

J₅ – UM CURSO DE FÍSICA PARA GEÓLOGOS-LEVANTAMENTO DE PARAMETROS E PLANEJAMENTO DE PROGRAMA

MACEDO, Arlei Benedito¹; MANIAKAS, Sergio²; LIMA, Paulo Alves de³; RIBEIRO, José Henrique M.³; BELLO, Rosa M. S.³

O curso de Física ministrado aos alunos de Geologia da Universidade de São Paulo tem-se revelado insatisfatório, em relação ao rendimento acadêmico e às atitudes dos alunos. O problema foi estudado por um grupo constituído de docentes de Física e Geologia e alunos de graduação e pós-graduação. Foram levantados os parâmetros condicionantes do curso: situação inicial dos alunos (em relação a conhecimentos básicos de Física e disciplinas necessárias para acompanhamento do curso), recursos disponíveis e necessidades dos alunos em relação à Física. As necessidades foram levantadas em relação aos tópicos de Física necessários para o acompanhamento de disciplinas profissionalizantes do curso de Geologia e para o desempenho profissional, através de questionários aplicados aos professores, geólogos formados e formandos e da análise da literatura especializada, bem como através da incorporação dos resultados de trabalho semelhante efetuado na FFCL de Rio Claro. A partir do levantamento destes parâmetros foi proposto um programa que visa fornecer aos futuros geólogos os conhecimentos mais necessários à sua vida profissional, levando em conta sua formação inicial e os recursos disponíveis no caso concreto do IFUSP.

O curso de Física ministrado aos alunos de Geologia da Universidade de São Paulo não tem conseguido alcançar um

1 IG/USP

2 FFCL - Rio Claro

3 IF/USP

rendimento acadêmico satisfatório, gerando alto índice de reprovação e atitudes negativas dos alunos em relação ao curso.

Para estudar o problema, constituiu-se uma equipe, composta por um professor do Instituto de Geociências, dois professores da Física, encarregados de cursos de geólogos no IFUSP e na FFCL de Rio Claro, um aluno de Graduação de Geologia e uma aluna do curso de Pós-Graduação em Geociências do IG/USP, licenciada em Física.

O estudo realizou-se nas seguintes etapas:

- a - levantamento das atitudes dos alunos em relação ao curso,
- b - levantamento das necessidades de Física para os geólogos, dos pontos-de-vista de formação básica, utilidade para acompanhamento de disciplinas no curso de Geologia e utilização prática.
- c - levantamento do comportamento de entrada dos alunos, principalmente no que se refere a conhecimentos básicos de Física, adquiridos no curso secundário.
- d - a partir dos dados fornecidos pelas etapas anteriores, estabelecimento de objetivos gerais e elaboração de uma sugestão de programa, exequível dentro do tempo reservado à disciplina.

ATITUDES DOS ALUNOS

A pesquisa de atitudes dos alunos foi realizada junto a geólogos e formandos em Geologia. Preferimos esta abordagem a uma pesquisa direta junto aos alunos que cursavam Física este ano devido a que:

- suas respostas seriam mais objetivas e menos emocionais;
- seria possível saber quais dos tópicos seriam mais lembrados pelos estudantes após algum tempo;
- os geólogos poderiam contribuir para o conhecimento das necessidades de Física para os profissionais.

O questionário foi aplicado a 31 sujeitos, sendo 20 formandos e 11 formados entre os anos de 1968 e 1974. Dos sujeitos, 16 já tinham experiência de trabalho em Geologia.

O questionário mostrou um forte descontentamento dos geólogos com o curso que lhes tinha sido ministrado. Sendo-lhes perguntada a qualidade do curso, nenhum respondeu *ótimo*, 5 responderam *bom*, 12 *mau* e 14 *péssimo*. Na parte do questionário destinada a "*Observações*", os alunos registraram como pontos mais negativos do curso:

- os tópicos ministrados não foram considerados relevantes para o curso de Geologia (principalmente a grande ênfase em Mecânica),
- a maneira como o curso é ministrado, **sem** ligação com as aplicações geológicas, leva os alunos ao desinteresse e baixo rendimento,

No item "*Tópicos* tratados no curso", que se destinava a verificar de quais tópicos ministrados os alunos mais se lembravam, as respostas mais frequentes foram: **Mecânica**(31) Eletricidade (30) e **Óptica** (26).

NECESSIDADES DE FÍSICA PARA GEÓLOGOS

O levantamento das necessidades de Física para geólogos foi efetuado através de:

- questionários e entrevistas com professores dos cursos de Geologia do IG/USP e da FFCL de Rio Claro,
- pesquisas em livros-textos de Geologia e Geofísica,
- itens inseridos no questionário de atitudes.

Os trabalhos realizados na FFCL de Rio Claro já foram relatados em Maniakas (1975). Eles levaram ao estabelecimento de um programa de Física para geólogos, já aplicado ha 2 anos na FFCL de Rio Claro, com bons resultados acadêmicos e Ótima receptividade por parte dos alunos.

Houve uma grande concordância entre as necessidades encontradas a partir da pesquisa em livros-textos, entrevistas com professores e o questionário, bem como concordância entre os tópicos apontados como úteis para a formação básica, para o acompanhamento de disciplinas profissionalizantes e para utilização prática profissional (TABELA 1).

Assim sendo, foram considerados como os tópicos de Física mais necessários para a formação dos geólogos os se-

guintes:

Mecânica **ondulatória**

Óptica

Eletricidade

Magnetismo

Gravitação

Radioatividade

Calor

A subdivisão destes tópicos e sua ordenação em programa serão apresentados posteriormente neste trabalho.

COMPORTAMENTOS DE ENTRADA

A situação dos alunos em relação aos conhecimentos básicos de Física foi examinada analisando-se os resultados do exame vestibular de 1975, preparado pelo MAPOFEI. A distribuição de notas de Física dos alunos do curso de Geologia é mostrada pelo histograma da Figura 1.

As notas apresentadas são calculadas atribuindo até o máximo de 2 pontos para cada resposta correta, em 50 questões.

Além desta distribuição pudemos analisar a tabela (TABELA 2) das proporções dos alunos de geologia com nota 0, 1 e 2 para cada questão do exame de Física e as mesmas proporções para os 5.729 primeiros alunos (primeira lista de classificação) e os 14.928 alunos com nota superior a zero em todas as provas.

Como meio de comparar estes dados, calculamos um índice composto.

$$I = N_1 + 2N_2$$

sendo N_1 e N_2 as proporções dos alunos que receberam nota 1 e 2, respectivamente, em cada questão. Os índices para as questões respondidas pelos três grupos, foram lançados em histogramas (Figuras 2, 3 e 4), fornecendo-nos um meio de comparação (precário, mas Único a nós disponível) entre os vestibulandos selecionados para a Geologia, os componentes da primeira lista e o total dos vestibulandos do MAPOFEI.

Embora estas comparações devam ser tomadas com reserva, face ao modo de cálculo, estes histogramas mostraram-nos uma ligeira superioridade nas proporções de acerto dos geólogos em relação aos componentes da primeira lista e uma grande superioridade em relação ao total dos vestibulandos.

Analisando as questões da prova, observamos:

- a - Há uma predominância de questões de Mecânica (22), seguidas de Eletricidade (8), Óptica (5), Hidrostática (6), Termologia (5), Medidas (2) e Acústica (2). Conforme pudemos observar em provas anteriores, esta é uma tendência constante nos vestibulares de Física.
- b - Há uma correspondência entre os resultados médios dos alunos e frequência das questões no vestibular, para cada tópico de Física, conforme observado na Tabela 3. Assim sendo, o desempenho dos alunos é melhor nas questões de Mecânica e Eletricidade, que nas referentes a outros tópicos de Física. Provavelmente isto se deve à maior ênfase dada na preparação dos candidatos nestes tópicos, motivada pela maior frequência de ocorrência nas questões dos vestibulares.

CONDICIONANTES DO PROGRAMA

Um esboço de programa para o ensino de Física para geólogos deve atender os parâmetros apontados acima, em resumo:

- necessidade de conhecimento, a nível de aplicação de princípios básicos de Mecânica Ondulatória, Óptica, Gravitacão, Eletricidade, Magnetismo, Radioatividade e Calor.
- os tópicos deverão ser tratados com ênfase à aplicação em problemas geológicos concretos visando principalmente a motivação dos estudantes, tendo em vista o preconceito muito forte contra a disciplina. Este preconceito, mostrado claramente nas *Observações* do questionário e nos comentários dos alunos, julga os tópicos de Física ensinados no curso tradicional como *inúteis, não objetivos e não atendendo as necessidades dos geólogos*. Caberá aos professores encarregados da disciplina e quebra do pre-

- conceito, principalmente usando casos concretos que ilustrem a aplicação em Geologia.
- os conhecimentos básicos de Mecânica, já apresentados pelos estudantes no vestibular, são suficientes para o acompanhamento dos outros tópicos de Física e de outras disciplinas do curso de Geologia. Não são suficientes para aplicação, mas seu desenvolvimento até este nível tomaria um tempo muito grande, que pode ser melhor aplicado nos tópicos dos quais os geólogos têm mais necessidade e quase nenhum conhecimento. Assim sendo, não será reservada carga horária específica para Mecânica no programa, cabendo ao professor da disciplina testar os alunos sobre os conhecimentos relativos a cada tópico, quando eles se fizerem necessários e fornecendo-os quando se mostrarem deficientes. Este tipo de abordagem vem sendo levado a efeito no curso de Geologia da FFCL de Rio Claro, com bons resultados.

Tendo em vista estes condicionantes, consideramos como válidos os seguintes

OBJETIVOS GERAIS

1. Compreender os principais conceitos de Física relevantes para um geólogo.
2. Compreender as leis e princípios gerais da Física relevantes para um geólogo.
3. Fazer observações e medidas com instrumentos simples de laboratório, obtendo generalizações a partir dos dados.
4. Analisar e construir gráficos referentes a grandezas físicas utilizadas pela Geofísica.
5. Aplicar os princípios gerais da Física para a elaboração dos modelos que expliquem a ocorrência de anomalias na superfície terrestre.
6. Avaliar algumas implicações dos modelos geofísicos para fenômenos terrestres naturais.
7. Sintetizar os aspectos físicos fundamentais da Geofísica Aplicada.
8. Aplicar os princípios gerais da Física na Geofísica Apli-

cada.

9. Interpretar criticamente dados físicos relacionados com Geofísica Aplicada.

Para alcançar estes objetivos sugerimos o seguinte esboço de programa, dividido em três semestres, conforme a destinação de carga horária do novo currículo para o curso de Geologia:

1º Semestre: Mecânica Ondulatória, Óptica e Gravitação

2º Semestre: Eletricidade e Magnetismo

3º Semestre: Radioatividade e Calor

A subdivisão destes tópicos é sugerida abaixo. Evidentemente os professores encarregados deverão adaptar esta subdivisão às classes concretas que encontrarem. A subdivisão apresentada é uma adaptação da seguida durante o último ano no curso de Geologia da FFCL de Rio Claro.

SUBDIVISÃO DOS TÓPICOS

Mecânica Ondulatória

- Propriedades de ondas em uma dimensão
Dinâmica de um pulso
Ondas estacionárias
- Propriedades de ondas em duas dimensões
Velocidade, refração e profundidade
Ondas estacionárias
- As constantes elásticas
Ondas tridimensionais - comportamento
Ondas sísmicas: velocidade
Trajetórias
A estrutura da Terra
Oscilações livres da Terra (esfera)
- Ondas em oceanos - causas e efeitos
Espectro das ondas marítimas
Sonar

Óptica

- O modelo ondulatório e a luz
O espectro eletromagnético

Polarização linear - aplicações em Microscopia Petrográfica

Dupla refração

Cristais - Difração de Bragg - aplicações em raios X

Gravitação

- O movimento circular

Lei de Kepler

Lei de Newton

Campo gravitacional

Aplicação da Lei de Newton para grandes massas

variações de gravitação com altitude e latitude

Gravidade no interior da Terra - Densidade

Anomalias gravimétricas e aplicação geológica

A forma da Terra

As marés

Pêndulo e gravímetro

Eletricidade

- Campo elétrico

Linhas equipotenciais

Eletrodinâmica - principais conceitos

Medidas elétricas e equipamentos

Resistividade

Magnetismo

- O campo magnético

Propriedades magnéticas dos materiais: polos, momento, intensidade, susceptibilidade, permeabilidade, magnetismo residual

Eletromagnetismo - princípios gerais

Variações locais do campo magnético - causas

Origem do campo magnético terrestre (hipóteses)

Reversão do campo magnético

Radioatividade

- Princípios fundamentais

A estrutura nuclear

Radiações α , β e γ : Descrição e propriedades
Detecção de radiação
Lei de decaimento
Séries de desintegração
Equilíbrio radioativo
Técnicas radiométricas de prospecção mineral
A datação radiométrica - métodos
Fontes de radiação
Calor interno da Terra

Calor

- Condutividade térmica
- Leis da Termodinâmica
- Equilíbrio de fase - diagramas

Para o desenvolvimento do programa, e principalmente para sua montagem, nas primeiras aplicações, é necessário que seja dada aos professores autonomia na escolha de todos, recursos e livros-textos, bem como na avaliação. É recomendável que os professores que ministram aulas aos geólogos sejam mantidos com estes alunos em turmas sucessivas, de modo a poderem aperfeiçoar o curso a partir da experiência.

O presente trabalho será apresentado às Comissões de Graduação do IG/USP e do IFUSP, como contribuição à reforma do currículo de Geologia.

BIBLIOGRAFIA

MANIAKAS, Sérgio - *Um curso de Física básica para geólogos* - Congresso da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Belo Horizonte, MG, 1975.

ANEXO 1

**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA GERAL – SETOR DE ENSINO BÁSICO
PROJETO: CURSO DE FÍSICA PARA GEÓLOGOS**

QUESTIONÁRIO

Ano de entrada no curso

Ano de formatura

Quantos semestres cursou de Física?.....

Tópicos tratados no curso

.....

.....

.....

Dos tópicos tratados no curso, quais você julgou necessário para o acompanhamento das disciplinas do curso de Geologia?

.....

.....

.....

Dos tópicos tratados no curso, quais você teve oportunidade de empregar diretamente na vida profissional?

.....

Area de trabalho:

Tipo de instituição:

Mesmo não empregando na vida profissional, quais tópicos de Física você julga necessários para o geólogo?

.....

Como você definiria a qualidade do curso de Física que lhe foi ministrado durante o curso de Geologia?

..... Ótimo

..... Bom

..... Mau

..... Péssimo

OBSERVAÇÕES:

Questão	Aprovados para Geologia			Primeiros 5.759			Primeiros 14.928		
	...0...	...1...	...2...	...0...	...1...	...2...	...0...	...1...	...2...
1	16,0%	16,0%	68,0%	24,4%	24,3%	51,3%	50,2%	23,9%	25,9%
2	80,0%	6,0%	14,0%	85,3%	2,0%	12,7%	92,6%	1,2%	6,2%
3	80,0%	12,0%	8,0%	84,2%	8,7%	7,1%	91,9%	5,3%	2,8%
4	16,0%	4,0%	80,0%	20,1%	1,8%	78,1%	36,6%	1,6%	61,8%
5	74,0%	6,0%	20,0%	85,3%	3,5%	11,2%	93,7%	1,6%	4,7%
6	44,0%		56,0%	66,1%	1,4%	32,5%	80,9%	0,9%	18,2%
7	64,0%	10,0%	26,0%	73,5%	6,9%	19,6%	88,5%	3,1%	8,4%
8	58,0%	16,0%	26,0%	69,3%	12,2%	18,5%	85,3%	6,3%	8,4%
9	64,0%	16,0%	20,0%	78,0%	11,0%	11,0%	90,5%	5,0%	4,5%
10	28,0%	18,0%	54,0%	42,3%	16,0%	41,7%	69,7%	9,8%	20,5%
11	38,0%	38,0%	24,0%	60,6%	30,1%	9,3%	72,5%	22,6%	4,9%
12	18,0%	12,0%	70,0%	29,4%	11,9%	58,7%	60,5%	8,0%	31,5%
13	52,0%	34,0%	14,0%	68,4%	24,8%	6,8%	85,4%	11,7%	2,9%
14	50,0%	22,0%	28,0%	71,6%	13,9%	14,5%	87,2%	6,3%	6,5%
15	20,0%	8,0%	72,0%	17,2%	9,3%	73,5%	49,6%	7,5%	42,9%
16	74,0%	10,0%	16,0%	81,8%	5,4%	12,8%	91,4%	3,1%	5,5%
17	8,0%	16,0%	76,0%	19,2%	14,5%	66,3%	54,7%	12,2%	33,1%
18	70,0%	14,0%	16,0%	82,8%	7,0%	10,2%	92,8%	3,0%	4,2%
19	44,0%	2,0%	54,0%	58,2%	2,4%	39,4%	79,6%	1,3%	19,1%
20	4,0%	2,0%	94,0%	17,1%	4,0%	78,9%	49,2%	3,3%	47,5%
21	64,0%	24,0%	12,0%	58,1%	24,8%	17,1%	79,6%	12,9%	7,5%
22	76,0%	8,0%	16,0%	83,9%	6,1%	10,0%	93,3%	2,7%	4,0%
23	42,0%	32,0%	26,0%	66,4%	18,4%	15,2%	84,6%	8,9%	6,5%
24	18,0%	46,0%	36,0%	32,7%	39,4%	27,9%	50,7%	35,9%	13,4%

25	86,0%	4,0%	10,0%	89,3%	5,1%	5,6%	93,5%	3,6%	2,3%
26	44,0%		56,0%	58,9%		41,1%	78,9%		21,1%
27	84,0%	16,0%		89,6%	9,0%	1,4%	94,6%	4,8%	0,6%
28	4,0%	16,0%	80,0%	5,9%	19,7%	74,4%	30,0%	21,8%	48,2%
29	2,0%	42,0%	56,0%	10,3%	42,0%	47,7%	34,6%	37,0%	28,4%
30	56,0%	14,0%	30,0%	71,4%	2,8%	25,8%	84,3%	1,6%	14,1%
31	82,0%	16,0%	2,0%	92,2%	5,8%	2,0%	97,0%	2,3%	0,7%
32	70,0%	30,0%		74,4%	25,0%	0,6%	86,9%	12,9%	0,2%
33	76,0%	2,0%	22,0%	88,7%	0,9%	10,4%	95,3%	0,4%	4,3%
34	70,0%	6,0%	24,0%	82,5%	2,6%	14,9%	92,3%	1,4%	6,3%
35	50,0%	14,0%	36,0%	63,4%	6,4%	30,2%	84,2%	3,0%	12,8%
36	58,0%	22,0%	20,0%	60,3%	18,8%	20,9%	81,4%	9,4%	9,2%
37	16,0%	48,0%	36,0%	32,9%	35,0%	32,1%	58,2%	25,6%	16,2%
38	48,0%	22,0%	30,0%	49,1%	14,8%	36,1%	75,5%	8,1%	16,4%
39	90,0%	2,0%	8,0%	90,9%	2,4%	6,7%	96,3%	1,0%	2,7%
40	90,0%	10,0%		94,3%	2,8%	2,9%	97,8%	1,1%	1,1%
41	14,0%	8,0%	78,0%	24,6%	3,3%	72,1%	40,8%	4,4%	54,8%
42	88,0%		12,0%	83,6%	2,2%	14,2%	92,0%	1,9%	6,1%
43	60,0%	6,0%	34,0%	64,1%	8,4%	27,4%	83,9%	4,4%	11,7%
44	56,0%	2,0%	42,0%	70,0%	1,7%	28,3%	84,8%	1,0%	14,2%
45	26,0%	8,0%	66,0%	21,6%	6,1%	72,3%	45,7%	7,9%	46,4%
46	54,0%	34,0%	12,0%	61,0%	27,9%	11,1%	79,8%	14,7%	5,5%
47	86,0%	2,0%	12,0%	89,0%	4,4%	6,5%	93,4%	3,4%	3,2%
48	80,0%	16,0%	4,0%	80,4%	17,1%	2,5%	88,8%	10,1%	1,1%
49	52,0%	2,0%	46,0%	70,3%	1,8%	27,9%	86,3%	0,9%	12,8%
50	14,0%	18,0%	68,0%	9,5%	15,2%	75,3%	36,2%	15,7%	48,1%
			50			5759			14928

TABELA 2: Estatística de notas no exame de Física do MAPOFEI, 1975.

Tópicos	Necessários para acompanhamento de disciplinas	Utilizados na prática	necessários para formação básica
Óptica	11	2	12
Eletricidade	11	6	12
Mecânica	4	2	2
Magnetismo	4	1	7
Radioatividade	1	1	1
Calor	1	1	2

TABELA 1: Tópicos de Física com maior frequência de respostas, para as diversas categorias do questionário de atitudes.

Tópicos	Número de Questões	Média
Eletricidade	5	100,4
Eletromagnetismo	3	57,3
Mecânica	21	108,2
Termologia	5	62,8
Hidrostática	6	61,7
óptica	5	33,6
Acústica	2	103,0
Medidas	2	30,0
MÉDIA GERAL		83,4

TABELA 3: Divisão de questões e média de índice I, por tópico de Física, para alunos aprovados no vestibular de Geologia em 1975.

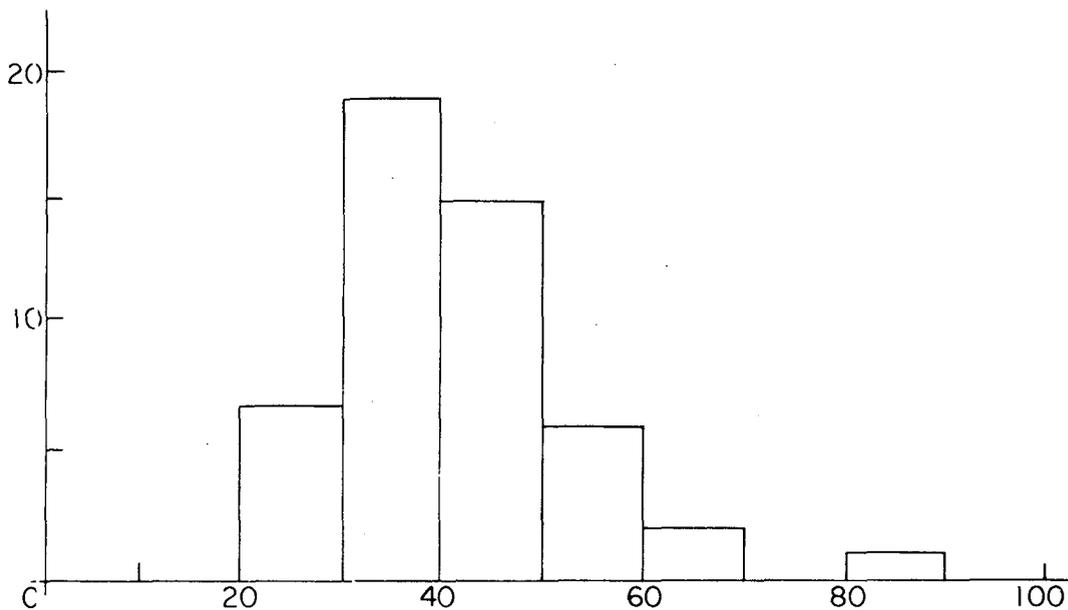


Fig. 1 : Histograma de notas brutas na prova de Físico do MAPOFEI de 1975, para os alunos selecionados para Geologia.

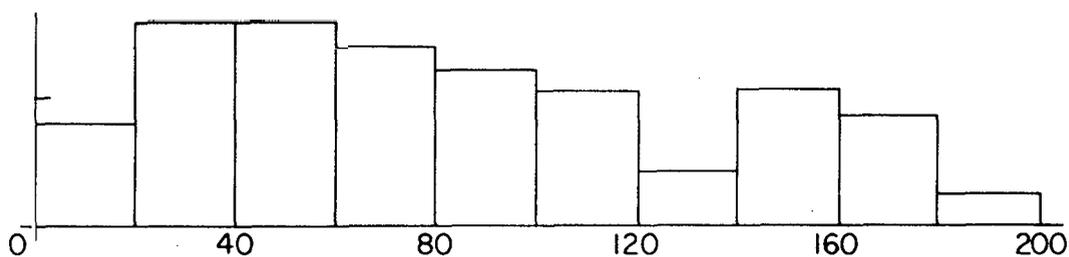


Fig.2 : Histograma de distribuição do índice I, para os alunos selecionados para Geologia no MAPOFEI, nas 50 questões da prova de Física.

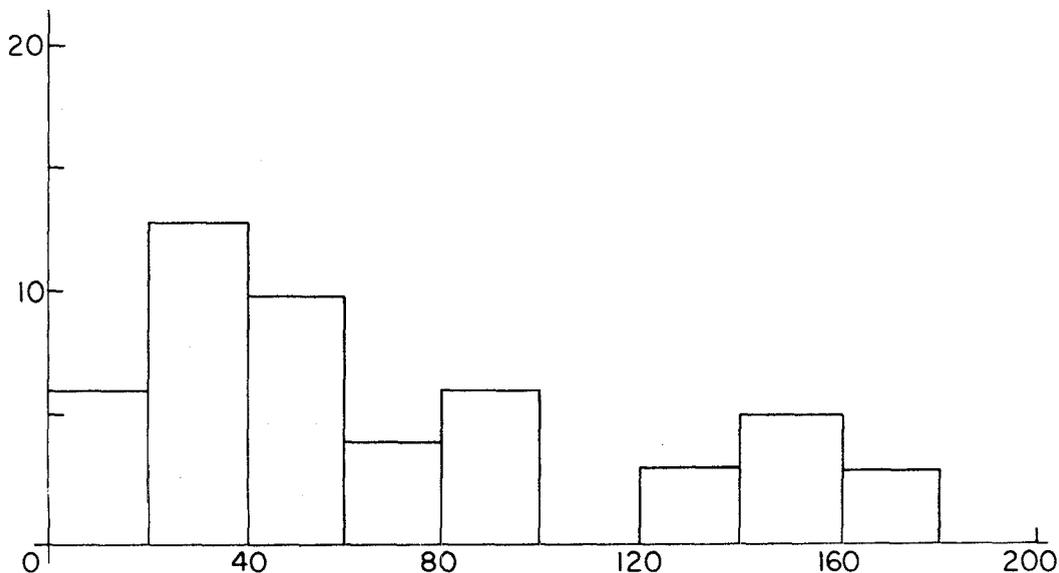


Fig. 3: Histograma de distribuição do índice I , para os 5.759 primeiros alunos do MAPOFEI, nas 50 questões da prova de Física.

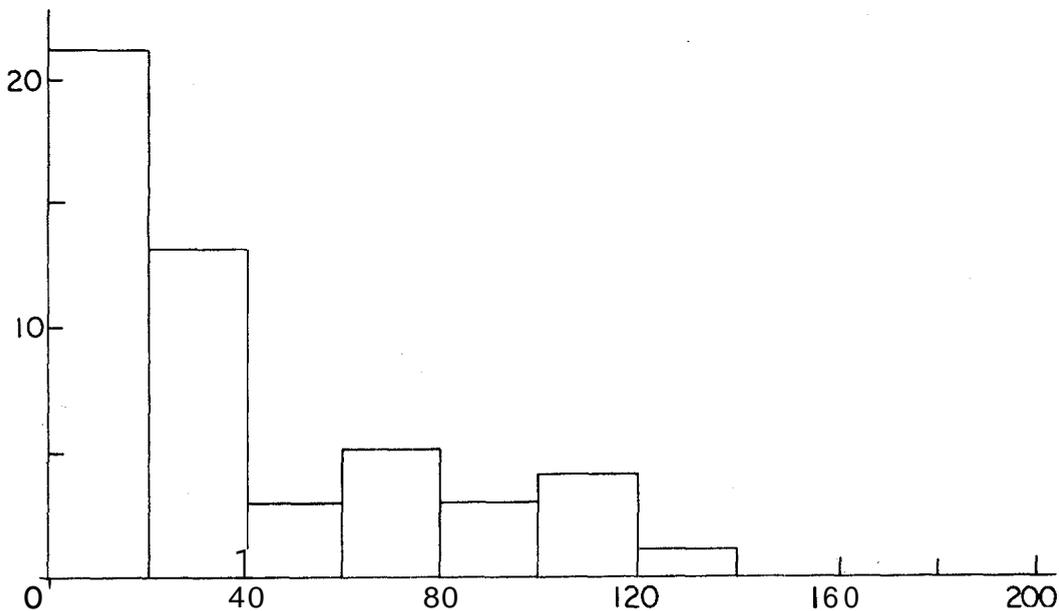


Fig. 4: Histograma de distribuição do índice I , para os alunos com todas as notas acima de zero (14.928) no MAPOFEI, nas 50 questões da prova de Física.