e uma revisão da matéria é dada por Norman⁴. Parece-nos, entretanto, uma novidade o tratamento da aprendizagem de nível universitário por modelos estocásticos. A razão é simples: até então não houve dados significativos que permitissem uma verificação experimental de tais modelos. É um dos méritos do método de Keller que dados possam ser facilmente obtidos de disciplinas ministradas por esse método, que se adaptou a uma descrição por processo estocástico.

Tal como no trabalho anterior', restringiremos nossas análises às disciplinas de Cálculo I e Introdução a Física, do primeiro semestre de 1971, dos Departamentos de Física e Matemática da Universidade de Brasília. Restringir-nos-emos também aos alunos que ingressaram nesse semestre na UnB e que não cancelaram ou trancaram suas matrículas nas referidas disciplinas.

2. Os Dados Estatísticos

Registramos todas as correções de testes nas disciplinas em consideração anotando, em particular, a seção em que o teste era corrigido, o resultado da correção e a que unidade pertencia. Por meio desses registros pudemos determinar a distribuição de alunos por unidade ao término de cada seção. Na realidade, nossos registros de dados forneceram-nos a distribuição de frequências

$$g_1(c, m, s, t, u)$$

que é o número de alunos aprovados na classe c , pelo monitor m , na seção s , no teste t da unidade u .

O agregado

$$f(u, s) = \sum_c \sum_m \sum_t g_1(c, m, s, t, u) \quad (2.1)$$

representa o número de alunos aprovado; na unidade u , durante a realização da seção s (nota 5). A distribuição de frequências $F(u, s)$ de alunos por unidades na seção s , fica dada por

$$F(u, s) = F(u, s - 1) + f(u, s) \quad (2.2)$$

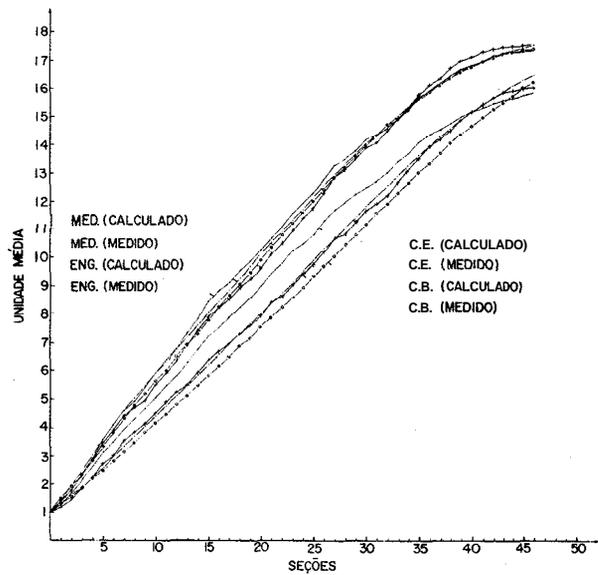


Fig. 4.1 - A unidade média $\bar{u}(s)$, dada pela Eq. (4.1) para as diferentes opções como indicada na figura, tanto para os valores calculados teoricamente como para os observados (medidos), para o curso de Cálculo.

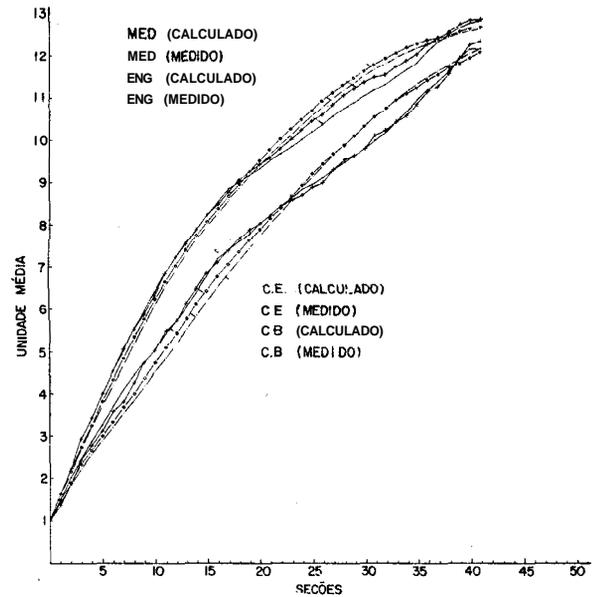


Fig. 4.2 - O mesmo que na fig. (4.1) porém para o curso de Física.

Dessa expressão, pode-se calcular as distri-buições de alunos após cada seção, desde que a distribuição inicial $F(u, 0)$ seja dada. Como todos nossos alunos iniciaram o curso na unidade zero, isto é, logrando passar no teste da unidade 1, devemos escrever

$$\begin{aligned} F(0, 0) &= N \\ F(u, 0) &= 0, \quad u > 0, \end{aligned} \tag{2.3}$$

onde N é o número de alunos de nossa amostra.

3. O Modelo

Duas hipóteses fundamentais faremos para a elaboração de nosso modelo. Primeiramente, admitiremos que cada aluno aja individualmente, independentemente de seus colegas, no que toca à sua decisão de estudar a unidade e solicitar testes. Em segundo lugar, admitiremos que a probabilidade do aluno lograr aprovação na seção s , na unidade u não depende de s , isto é, essa probabilidade p_u é constante durante todo o semestre. Que esta probabilidade depende de u é de se esperar pois ela, em particular, depende da programação feita para a unidade e dos testes elaborados, que são prerrogativas do professor. Como durante a execução do curso, o professor não modifica a programação nem os testes elaborados, qual-

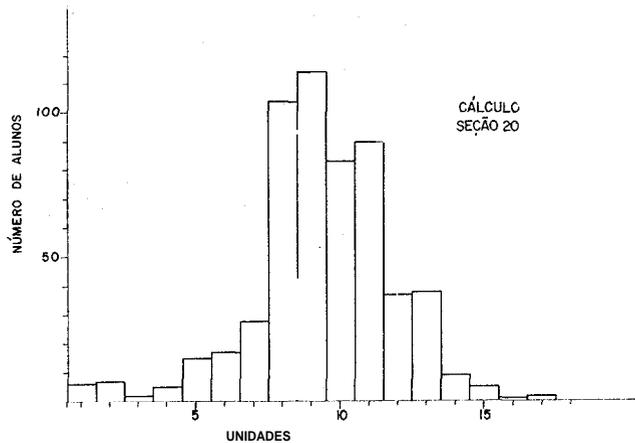


Fig. 4.3 - Distribuição dos alunos nas dezessete unidades de Calculo da vigésima seção do curso

quer variação temporal de p , reflete o comportamento do aluno no curso, diferente daquele que queremos descrever. Podemos, talvez, afirmar que a constância de p , em todas as seções reflete a peculiaridade do modelo que admite a existencia de um reforço constante agindo sobre o aluno em todas as seções do semestre. Como é de se esperar, os dados de nossas classes virão mostrar desvios significativos desse modelo simples. Isso não invalida a utilidade do modelo pois, como mostraremos, ele serve de termo de comparação para diversos comportamentos típicos.

Das hipótese apresentadas podemos de imediato estabelecer a equação para a distribuição de alunos por unidade por seção s:

$$F(u, s) = (1 - p_s) F(u, s - 1) + p_{u-1} F(u - 1, s - 1). \quad (3.1)$$

Admitindo a mesma condição inicial dada pela Eq. (2.3), podemos, a partir da Eq. (3.1), calcular a distribuição para qualquer futura seção, se conhecermos os p_u .

A semelhança do modelo com a descrição do movimento browniano a uma dimensão é flagrante e talvez seja conveniente compararmos melhor essas duas descrições. No movimento browniano, que descreve o movimento de partículas sujeitas a impactos aleatórios, a equação da distribuição de partículas é a seguinte:

$$\psi(x, \tau + 1) = p_{x+1} \psi(x + 1, \tau) + q_{x-1} \psi(x - 1, \tau). \quad (3.2)$$

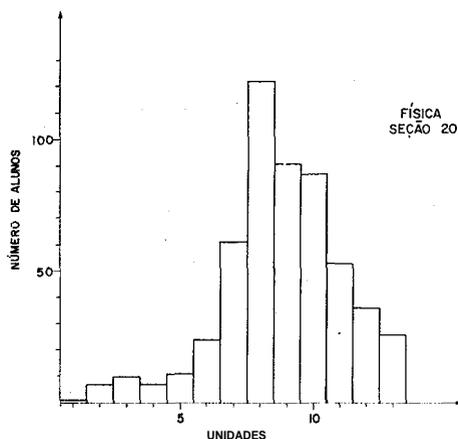


Fig. 4.4 - Distribuição dos alunos nas doze unidades de Física na vigésima seção do curso.

onde p_{x+1} é a probabilidade da partícula que se encontra na posição $s + 1$, deslocar-se para trás (\mathbf{x}), no próximo intervalo de tempo. q_{x+1} idem, para frente e $\psi(x, \tau)$ é a probabilidade da partícula se encontrar na posição x , no instante τ .

No nosso modelo não existe a probabilidade do aluno andar para trás (para a unidade anterior), somente pode o aluno mover-se para frente (para a unidade seguinte) ou permanecer parado, na mesma unidade.

Observamos que a equação do movimento browniano é de segunda ordem na coordenada espacial e, quando passada ao limite de intervalos de tempos e de espaços infinitesimais leva à bem conhecida equação de difusão

$$\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} = -2c \frac{\partial f(x,t)}{\partial x} + D \frac{\partial^2 f(x,t)}{\partial x^2}, \quad (3.3)$$

onde c é a velocidade de arrastamento e D o coeficiente de difusão⁶.

Por outro lado, a equação do "movimento" do aluno no curso, como descrita pela Eq. (3.1), é de primeira ordem na "coordenada" unidade e seu limite para etapas infinitesimais toma a forma

$$\frac{\partial F(u,s)}{\partial s} = v(u,s) \frac{\partial F(u,s)}{\partial u}, \quad (3.4)$$

onde $v(u,s)$ é uma velocidade característica do movimento do aluno.

A presença da derivada de segunda ordem na equação (3.3) é responsável pelo processo de difusão. A ausência desse termo na Eq. (3.4) significa que, no limite de unidades pequenas (instrução programada, propriamente dita) devemos esperar que a velocidade de qualquer aluno seja a mesma para cada unidade. Isso mostra que, pelo nosso modelo teórico, é o fato das unidades, no método de Keller, serem etapas suficientemente grandes que provoca o alargamento da distribuição de alunos no decorrer do semestre, ou seja, que permite a maior expressividade da personalidade do aluno no andamento da classe.

Para comparar nosso modelo com os dados obtidos das disciplinas, precisaremos determinar p .

O fluxo médio ϕ_u de alunos aprovados na unidade u é dado por

$$\phi_u = \frac{1}{s_0} \sum_{s=1}^{s_0} f(u,s), \quad (3.5)$$

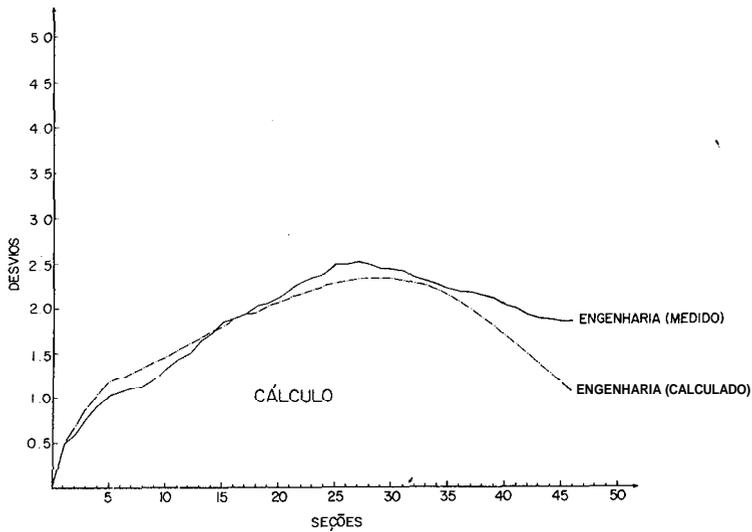


Fig. 4.5 - Desvios padrões calculados e observados do curso de Cálculo para a opção de Engenharia.

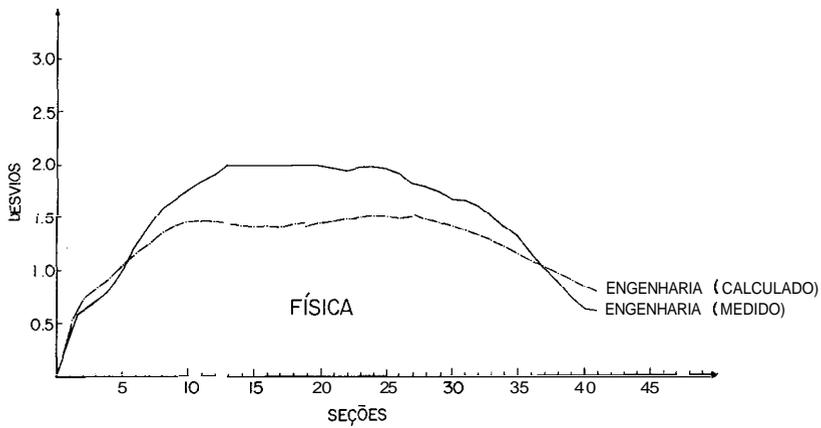


Fig. 4.6 - Desvios padrões calculados e observados do curso de Física para a opção de Engenharia.

enquanto que o número médio σ_u , de alunos que se encontram na unidade u , pode ser escrito como

$$\sigma_u = \frac{1}{s_0} \sum_{s=0}^{s_0-1} F(u, s), \quad (3.6)$$

onde s , é o número de seções realizada; no curso. Tomamos para p_u o valor

$$p_u = \frac{\phi_u}{\sigma_u}, \quad (3.7)$$

que representa o valor médio esperado de p . Para a última unidade U_0 , devemos ter necessariamente $p_{u_0} = 0$.

4. Resultados

Para compararmos os resultados previstos com os resultados observados nas disciplinas de Calculo I e Introdução à Física, comparamos os valores das unidades médias $\bar{u}(s)$ e do desvio padriio $D(s)$ de u , em função da seção, definidos por

$$\bar{u}(s) = \sum_{u=0}^{u_0} u F(u, s)/N, \quad (4.1)$$

$$D(s) = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{u=0}^{u_0} (u - \bar{u}(s))^2 \cdot F(u, s) \right]^{1/2}, \quad (4.2)$$

onde u_0 é o número de unidades da disciplina.

A fim de tornarmos nossa análise mais interessante, separamos os alunos em quatro grupos de opções feitas no vestibular: Engenharia, Medicina, Ciências Exatas e Biologia⁷ e as Figs. (4.1) e (4.2) mostram os resultados das unidades médias calculadas e observadas.

Como se observa, a comparação é razoável para várias opções. Isso não nos deve surpreender, uma vez que os valores tomados para p_u são aqueles que dão um bom ajuste à unidade média da classe⁸.

É interessante observarmos também que a velocidade média da classe é razoavelmente constante, só diminuindo no fim do semestre, diminuição essa resultante do fato dos alunos que concluem o curso pararem necessariamente de progredir. Poderíamos então, perguntar porque,

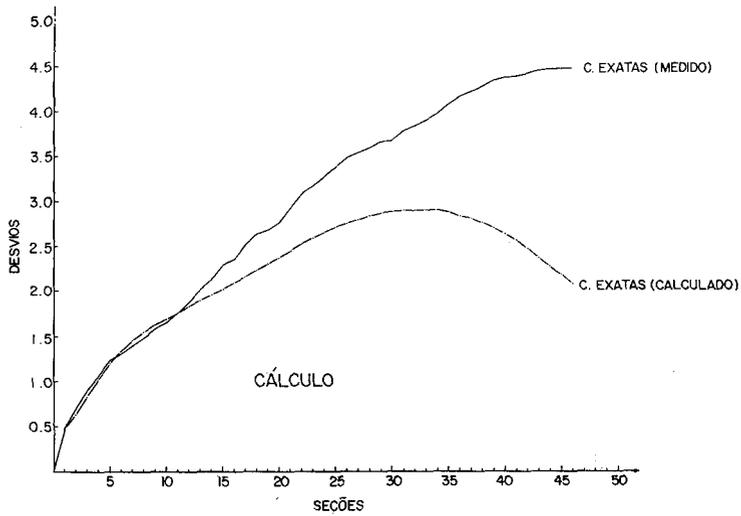


Fig. 4.7 - Desvios padrões calculados e observados para o curso de Cálculo para a opção de Ciências Exatas.

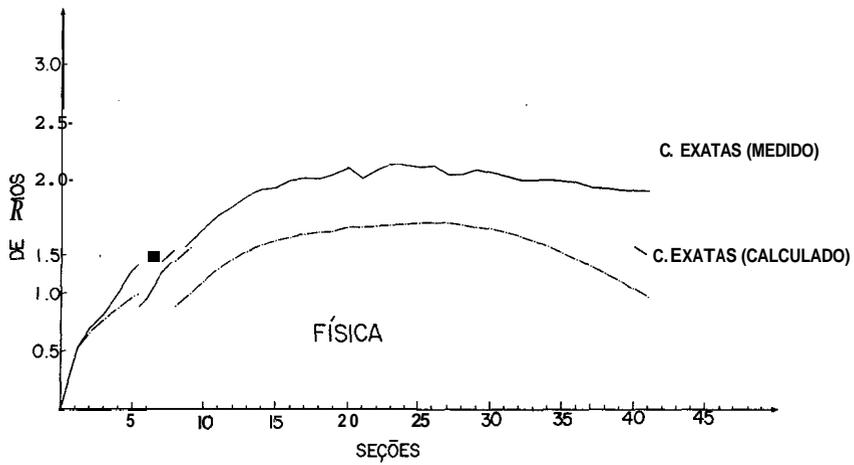


Fig. 4.8 - Desvios padrões calculados e observados para o curso de Física para a opção de Ciências Exatas.

sendo a velocidade constante, não poderíamos conduzir o curso a um ritmo constante, tal como se pressupõe no ensino tradicional? As figuras (4.3) e (4.4) nos dão as distribuições dos alunos no meio do semestre (seção 20). Vemos assim que o uso pelo método tradicional do conceito de aluno médio e desprovido de objetividade no sentido de que os alunos se encontram distribuídos por todas as unidades do curso. O aluno médio, ao qual o professor se dirige no método tradicional é, na melhor das hipóteses, somente uma pequena porção da classe.

Nas figuras (4.5) a (4.12) temos os resultados dos desvios padrões para as mesmas opções, referentes a Cálculo e Física. Como podemos observar aqui, a concordância nem sempre é boa, o que mostra que o alargamento da distribuição de alunos é bastante sensível às hipóteses do modelo.

Observamos primeiramente que os alunos optantes de Engenharia, em Cálculo, comportam-se semelhantemente ao previsto pelo modelo como mostra a Fig. (4.5). Em Física, por outro lado, esses mesmos alunos apresentam em meados do semestre um aumento acentuado da largura da distribuição, quando comparados com os resultados esperados do modelo como podemos observar na Fig. (4.6). Uma das hipóteses do modelo é a de que a motivação do aluno permaneça constante durante todo o semestre. Entretanto, se admitirmos que, sendo o curso "fácil", o aluno tenha a alternativa de relaxar seu progresso em meados do semestre, a presença dessa alternativa acarreta necessariamente um alargamento da distribuição, como observado para os optantes de Engenharia, no curso de Física. A proximidade do final do semestre, faz com que esses alunos recuperem, devido à "facilidade" do curso, o tempo perdido, daí porque as curvas dos desvios voltam a se encontrar no fim do semestre. Esse comportamento não deve ser observado por esses alunos em Cálculo por ser um curso mais "exigente".

O caso da opção de ciências exatas é de fácil interpretação. Nem todos os alunos seguem trabalhando regularmente no curso e alguns desistem de progredir a partir da segunda metade do semestre! Nas figuras (4.13) e (4.14) mostramos a distribuição final dos alunos da opção de ciências exatas em Cálculo e Física, comprovando nossas expectativas. Claro é que, sendo o curso de Física mais "fácil" que o de Cálculo, a discrepância entre o calculado e o observado é muito mais pronunciada nesta última, como se observa pelas figuras (4.7) e (4.8) assim como a frequência de desistência é menor em Física do que em Cálculo.

Os optantes de Medicina mostram um efeito surpreendente pois, o desvio observado em Cálculo é sistematicamente menor que o previsto. A sur-

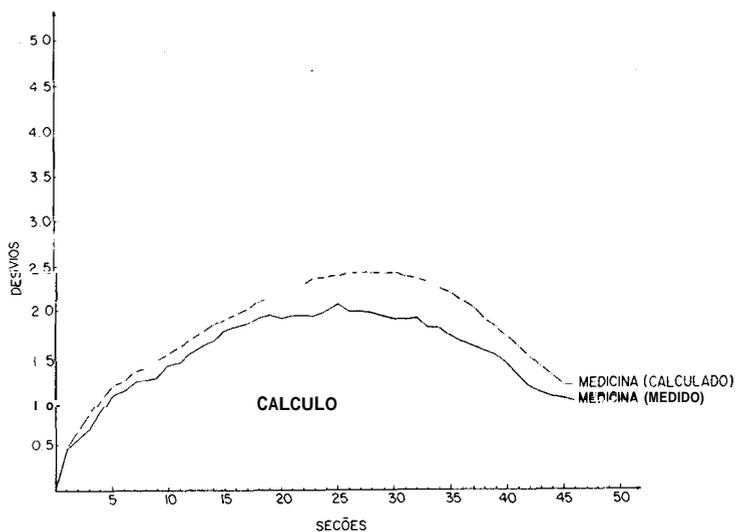


Fig. 4.9 - Desvios padrões calculados e observados para o curso de Cálculo para a opção de Medicina.

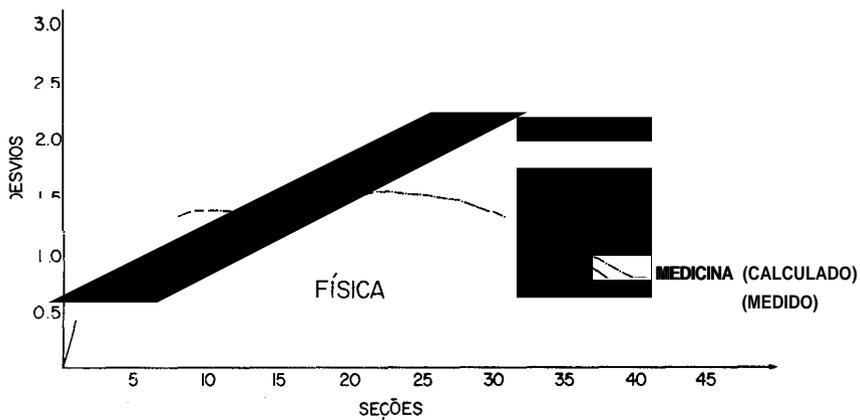


Fig. 4.10 - Idem para o curso de Física opção de Medicina

presa desse resultado se prende ao fato que, na hipótese do aluno ter outras alternativas de decisões. a presença dessas outras alternativas só pode aumentar o desvio e não, diminui-lo como observado. Entretanto, se esse grupo de alunos, por alguma razão, tem um comportamento coletivo com respeito às suas decisões de solicitar testes, podemos esperar uma diminuição do desvio. É interessante observar que a opção de ciências biológicas tem comportamento semelhante ao dos optantes de Medicina, excetuando-se no final do semestre, onde o efeito de desistência de progresso mascara o efeito observado nos alunos de Medicina em Cálculo. Essa coincidência de comportamento na área biológica nos sugere uma hipótese plausível para o efeito coletivo.

O ciclo geral da área de ciências consta de quatro disciplinas obrigatórias: Biologia, Química e as disciplinas que estamos analisando, Física e Cálculo. Química foi conduzida de forma tradicional, com aulas expositivas e provas mensais; Biologia porém, foi programada em unidades semanais sendo os alunos obrigados a se submeterem a um teste semanalmente (aos sábados). Isto é, Biologia teve a característica de um curso programado em ritmo constante. Sendo o curso de Biologia pré-requisito para os cursos futuros dos alunos optantes de Medicina e ciências biológicas, a maioria dos alunos dessas opções o cursaram no semestre em consideração e esse efeito ritmado do curso de Biologia induz um comportamento coletivo nas disciplinas programadas pelo método de Keller. Acreditamos ser esse o comportamento coletivo imposto por fatores externos (o curso de Biologia) que contribui ao comportamento surpreendente dos optantes da área biológica. Em outras palavras, esse é o fenômeno de interferência do curso de Biologia sobre o curso programado de Cálculo. Não sendo o curso de Biologia pré-requisito para os alunos optantes de Engenharia e Ciências Exatas, o número de alunos dessas opções que cursaram, no primeiro semestre de 1971, com sucesso, a disciplina de Biologia foi pequeno não sendo possível assim observar esse efeito coletivo. Na disciplina de Física, o efeito constatado na opção de Engenharia, isto é o alargamento da distribuição, mascara essa interferência da disciplina de Biologia, não sendo assim possível observar o comportamento coletivo da opção de Medicina, na disciplina de Física, como mostram os dados das Figs. (4.10) e (4.12).

As figuras (4.15) e (4.16) mostram a dependência de p_u na unidade, respectivamente para Cálculo e Física, para as diversas opções consideradas. Observamos que tanto em Física como em Cálculo os valores de p_u oscilam rapidamente de uma unidade para a seguinte. Isso é devido à programação do curso pelo professor e não se refere ao comportamento dos alunos,

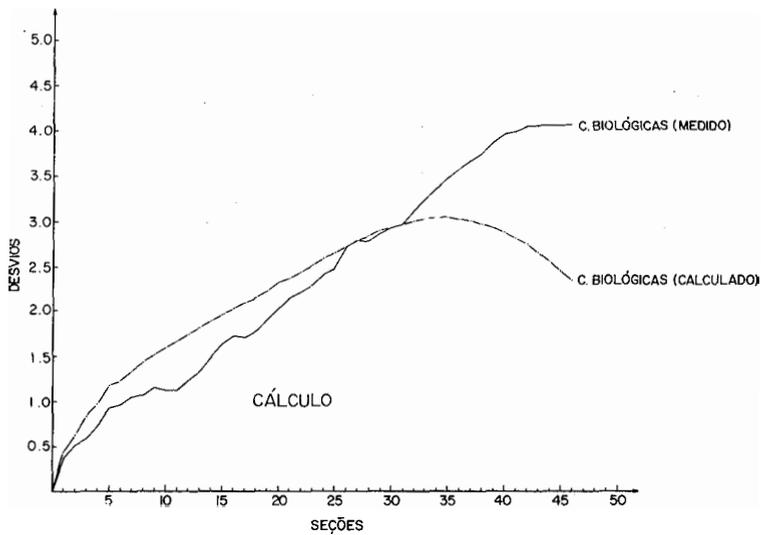


Fig. 4.11 - Idem para o curso de Cálculo opção de Ciências Biológicas.

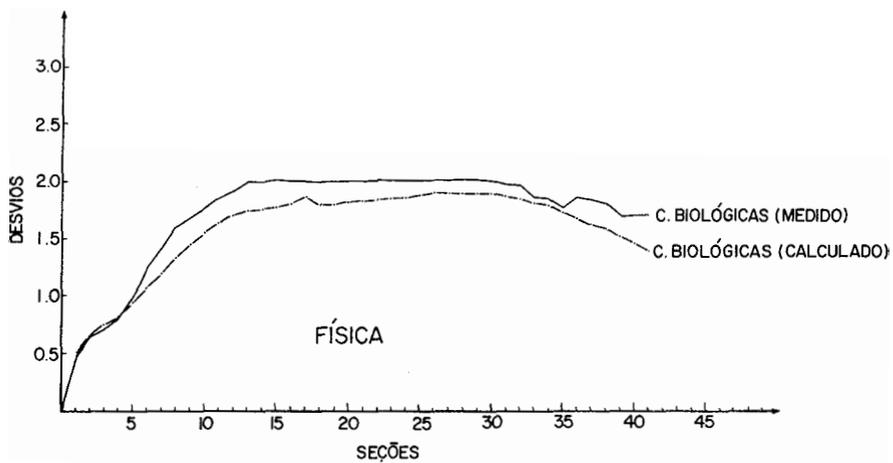


Fig. 4.12 - Idem para o curso de Física opção de Ciências Biológicas.

uma vez que essas variações são acompanhadas por todas as opções. O aspecto dessas probabilidades que reflete o comportamento do aluno no curso é o fato de inicialmente, os optantes para ciências exatas e biológicas se agregarem de um lado, com valores mais baixos das probabilidades de aprovação e os optantes de Engenharia e Medicina se agregarem em valores mais altos dessas probabilidades nas primeiras unidades, que são estudadas no início do semestre. Isso claramente é o efeito da seleção do vestibular, já que os alunos de Medicina e Engenharia por concorrerem a um número de vagas relativamente inferior, são "melhor" selecionados. O que talvez pareça surpreendente é o fato desse efeito desaparecer com o correr do semestre, como mostraram as figuras (4.15) e (4.16) pois, nas últimas unidades quase não existe diferença entre as opções, das probabilidades de aprovação. Podemos entender esse efeito como sendo, de um lado, a "filtração" natural que a programação do curso exerce sobre os alunos, pois como mostramos para os optantes de ciências exatas e biológicas, existe uma percentagem significativa de alunos que não alcançam as últimas unidades e que devem ser responsáveis pelo abaixamento da probabilidade média nas primeiras unidades dessas opções. Por outro lado, devido ao encasamento lógico das unidades, as vantagens trazidas pelo melhor treino preparatório para o vestibular dos optantes de Engenharia e Medicina, deixa progressivamente de se fazer sentir nas unidades subsequentes, enquanto que os alunos com deficiência de preparação, das áreas de ciências exatas e biológicas, devido ao critério de 100% de acerto nos testes, se recuperam de suas deficiências nas primeiras unidades das disciplinas, resultando daí a homogeneização dos alunos que concluem todas as unidades durante o semestre.

5. Conclusões

Mostramos que um modelo dinâmico probabilístico simples explica uma boa parte do comportamento observado dos alunos nas disciplinas de Cálculo e Física, programada pelo Método de Keller. Mais importante ainda, é o fato do modelo servir de termo de comparação, permitindo uma análise mais profunda do comportamento das classes. Podemos assim caracterizar um curso "fácil" (Física, para os optantes de Medicina e Engenharia), "difícil" (Cálculo, para os optantes de Ciências Exatas e Biológicas) e aparentemente, uma possível interferência do curso de Biologia, programado em ritmo constante, sobre o andamento da classe de Cálculo.

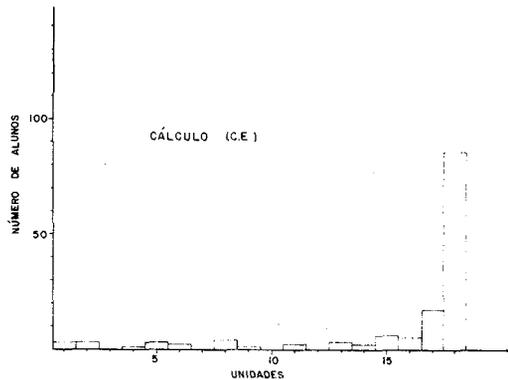


Fig. 4.13 - Distribuição dos alunos na última seção do curso de Física para a opção de Ciências Exatas, excluindo aqueles que terminaram todas as unidades.

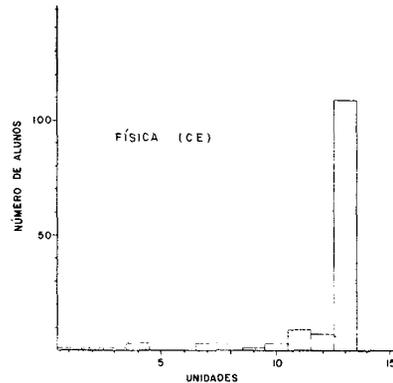


Fig. 4.14 - Idem para o curso de Cálculo

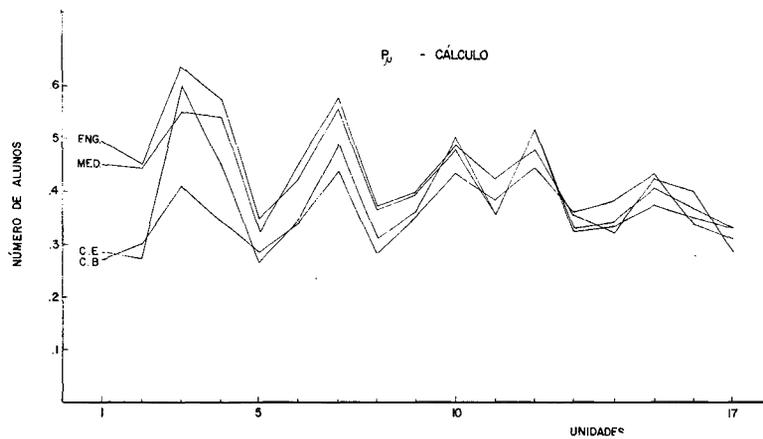


Fig. 4.15 - Gráfico de p_u em função da unidade para as quatro opções, conforme indicado para o curso de Cálculo.

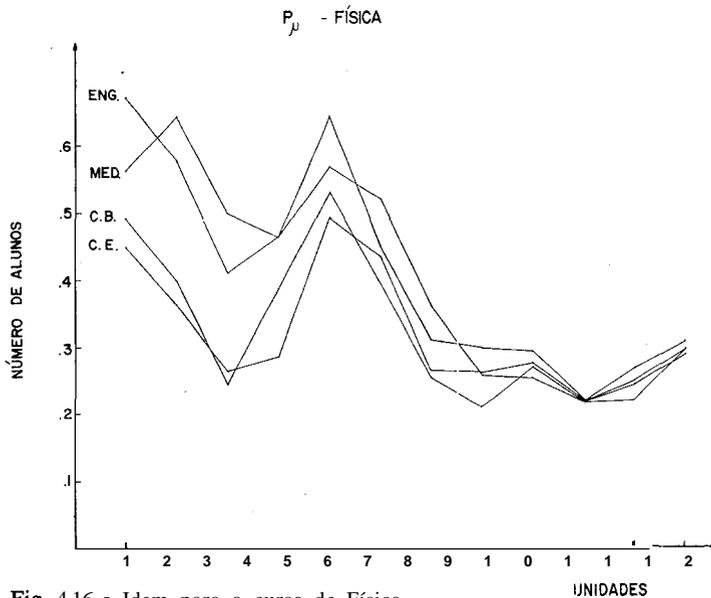


Fig. 4.16 - Idem para o curso de Física.

Esses resultados nos parecem animadores e acreditamos que modelos mais elaborados, levando em consideração outros estados possíveis dos alunos durante o curso, devam ser considerados.

Desejamos agradecer aos Departamentos de Matemática e Física da Universidade de Brasília, pela colaboração prestada. Um de nós (L. C. Gomes) deseja agradecer ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo, pela licença concedida para experimentar na Universidade de Brasília, o Método de Keller para classes de Física.

Referências e Notas

1. P. C. Bezerra e L. C. Gomes, Rev. Brasil. Fis. 3, L39 (1973).
2. F. S. Keller, J. A. B. A., 1 79 (1968).
3. R. R. Bush e F. Mosteller — *Stochastic Models for Learning*, John Wiley (1955).
4. M. F. Norman, Mathematics of the Decision Sciences, part 2 (Dantzig e Veinott, eds.) American Mathematical Society (1968).
5. Podemos interpretar $f(u, s)$ como o fluxo de alunos da unidade u para a unidade $u+1$, na seção s .
6. Vide B. Gnedenko, *The Theory of Probability*, Mir Publishers, Moscou.
7. A opção ciências exatas inclui as carreiras de Física, Matemática, Química, Geologia e Geografia, sendo que as massas de alunos optantes para essa área deve ser bastante não-homogênea. A opção ciências biológicas inclui as carreiras em Biologia e Psicologia.
8. Não nos pareceu justificável, devido à simplicidade do modelo, procurar os valores de p_u que dessem o melhor ajuste a (s).
9. A introdução de um comportamento de desistência no modelo explicaria o aumento quase linear do desvio padrão observado como se pode facilmente verificar.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

1. DIRETORIA (1973-1975)

Presidente – Alceu G. de Pinho Filho (PUC-GB)
Vice-presidente – Fernando de Souza Barros (UFRJ)
Secretário Geral – Giorgio Moscati (USP)
Secretário – Silvestre Ragusa (USP – S. Carlos)
Tesoureiro – João André Guillaumon Filho (USP)
Secr. Ensino – Marco Antonio Moreira (UFRGS)
Secr. Ensino, Adjunto – Luiz Felipe P. Serpa (Fac. Educação UFBa)

2. CONSELHO – Titulares (1973-1977)

Ernst Wolfgang Hamburger (USP)
Jorge André Swieca (PUC-GB)
Sergio Machado Rezende (UFPe)
Beatriz Alvarenga Alvares (ICEX-UFMG)
José de Lima Acioly (UNB)

Titulares (1971-1975)

José Goldemberg
Shigeo Watanabe
José Leite Lopes
Ramayana Gazzinelli
Erasmus Madureira Ferreira

CONSELHO-Suplentes (1973-1975)

Mario Schemberg (São Paulo SP)
Amélia Império Hamburger (USP)
Gerhard Jacob (UFRGS)
Carlos Alberto Dias (UFRa.)
Níxim Zagury (PUC-GB)

3. SECRETARIAS REGIONAIS

Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná
Anildo Bristoti (UFRGS)

São Paulo
Secretaria Geral, C. P. 20553, 01000 – São Paulo SP

Rio de Janeiro, Guanabara, Espírito Santo
Alberto Passos Guimarães Fo.

Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal
José de Lima Acioly (UNB)

Minas Gerais
Armando Lopes de Oliveira (UFMG)

Bahia
Clemiro Ferreira (UFBa)

Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe
Helio Teixeira Coelho (UFPe)

Maranhão, Ceará, Piauí
Homero Lenz Cesar (UFCE)

Pará
Antonio Gomes de Oliveira (UFPA)

ENDEREÇOS

PUC Instituto de Física
Pontifícia Universidade Católica
Rua Marquês de São Vicente, 209
20000 - Rio de Janeiro GE

UFRJ Instituto de Física
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Ilha do Fundão
20000 - Rio de Janeiro GE

USP Instituto de Física
Universidade de São Paulo
Caixa Postal 20516
01000 - São Paulo SP

São Carlos Departamento de Física e Ciências dos Materiais
USP Instituto de Física e Química de São Carlos
Caixa Postal 359
13560 - São Carlos SP

UFRGS Instituto de Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Luiz Englert s/n
90000 - Porto Alegre RS

- UFBa Faculdade de Educação
Universidade Federal da Bahia
Avenida Joam Angélica, 183
40000 - Salvador BA
- UFBa Instituto de Física
Universidade Federal da Bahia
Rua Caetano Moura, 123
Federação
40000 - Salvador BA
- UFPe Instituto de Física
Universidade Federal de Pernambuco
50000 - Recife PE
- UFMG Instituto de Ciências Exactas
Universidade Federal de Minas Gerais
Caixa Postal 1941
30000 - Belo Horizonte MG
- UNB Instituto de Física
Universidade Nacional de Brasília
70000 - Brasília DF
- UFCe Instituto de Física
Universidade Fèderal do Ceará
Caixa Postal 1262
60000 - Fortaleza CE
- UFPa Programa de Pós-Graduação em Geofísica
Universidade Federal do Pará
Núcleo Pioneiro Guamá
66000 - Belem PA

