

Estudo do Método de Keller I: Extensão do Método de Keller para um Grande Número de Alunos

P. C. BEZERRA

Departamento de Física, Universidade de Brasília', Brasília DF

L. C. GOMES

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

Recebido em 8 de Julho de 1972

Teaching by the Keller plan at the Institute of Exact Sciences of the University of Brasilia is described. Performance of instructors and monitors is discussed based on Analysis of Variance of the classes involved. The results are used to make recommendations for the management of the courses.

É descrito o uso do método de Keller, para ensino, no Instituto de Ciências Exatas da Universidade de Brasília. Os desempenhos dos instrutores e monitores são discutidos em base a análise de variância das classes envolvidas. Os resultados são usados para fazer recomendações quanto a gerência desses cursos.

1. Introdução

O Método Keller, Método de Brasília ou Instrução Personalizada, descrito por Keller' em seus artigos, teve suas primeiras experiências nos Departamentos de Psicologia da Universidade de Brasília (em 1964). Nosso interesse por esse método de ensino teve início na reunião anual da S. B. P. C. em 1966, quando um dos autores (L. C. G.) veio a conhecê-lo por intermédio da psicóloga brasileira Maria Tereza de Araújo Silva.

Em 1968, várias críticas dos alunos do Departamento de Física da Universidade de São Paulo, quanto a qualidade e objetivos do ensino oferecido por esse Departamento, mostrou-nos que inovações fundamentais em

'Endereço postal: 70000 - Brasília DF.

*Endereço postal: Rua Marquês de São Vicente, 209, 20000 - Rio de Janeiro GB.

aprendizagem se faziam necessárias a fim de poder corresponder as críticas construtivas desses alunos. O número crescente de estudantes no atual ciclo básico das universidades brasileiras é também um fator que vem forçando a introdução de novas metodologias no ensino de ciências. Com a criação, pelo Governo Federal, da figura do monitor na Reforma Universitária, nada mais natural que procurássemos experimentar o Método de Keller na expectativa de que ele pudesse vir a ser exequível para um grande número de alunos. Dessa forma, F. Torres de Araújo e L. C. Gomes iniciaram no primeiro semestre de 1969 as primeiras de uma série de experiências nesse Método, inicialmente numa classe de 380 alunos do Curso de Introdução a Física do Departamento de Física da Universidade de Brasília (UnB) (Nota 2).

Logo de imediato se pôde observar que a coordenação de uma única classe com cerca de 400 alunos, conduzida pelo Método de Keller, gerava problemas inesperados. Por exemplo, o número grande de monitores envolvidos dificultava sobremaneira a interação adequada entre o professor e os monitores da classe.

Mesmo com vários erros cometidos em sua primeira aplicação, o novo método de ensino foi muito bem recebido pelos alunos, monitores e professores, sendo o Departamento de Física levado a estendê-lo as outras disciplinas do ciclo básico: Mecânica e Eletricidade e Magnetismo. Em 1970, o Departamento de Matemática da UnB passou a adotar o Método nas disciplinas de Cálculo I e Cálculo numérico, estendendo-o progressivamente aos dois outros semestres de Cálculo. No segundo semestre de 1971, o Departamento de Química da UnB passou a adotar também o mesmo Método na disciplina de Química Geral.

Assim sendo, no Instituto de Ciências Exatas da Universidade de Brasília, que engloba particularmente os Departamentos de Física, Matemática e Química, cerca de 350 monitores participaram, no segundo semestre de 1971, do ensino ministrado pelo Método de Keller em oito disciplinas do ciclo básico de Ciências, atendendo a cerca de 4.000 matrículas.

Esses números atestam, de forma inegável, o grande interesse pela nova metodologia tanto por parte dos alunos e monitores como também por parte dos professores desses departamentos. Atesta também a compreensão da Administração Central da UnB permitindo a contratação dos 350 monitores. número grande quando comparado com os de outras universidades brasileiras.

2. Características do Método

A principal característica do Método é a de permitir que o aluno progrida em seus estudos a velocidade que melhor lhe convier. Isso é conseguido da seguinte maneira: primeiramente o conteúdo do curso é dividido em um certo número de unidades (da ordem de quinze), cada unidade constituindo **um** todo bem definido e compreendendo um certo programa a cumprir.

Aulas no sentido tradicional foram eliminadas e os anfiteatros onde se realizariam essas aulas foram transformadas em salas de estudos e execução de testes. Nossas classes continham entre 100 e 120 alunos e três vezes por semana, durante um período de duas horas cada um, o aluno podia recorrer a seu monitor designado (estudante de graduação) que ficava nesses períodos a sua disposição. Em média, mantivemos um monitor para cada onze alunos. Esses monitores eram escolhidos entre os melhores estudantes de graduação e empregados em tempo parcial (10 horas semanais) a Cr\$ 220,00 mensais, durante quatro meses no semestre.

O progresso do aluno na disciplina era medido por testes de avaliação. Quando o aluno se sentia **preparado** na primeira unidade, comparecia ao anfiteatro que lhe fora indicado durante os períodos de estudos mencionados anteriormente e solicitava ao seu instrutor o teste dessa unidade que na ocasião já se encontrava designado. O teste era feito sem consulta, no anfiteatro, durante o período de estudo. Terminado o teste, o aluno era instruído a procurar imediatamente seu monitor (que se encontrava numa sala contígua ao anfiteatro) que o corrigia. Durante a correção era praxe o aluno ser solicitado a defender o material que escrevera e o julgamento do monitor era simplesmente aprovação ou reprovação. Era comum o instrutor presente ser solicitado a' arbitrar entre aluno e monitor, no caso de haver discordância quanto ao julgamento do teste. Sendo aprovado, o aluno era instruído a progredir no estudo na unidade seguinte. Se reprovado, deveria se submeter a novo teste da mesma unidade até lograr aprovação. Dessa forma, escolhendo o aluno a oportunidade em que solicitar os testes, passou ele a controlar em grande parte a velocidade de seu próprio progresso no curso.

Ao final do semestre todos os alunos eram solicitados a fazer um exame escrito sobre toda a matéria da disciplina.

3. Simplificações Introduzidas no Método

Podemos concluir pela descrição do parágrafo anterior que a forma utilizada por nós na aplicação do Método de Keller não diferiu sensivelmente da descrição feita na referência 1, quando consideramos uma classe de 100 a 120 alunos. Pondo de lado, por enquanto, a questão da extensão para um grande número de alunos (digamos, mais de quinhentos), convém salientarmos várias simplificações da metodologia usada por nós. Primeiramente, eliminou-se por completo a aula-prêmio descrita por Keller. O material de estudo do aluno era o próprio livro texto e não foi distribuída instrução alguma de como proceder no estudo de cada unidade. Os mapas das posições individuais dos alunos tão pouco foram usados. Essas simplificações foram feitas não pelo fato de serem consideradas supérfluas, mas sim para estudar a aplicação do método na sua forma mais esquemática e econômica possível.

O problema do grande número resultou porém em modificações que necessitam ser descritas. Basicamente, dividimos os alunos matriculados numa disciplina em classes que não ultrapassassem 120 alunos⁶. Assim, cada classe teve aproximadamente o dimensionamento das classes usadas por Keller. Limitamos a relação aluno-monitor para no máximo doze, resultando daí uma classe ter cerca de 11 monitores. Aqui cessa a semelhança, pois cada classe foi coordenada por dois instrutores (em geral estudantes de pós-graduação) e um único professor foi responsável pela escolha do material da disciplina, sua divisão em unidades, confecção dos testes e exame final. Isso quer dizer, em particular, que os testes de avaliação das unidades da disciplina foram os mesmos para todas as classes. De imediato, isso resultou na necessidade de aumentarmos para nove o número de testes distintos por unidade. Adotamos também o procedimento dos instrutores designarem os testes dos alunos de suas classes⁷.

Os testes constaram, na sua quase totalidade, de três ou quatro problemas. É fácil compreender que nove testes distintos por unidade resultou ser um número suficientemente grande de questões para desestimular a mera memorização das respostas. Entretanto, o fato de usarmos os mesmos testes para cerca de 500 estudantes não pôde deixar de dar efeitos extra-classe: os alunos passaram a se organizar em grupos de estudos, espontaneamente. A necessidade de local para as reuniões desses grupos resultou na solicitação, por parte dos alunos, às autoridades Universitárias, para manter a Biblioteca Central aberta 24 horas por dia, no que foram atendidos⁸.

4. Registros de Dados

Escolhemos as classes de Introdução a Física (Física) e Cálculo I (Cálculo) do primeiro semestre de 1971 para realizarmos a análise que ora apresentamos. Essas classes foram oferecidas aos alunos que recém-ingressaram na Universidade de Brasília, selecionados pelo vestibular ou transferidos de outras escolas do país, como também a repetentes e alunos de outros institutos que não tivessem cursado anteriormente essas disciplinas.

Para tornar a massa de alunos mais homogênea, incluímos nessa análise somente os alunos que ingressaram naquele semestre na Universidade, garantindo-nos assim que os alunos a serem analisados não foram expostos anteriormente ao método. Entre esses, excluímos ainda aqueles que cancelaram (na primeira quinzena de aulas) ou que trancaram a matrícula, até meados do semestre. Ficamos então reduzidos a 570 alunos em Cálculo e 536 alunos em Física que haviam optado, no ato de ingresso na Universidade, por uma das seguintes carreiras: Física, Química, Matemática, Geologia, Geografia, Biologia, Psicologia, Engenharia (Elétrica, Mecânica, Agrônômica ou Civil), Medicina e Odontologia.

A disciplina de Física teve como livro texto os volumes II e IV de Física P. S. S. C. (Edart. Ed.), que contém as partes de Ótica Geométrica, Ótica Ondulatória e Eletricidade e Magnetismo, sendo dividido o curso em doze unidades. A disciplina de Cálculo teve como livro texto os cinco primeiros capítulos de Cálculo de E. Moise (Edgar Blucher, Ed.) e o curso foi dividido em dezessete unidades.

Durante cada período de estudos (que chamaremos de agora em diante de seção) de cada classe, cada monitor emitia um cartão de registro unitário para cada teste corrigido, dando as especificações da seção (numeradas consecutivamente a partir de 1, da primeira seção), da unidade, do teste e o resultado de seu julgamento. Essa massa de cartões constituiu nosso registro de dados⁹ e dele pudemos obter com relativa facilidade as matrizes multidimensionais de frequências:

$$g_1(c, m, s, t, u) \quad \text{e} \quad g_2(c, m, s, t, u),$$

onde $g_1(c, m, s, t, u)$ representa a frequência de testes do tipo¹⁰ t , da unidade u , aprovados na classe c , pelo monitor m , na seção s , em uma das disciplinas e g_2 , de idêntico significado, para as frequências de testes corrigidos (aprovados mais reprovados).

Varias agregações podem ser feitas reduzindo o número de dimensões de g_1 e g_2 . Em particular definiremos:

$$f_1(c, t) = \sum_m \sum_u \sum_s g_1(c, m, s, t, u)$$

$$f_2(c, t) = \sum_m \sum_u \sum_s g_2(c, m, s, t, u)$$

que representam as frequências de testes **aprovados** (f_1) e **corrigidos** (f_2), independentemente da seção, unidade ou monitor por classe e por tipo de teste.

Os elementos da matriz A ,

$$A(c, t) = f_1(c, t) / f_2(c, t), \quad (4.1)$$

quando expressos em percentagens nos fornecem as taxas de aprovação por tipo de teste e por classe. Essas matrizes para Física e Cálculo, que serão objeto de nosso estudo, se encontram nas tabelas (4.1) e (4.2) respectivamente. Análogamente, fixando a variável c (classe) podemos definir as matrizes B , de elementos

$$B_c(m, t) = \frac{\sum_s \sum_u g_1(c, m, s, t, u)}{\sum_s \sum_u g_2(c, m, s, t, u)} \quad (4.2)$$

que se encontram nas tabelas (4.3) e (4.4)

5. Análise dos Resultados

Antes de iniciarmos a análise das **tabelas** (4.1) a (4.4) daremos alguns resultados globais de Cálculo e Física para **visualizarmos quantitativamente** o andamento das classes.

Os 570 alunos de Cálculo se submeteram a 13.733 testes no semestre, durante 46 seções consecutivas. Isso significa que em média cada aluno se submeteu a 24 testes, a razão de 0,53 testes por seção, por aluno. Em Física, os 536 alunos se submeteram a 9.057 testes em 41 seções, ou seja, cada aluno solicitou, em média, 17 testes no semestre à razão de 0,45 testes por seção, por aluno. A média de lestes aprovados foi de 64% em Cálculo e 68% em Física. Esses números nos permitem ter uma visão do aluno médio. Aproximadamente, em **ambos** os cursos, o aluno médio

TESTES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CLASSES									
1	76	71	71	70	71	70	71	67	74
2	80	74	72	68	74	69	67	72	75
3	67	61	62	66	65	63	62	70	65
4	67	67	70	63	70	70	61	75	68
5	72	67	68	72	68	60	61	67	64

Tabela 4.1 – Taxas de aprovação expressas em percentagens para os nove tipos de testes nas cinco classes de Física, calculadas pela Eq. (4.1).

TESTES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CLASSES									
1	64	63	67	63	68	59	59	61	65
2	67	58	64	60	65	57	59	64	56
3	70	72	74	74	69	69	67	63	65
4	68	62	66	62	62	57	59	62	55
5	73	67	65	65	68	65	66	63	64
6	70	68	66	67	60	55	55	65	62

Tabela 4.2 – A mesma que a tabela 4.1 porém referida a Cálculo.

TESTES										
MON.										
CLASSE 1	1	77	70	69	69	79	47	68	60	61
	2	58	67	71	67	77	72	69	65	79
	3	64	68	67	76	62	61	57	61	82
	4	83	74	56	74	56	75	76	60	74
	5	75	81	81	75	78	78	65	73	69
	6	84	80	73	47	60	94	83	83	73
	7	75	47	89	60	60	67	74	70	82
	8	82	76	61	84	81	68	73	63	67
CLASSE 2	1	53	74	57	55	68	73	57	70	80
	2	74	77	71	48	60	62	50	61	59
	3	86	53	62	69	85	56	72	68	65
	4	85	87	83	71	76	76	70	84	75
	5	85	72	80	95	86	70	81	83	100
	6	89	74	71	79	81	72	59	65	76
	7	83	89	75	72	69	69	77	87	89
	8	75	68	78	63	71	78	71	75	65
CLASSE 3	1	80	58	68	56	69	64	55	68	82
	2	53	67	62	77	56	80	68	70	72
	3	64	63	65	76	59	59	59	65	79
	4	63	65	51	51	89	64	43	68	54
	5	81	62	76	67	62	60	75	68	54
	6	62	50	57	85	77	68	87	81	62
	7	83	67	67	78	78	69	75	86	75
	8	67	59	67	57	55	61	40	85	87
	9	50	61	58	58	76	49	68	61	55

TESTES										
MON.										
CLASSE 4	1	76	81	80	77	87	87	83	86	69
	2	77	67	67	45	84	74	54	75	90
	3	79	78	71	68	71	64	65	79	60
	4	59	62	89	64	67	65	53	80	75
	5	52	56	57	68	64	68	43	62	72
	6	68	62	65	61	69	73	61	83	71
	7	75	63	76	46	71	53	78	75	72
	8	54	71	53	69	50	69	41	70	52
CLASSE 5	1	73	74	67	93	53	78	69	73	71
	2	78	58	47	63	63	67	46	50	50
	3	68	71	80	93	71	63	72	73	68
	4	77	56	57	85	71	61	67	68	74
	5	70	61	62	56	73	71	63	79	72
	6	69	69	71	63	64	55	83	59	60
	7	61	62	70	65	76	71	60	62	62
	8	79	86	77	77	81	42	58	71	69
	9	72	68	70	68	70	25	39	65	54

Tabela 4.3 – Taxas de aprovação expressas em percentagens para os monitores (linhas) e nove tipos de testes (colunas) em cada uma das cinco classes de Física.

TESTES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MON.									
CLASSE 1	1	67	68	76	73	73	52	68	40 54
	2	74	70	65	80	69	62	71	65 67
	3	61	50	45	51	66	59	54	57 70
	4	48	56	67	50	69	64	61	62 66
	5	71	76	67	53	65	60	51	55 69
	6	61	71	77	71	71	61	68	78 46
	7	52	71	65	68	74	68	64	68 50
	8	72	54	68	67	58	53	51	57 79
	9	74	45	68	46	75	57	37	61 70
CLASSE 2	1	70	42	54	42	62	64	66	63 62
	2	57	52	60	63	64	58	37	78 45
	3	70	73	71	72	62	32	59	54 75
	4	67	64	73	75	57	67	65	64 73
	5	73	70	89	68	76	54	57	67 41
	6	73	58	64	71	58	61	61	59 25
	7	67	53	55	49	67	42	73	61 52
	8	50	51	64	52	64	63	68	61 63
	9	71	65	54	51	72	69	39	67 78
CLASSE 3	1	61	63	73	60	62	62	53	48 45
	2	67	72	61	79	65	65	59	66 60
	4	72	58	60	61	90	76	67	77 74
	4	71	72	78	70	60	68	68	61 70
	5	72	76	76	79	89	64	74	76 62
	6	83	67	72	82	65	78	64	42 54
	7	77	89	81	95	68	84	68	76 70
	8	71	81	85	69	70	73	82	64 70
	9	62	75	87	81	78	48	64	63 73

TESTES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MON.									
CLASSE 4	1	67	69	69	66	61	49	50	71 45
	2	79	63	61	72	59	50	69	70 56
	3	69	63	87	40	71	63	61	53 56
	4	84	65	52	77	45	68	61	68 69
	5	73	60	54	54	80	53	60	62 60
	6	47	44	59	69	77	50	67	51 54
	7	61	59	73	44	40	70	60	67 53
	8	70	70	82	67	57	57	30	56 44
CLASSE 5	1	64	65	64	56	74	67	81	71 78
	2	85	77	70	68	60	61	67	58 86
	3	68	61	55	59	52	55	50	50 55
	4	66	69	61	76	78	78	74	58 58
	5	64	46	56	73	71	61	54	50 35
	6	77	66	74	56	68	67	63	56 67
	7	64	73	65	63	64	61	74	79 71
	8	80	87	62	76	75	77	78	80 72
	9	84	66	73	67	71	65	58	63 59
CLASSE 6	1	74	65	50	72	48	67	70	55 53
	2	63	67	70	57	64	57	53	55 50
	3	70	67	70	78	62	50	54	55 73
	4	81	72	64	71	71	50	61	83 68
	5	52	61	58	50	57	60	57	71 62
	6	64	73	75	69	69	58	47	44 61
	7	91	63	80	75	63	33	33	93 67
	8	67	65	60	67	43	55	50	65 57

Tabela 4.4 – A mesma que a tabela 4.3 porém referida as classes de Cálculo.

em cada seis seções consecutivas solicitou testes em 3 delas, logrando aprovação em dois dos 3 testes solicitados. Isso quer dizer que o aluno médio avança a razão de uma unidade por semana (três seções correspondem ao período de uma semana). Na verdade, o aluno de Cálculo solicitou 20% a mais de testes por seção, mas a sua taxa de aprovação foi ligeiramente (4% a menos) inferior que a dos alunos de Física. Convém observar que Cálculo foi programado com 17 unidades e certamente foi um curso mais "difícil" que Física (programado em 12 unidades), pois seu conteúdo versava sobre matéria própria do nível universitário, enquanto Física versava sobre matéria do nível solicitado no vestibular. Os 20% a mais de testes solicitados por seção não foram suficientes para permitir que os alunos de Cálculo pudessem cumprir todas as unidades no período regulamentar de 41 seções do semestre. Por solicitação dos próprios alunos o curso foi estendido por mais 5 seções, durante o período de férias para que pudessem lograr o seu término".

Aproximadamente 50% da classe solicitou testes em cada seção e o monitor (a razão de 11 alunos por monitor) dispôs de cerca de 15 minutos para a correção de cada teste.

As tabelas (5.1) e (5.2) apresentam o resumo das taxas de aprovação dos testes, expressas em percentagem para Cálculo e Física respectivamente. Na primeira coluna encontra-se a designação das unidades (enumeradas de 1 a 17 para Cálculo e de 1 a 12 para Física) e na primeira linha a designação dos nove distintos testes para cada unidade. Além dessa matriz, estas tabelas apresentam também as distribuições marginais dessas taxas onde se encontram calculados as médias e os desvios padrões de cada tipo de teste e de cada unidade, como também os totais de testes corrigidos.

Consideremos a distribuição das médias de aprovação marginal por unidade da disciplina de Física. Essas médias refletem em grande parte o planejamento de curso feito pelo professor. Se as unidades fossem planejadas para terem uma taxa uniforme de aprovação, deveríamos esperar uma média de 755 testes (9057112) corrigidos por unidade. A flutuação estatística esperada para a média da taxa de aprovação seria, para um intervalo de confiança de 95%, de aproximadamente $100/(755)^{1/2}$, ou seja, 3,6%. A flutuação das médias observadas foi de 11,1% e portanto bem maior que a esperada na hipótese de uniformidade. Na verdade, o curso não foi planejado para ser uniforme. A primeira unidade foi propositalmente planejada fácil e progressivamente mais difícil para as unidades subsequentes até a quarta unidade! que marca o término de Ótica Geométrica no planejamento do curso. Na unidade cinco inicia-se o estudo

Test. Unid.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Media	Desvio	Test. Corr.
1	52.7	51.4	67.2	50.4	69.0	54.9	62.0	55.7	76.7	59.7	8.5	934
2	59.3	59.5	51.4	60.8	68.2	47.0	56.5	60.4	50.5	57.3	5.9	960
3	72.6	78.7	76.7	66.3	84.6	69.0	64.9	74.6	72.4	73.3	6.0	750
4	80.8	61.8	79.3	71.4	78.1	76.3	52.1	79.3	68.1	71.8	9.4	761
5	68.1	69.7	50.8	55.5	41.5	41.4	48.9	42.5	50.0	51.5	9.6	1054
6	67.0	63.3	64.4	72.0	67.0	75.8	59.7	70.8	75.0	68.3	5.1	789
7	57.4	71.2	72.9	82.8	63.0	75.8	58.5	59.5	55.5	66.5	9.1	808
8	72.5	51.3	74.1	55.6	72.0	48.6	61.1	65.9	53.1	62.7	9.2	846
9	72.0	63.2	62.6	70.4	49.5	45.5	76.7	56.1	71.0	61.9	10.0	854
10	77.5	70.5	78.5	72.8	79.8	75.2	46.7	75.0	56.8	71.3	10.0	740
11	73.3	74.0	51.9	69.2	64.3	47.7	66.6	66.2	55.2	63.5	9.0	820
12	75.3	81.8	71.5	80.7	72.5	54.4	69.1	75.8	60.2	71.2	8.4	726
13	67.0	72.1	62.1	64.7	66.6	60.2	70.1	46.7	57.9	62.4	7.3	817
14	62.5	57.6	66.6	40.0	61.2	74.2	62.6	71.9	57.5	61.8	9.1	815
15	75.0	48.2	64.5	69.6	56.6	53.8	61.0	62.0	71.0	62.4	8.1	778
16	71.1	68.3	77.6	59.7	63.6	75.0	75.4	53.3	64.6	67.5	7.7	687
17	76.8	64.3	70.1	56.0	65.5	64.7	68.1	73.0	51.0	66.1	7.3	594
Média	59.5	65.1	67.2	64.6	66.1	61.1	62.4	64.0	61.6	Média Global = 64.1 Tot. Test. Corr. = 13733		
Desvio	7.7	9.5	9.3	11.0	10.5	12.8	8.4	10.8	9.1			
Test. Coor.	1523	1534	1614	1611	1587	1558	1423	1486	1397			

Tabela 51 – Taxas de aprovação dos testes de **Cálculo** em função das unidades e tipo de testes, expressas em percentagens. Na primeira coluna encontra-se a designação das unidades **enumeradas** de 1 a 17. Na primeira linha encontra-se a designação dos testes distintos enumerados de 1 a 9. Além dessa **matriz** são mostradas as distribuições marginais dessas taxas dadas pelas médias de cada tipo de teste e de cada unidade, bem como os desvios **padrões** associados a essas médias e os totais de testes corrigidos

Test. Unid.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média	Desvio	Test. Corr.
1	81.1	81.3	73.5	82.1	89.7	83.5	82.8	90.6	80.8	82.9	4.7	645
2	72.2	81.5	78.8	70.1	84.9	61.6	65.8	72.5	79.2	74.0	7.3	717
3	67.3	66.9	52.3	55.6	61.0	60.7	68.0	55.2	60.0	60.2	5.0	878
4	73.5	67.3	76.1	66.6	75.6	69.7	49.3	78.7	73.7	69.9	7.9	752
5	83.3	86.6	77.3	82.6	83.5	83.5	81.7	77.6	83.9	81.9	3.0	642
6	84.8	86.7	62.8	71.9	78.7	86.1	80.0	80.8	89.0	80.4	7.6	654
7	79.4	71.2	69.0	75.0	46.9	71.9	53.6	66.0	77.5	67.5	10.5	773
8	66.0	72.9	63.8	59.3	75.2	50.4	53.4	62.1	71.4	63.6	8.3	818
9	52.1	48.4	64.3	84.8	80.6	62.0	61.1	56.9	72.8	64.5	11.8	799
10	75.4	52.5	65.0	50.0	46.7	46.1	53.4	59.0	52.0	56.0	9.2	905
11	66.6	47.4	52.0	53.0	62.2	58.0	54.6	73.6	43.9	56.8	8.8	853
12	75.0	81.7	85.1	79.2	53.4	68.1	67.6	86.3	60.0	73.5	10.5	621
Média	73.1	70.0	68.3	69.2	65.9	66.8	64.3	71.6	70.4	Média Global = 68.2 Tot. Test. Corr. = 9057		
Desvio	9.2	14.5	10.3	12.3	23.7	12.9	12.1	11.7	13.6			
Test. Corr.	960	1016	1079	1038	1026	999	1012	948	979			

Tabela 5.2 – O mesmo que na tabela 5.1 porém para as 12 unidades de Física.

de ondas e foi novamente planejada mais fácil e progressivamente dificultados os testes das unidades subsequentes, como mostram nossos resultados. Assim, o professor pôde conscientemente controlar a taxa de aprovação média das unidades, adequando os testes elaborados aos objetivos planejados. O curso de Cálculo teve, como podemos observar da tabela (5.1), planejamento mais uniforme.

Consideremos agora a variável tipo de teste. A distribuição marginal da taxa de aprovação por tipo de teste deve ter uma distribuição normal, pois essa variável representa simplesmente um índice para identificar os nove distintos testes elaborados por unidade e não guarda qualquer relação com o planejamento do curso.

Na disciplina de Física deveríamos esperar 1006 testes em média corrigidos por tipo com uma flutuação de 3.2% na taxa de aprovação. O desvio padrão das médias de aprovação por tipo é de 2.8% e portanto as médias se encontram dentro do intervalo previsto pela normalidade da distribuição. Situação idêntica se observa em Cálculo, assim como também para a distribuição das médias de aprovação por tipo quando os dados são desagregados por classe ou por monitor. Essa situação feliz permite que usemos a variável tipo de teste como variável de controle para estudarmos a normalidade das classes e dos monitores cujas distribuições se encontram nas tabelas (4.1) a (4.4).

Para extrairmos as informações que desejamos das tabelas (4.1) a (4.4) faremos uso da técnica estatística chamada análise de variância. Pode-se mostrar que a razão V_0 entre a variância das médias dos grupos e a variância do parâmetro escolhido (tipo de teste), tomada sobre os grupos, satisfaz uma distribuição típica, chamada $F(m, n, \alpha)$, caracterizada pelo número de grupos ($m + 1$) e de tipos de teste ($n = 8(m - 1)$). A análise de variância é um teste, no nosso caso, da constância das médias do tipo de teste sobre os grupos, cujo nível de significância¹² α é igual a $(1 - \alpha)$.

Usaremos o valor de 5% para o nível de significância α e portanto, se $V_0 > F(m; n; 0,95)$, rejeitamos a hipótese do fator estudado não afetar, ao nível de significância de 5%, a média dos grupos. Caso contrário, dizemos que não há evidência de que o fator afeta os grupos. Inicialmente aplicaremos a análise de variância as tabelas (4.1) e (4.2) e tomaremos como parâmetro a variável tipo de teste (t).

A tabela (5.3) mostra o resultado de nossa análise. Na segunda coluna estão as razões das variâncias (V_0), na terceira os valores da distribuição

DISC.	V_0	$F(n, m, 0,95)$	(m, n)	$E(x) \%$	$D(x) \%$
CAL. I	4.27	2.45	(5,48)	64.2	5.4
I. FIS.	9.00	2.67	(4,40)	68.2	6.0

Tabela 5.3 – Resultado da análise de variância das classes de Cálculo e Física Na primeira coluna estão designadas as disciplinas e na segunda coluna o valor obtido da razão das variâncias. A terceira coluna fornece-nos o valor da distribuição teórica $F(n, m, 0.95)$ para 95% de confiança correspondente aos graus de liberdade dados na quarta coluna A quinta e a sexta coluna fornecem-nos a média e o desvio padrão das classes, respectivamente.

$F(n; m; 0,95)$ para um nível de significância de 5%. Os números de graus de liberdade em cada disciplina se encontram na quarta coluna. Na quinta e na sexta coluna se encontram as médias e os desvios padrões das classes, respectivamente. Como vemos, podemos afirmar, com 95% de confiança, que as classes, tanto de Cálculo, quanto de Física, não foram uniformes.

Dois são os fatores que podem explicar essa variação de comportamento das classes de uma mesma disciplina: (i) a não uniformidade da composição das classes e (ii) a influência exercida pelos instrutores.

Embora as classes não tenham sido uniformizadas no início do semestre por um método adequado de amostragem aleatória¹³, devemos ressaltar que a forma como foi elaborado o horário das classes das disciplinas do ciclo geral de ciências, ao aluno resultou existir uma única solução para a composição de seu horário e as classes de Cálculo e Física tiveram a mesma composição. Se o fator que explica a variação entre classes é a não-uniformidade dessas, deveríamos esperar que a relação das variâncias V_0 tomasse aproximadamente o mesmo valor para Cálculo e Física. A tabela 5.3 mostra que isto não se verifica, sendo o valor de V_0 para Física maior que o dobro do valor correspondente para Cálculo. Assim, somente a não-uniformidade das classes não explica variações observadas e podemos concluir que os instrutores exerceram influência sobre as classes, sendo esse efeito bastante acentuado em Física.

Parece-nos óbvio que no método tradicional o instrutor exerça forte influência sobre sua classe. Isso entretanto não pode ser facilmente concluído para a metodologia de Keller, tal como foi aplicada por nós em Brasília. Observemos que o instrutor é o elo entre o professor e os monitores de sua classe. Ao professor cabe a responsabilidade da organização do curso e a elaboração dos testes e ao monitor a correção desses últimos.

Assim, em princípio, a classe poderia ser conduzida sem a participação efetiva dos **instrutores**¹⁴. A influência observada, pelo menos em Física, da participação dos instrutores no desempenho de suas classes é um aspecto interessante de nossa análise. **Essa** influência se exerce, entre outros mecanismos, pelos contatos e orientações dos monitores na correção dos testes da classe e pela eventual substituição discriminatória dos testes já que todos os testes de uma mesma unidade não são exatamente equivalentes quanto a taxa de aprovação. As tabelas (5.1) e (5.2), onde se encontram essas taxas de aprovação dos diferentes testes para as unidades de Cálculo e de Física, mostram uma distribuição suficientemente larga e o instrutor, sensível a esse efeito pode criteriosamente vir a substituir testes entre os que aprovam menos ou os que aprovam mais, de **acô**rdo com a sua política particular, resultando daí uma substituição discriminatória dos testes. Vemos assim que a simples responsabilidade de substituição de testes pode se transformar em uma política de influência no rendimento da classe. A análise de variância, sensível a esses efeitos, rejeita a hipótese de uniformidade das classes, não obstante o desvio padrão das médias das classes ser sômente de 5% a 6%.

As tabelas (5.4) e (5.5) nos fornecem um resumo da aplicação da análise de variância as tabelas (4.3) e (4.4) para **as** classes de Física e Cálculo. Na primeira coluna estão designadas as classes, na segunda os resultados das medidas das razões das variâncias que devem ser comparados com os valores da distribuição $F(m; n; 0,95)$ para um nível de **significância** de 5% mostrados na terceira coluna. Na quarta coluna são dados os valores

CLASSES	V_0	$F(n, m, 0.95)$	(m, n)	$E(x)\%$	$D(x)\%$
1	1.20	2.16	(7,64)	71	3,5
2	7.30	2.16	(7,64)	73	7,3
3	3.61	2.07	(8,72)	66	4,7
4	6.34	2.16	(7,64)	68	6,7
5	6.44	2.07	(8,72)	67	5,5

Tabela 5.4 – Resultados da análise de variância dos monitores para cada classe de Física. A primeira coluna especifica as classes, enumeradas de 1 a 5. As colunas de 2 a 6 têm significados análogos aos da tabela 5.3.

CLASSES	V	$F(n, m, 0.95)$	(m, n)	$E(x)\%$	$D(x)\%$
1	1.42	2.07	(8,72)	63	3,8
2	1.04	2.07	(8,72)	61	3,7
3	1.19	2.07	(8,72)	70	5,7
4	0.56	2.16	(7,64)	61	2,8
5	5.88	2.07	(8,72)	67	6,4
6	1.01	2.16	(7,64)	63	3,8

Tabela 55 – Resultados da análise de variância dos monitores para cada classe de Cálculo, enumeradas na primeira coluna de 1 a 6. As demais colunas têm significados análogos ao da tabela 5.3.

de m e n . A quinta e a sexta coluna nos fornecem, respectivamente, a média de aprovação dos testes e o desvio padrão das médias de aprovação dos monitores de cada classe. Podemos afirmar baseados na análise de variância, que as classes 2, 3, 4 e 5 de Física e a classe 5 de Cálculo não tiveram uma atuação uniforme de seus monitores.

Convém mencionar que aqui não cabe dúvida quanto a efeitos de não uniformidade dos grupos de alunos associados aos monitores. A distribuição dos alunos pelos monitores foi feita aleatoriamente embaralhando-se os cartões de matrícula de uma classe e repartindo-os em grupos iguais que determinaram a designação dos alunos aos monitores.

6. Conclusões

Estendendo o método de Keller para um grande número de alunos introduzimos duas características metodológicas: o número de testes elaborados por unidade foi aumentado para 9 e dividimos os alunos de uma disciplina em classes de aproximadamente 120 alunos cada uma, sob orientação preferencialmente de estudantes de pós-graduação (instrutores).

Mostramos que esse novo elo na ligação aluno-professor pode exercer influência no desempenho das classes e também que os monitores nem

sempre atuam de forma uniforme. Em Física a política adotada pelo professor da disciplina foi a de dar total liberdade aos instrutores quanto a atuação desses junto aos alunos e monitores. Isso se refletiu na variação do desempenho das classes e dos monitores de uma mesma classe. Em Cálculo a política foi a de fazer os instrutores preocuparem-se quanto a qualidade de correção dos testes pelos monitores. Resultou daí que os desempenhos dos monitores foi quase sempre uniforme. Isso mostra que dependendo da política adotada pelo professor da disciplina é possível controlar-se a uniformidade de comportamentos dos instrutores e monitores.

Podemos considerar a política adotada em Física como um exemplo de extremo liberalismo. Mesmo nessa condição extrema, é surpreendente o fato das médias das taxas de aprovação nos testes terem uma dispersão inferior ou igual a 6,0% entre as classes e 7,3% entre monitores de uma mesma classe. Assim, parece razoável concluir-se que uma característica singular do método de Keller é o de que, uma vez fixado o conteúdo e os testes de avaliação da disciplina, as influências dos instrutores e monitores é pequena quando comparada ao que usualmente ocorre em cursos conduzidos por métodos tradicionais de aulas expositivas e provas periódicas. Não devemos, porém, concluir daí que instrutores e **monitores** possam eventualmente ser eliminados por sistema automático de correção de testes, digamos, um computador. O valor pedagógico da presença dos monitores (e por extensão dos instrutores) foi enfaticamente ressaltado por Keller¹ para merecer outras considerações de nossa **parte**.

Algumas recomendações de natureza gerencial para a conduta das classes parecem oportunas. Primeiramente, em vez de elaborarmos nove testes distintos por unidade, poderíamos elaborar três grupos de nove questões cada um por unidade e, com auxílio de um computador, sortearíamos os testes aleatoriamente compostos de uma questão de cada grupo. O trabalho na elaboração de questões seria o mesmo mas o efeito entre as classes seria a de eliminar a influência dos instrutores na reposição dos testes e na diminuição da dispersão da taxa de aprovação dos testes de uma mesma unidade. Uma reunião semanal do professor do curso com os instrutores e monitores de mesma classe (providência essa que não foi usada sistematicamente por nós) viria a contribuir fortemente para a adoção de uma atitude uniforme dos instrutores e monitores frente aos testes elaborados e permitir assim que o professor se comunicasse com os alunos sem eventuais deformações de seus objetivos.

Queremos agradecer aos Departamentos de Matemática e Física da **UnB** pela colaboração que nos deram, sem a qual este trabalho não poderia ter sido escrito. Agradecemos ao-prof. J. M. Knudsen por inúmeras discussões sobre **nossas** idéias apresentadas aqui. Um de nós (L. C. G.) deseja particularmente agradecer ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo pela licença concedida para experimentaro método Keller na Universidade de Brasília.

Referências e Notas

1. F. S. Keller, Rev. Interamer. Psicol., **1**, 189(1967). F. J. Keller, J. A. B. A., **1**, 79(1968).
2. Posteriormente viemos a saber que nessa mesma época o *Education Research Center* do *Massachusetts Institute of Technology* vinha experimentando esse Método, porém a um número restrito de 20 alunos (Refs. 3 e 4).
3. B. A. Green Jr., A *Self Paced Course in Freshman Physics*, The Education Research Center, M. I. T., (1969).
4. B. A. Green Jr., Amer. Journal of Phys. **39**, 764(1971).
5. O valor da bolsa se refere ao ano base de 1971.
6. Já sabíamos por experiências anteriores que cerca de 20% dos alunos trancariam matrícula em cada disciplina.
7. Tentamos usar q computador disponível da **Universidade** para o sorteio dos testes mas sucessivas dificuldades técnicas no computador nos obrigaram a abandonar esse esquema.
8. A partir de meia noite ficava aberta **sòmente** a **sal** de leitura de livros em reserva, o que atendia às **necessidades** dos alunos.
9. Para **minimizar** possíveis erros na marcação dos **cartões** pelos monitores, um instrutor os conferia e um programa de computação posteriormente verificou erros de consistência na marcação desses cartões com os testes arquivados e corrigidos.
10. **Estamos** chamando de tipo **t** de teste **uma** variável inteira que toma valor de 1 a 9 inclusive e identifica qual dos nove testes distintos preparados para uma mesma unidade de **uma** disciplina foi executado pelo aluno.
11. Na realidade, Cálculo foi programado em 20 **unidades** e desde as primeiras semanas do curso ficou claro que o tempo disponível no semestre não seria suficiente sendo então reduzido a 17 unidades e posteriormente estendido nas férias.
12. **Vide** V. der Waerden, *Mathematical Statistics*, Springer Verlag (1957) p. 246.
13. Um tal propósito seria totalmente impraticável nas condições em que eram feitas as matrículas por disciplina na Universidade de Brasília.
14. Isso parece ter ocorrido no segundo semestre de 1971 no Departamento de Matemática