



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

LEONARDO BRUNO PEDROZA PONTES LIMA

OLIMPÍADAS DE FÍSICA E O ENSINO DE FÍSICA EXPERIMENTAL

FORTALEZA

2017

LEONARDO BRUNO PEDROZA PONTES LIMA

OLIMPÍADAS DE FÍSICA E O ENSINO DE FÍSICA EXPERIMENTAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Ceará no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L698o Lima, Leonardo Bruno Pedroza Pontes.
Olimpíadas de Física e o ensino de Física experimental / Leonardo Bruno Pedroza Pontes Lima. – 2017.
248 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias .
1. Ensino de Física. 2. Ensino de Física Experimental. 3. Olimpíadas de Física. I. Título.

CDD 530.07

LEONARDO BRUNO PEDROZA PONTES LIMA

OLIMPÍADAS DE FÍSICA E O ENSINO DE FÍSICA EXPERIMENTAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Ceará no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias

Aprovada em: / / .

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva
Universidade Federal do Ceará – UFC
(Examinador Interno)

Prof. Dr. José Valdenir da Silveira
Universidade Federal do Ceará – UFC
(Examinador Externo ao Programa)

FORTALEZA
2017

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Natália, pelo apoio incondicional.

À minha filha Letícia, pela compreensão após vários momentos de ausência para dedicação ao trabalho.

Ao prof. Dr. Nildo Loiola Dias, pela orientação e extrema disponibilidade.

Aos professores Afrânio de Araújo Coelho, Andrey Chaves, Carlos Alberto Santos de Almeida, José Ramos Gonçalves, Marcos Antônio Araújo, Murilo Pereira de Almeida e Nildo Loiola Dias, pelo empenho em ministrar as aulas durante o mestrado.

Ao prof. Dr. Fernando Wellysson, pelo apoio acadêmico e pela amizade.

À Sociedade Brasileira de Física e à Universidade Federal do Ceará, pela criação e pela realização do mestrado.

À CAPES pelo apoio fornecido durante o curso.

Aos meus pais, avós, familiares, amigos e alunos.

RESUMO

LEONARDO BRUNO PEDROZA PONTES LIMA

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias

OLIMPÍADAS DE FÍSICA E O ENSINO DE FÍSICA EXPERIMENTAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Ceará no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

As Olimpíadas Científicas são uma ferramenta utilizada, em vários países do mundo, na otimização dos processos de ensino/aprendizagem e no incentivo para que alunos do ensino médio, ou equivalente, sigam carreiras tecnológicas. No Brasil, a Olimpíada Brasileira de Física (OBF) é um importante programa mantido pela Sociedade Brasileira de Física que visa contribuir para o desenvolvimento do ensino de Física. Um dos principais objetivos da OBF é preparar os alunos para competirem em Olimpíadas Internacionais de Física. Essas competições são importantes porque fornecem um parâmetro para avaliarmos em nível mundial o ensino de Física que estamos praticando. No entanto, há uma carência na literatura disponível de trabalhos que façam esta avaliação em nível mundial. Assim, neste trabalho, primeiramente, foi feita uma análise do sucesso da OBF na preparação dos alunos através dos resultados obtidos nas Olimpíadas Internacionais de Física (International Physics Olympiad – IPhO). Foram investigados pontos positivos e negativos, com objetivo de construir um produto educacional que contribua para o aprimoramento do programa. Analisamos por dois diferentes critérios o desempenho do Brasil nas edições em que ele participou e verificamos se houve evolução no desempenho geral. Então, analisamos o desempenho separadamente nas provas Teórica e Experimental, comparando com o desempenho global. Também, analisamos os resultados na OBF 2016 de uma escola e comparamos com os resultados globais de todos os participantes. A análise indicou que a contribuição deveria ser feita no ensino de Física Experimental. Por fim, foi desenvolvido, como produto final deste trabalho, uma apostila de Física Experimental destinada aos professores e alunos do ensino médio. A apostila aborda os conceitos de Física experimental em uma linguagem adequada aos alunos e professores do ensino médio.

Palavras-chave: Ensino de Física, Ensino de Física Experimental, Olimpíada de Física.

FORTALEZA
2017

ABSTRACT

PHYSICS OLYMPIADS AND EXPERIMENTAL PHYSICS EDUCATION.

The Scientific Olympiad is a tool used in many countries of the world to optimize teaching / learning processes and to encourage high school students, or equivalent, to pursue technological careers. In Brazil, the Brazilian Physics Olympiad (OBF) is an important program maintained by the Brazilian Society of Physics that aims to contribute to the development of Physics teaching. One of the main objectives of the OBF is to prepare students to compete in International Physics Olympiads. These competitions are important because they provide a benchmark for assessing the worldwide physics teaching we are practicing. However, there is a lack in the available literature of works that do this evaluation at world level. Thus, in this work, first, an analysis was made of the success of the OBF in the preparation of students through the results obtained in the International Physics Olympiad (IPhO). Positive and negative points were investigated, aiming to construct an educational product that contributes to the improvement of the program. We analyzed the performance of Brazil in the editions in which it participated and verified whether there was evolution in the overall performance. Then, we analyze the performance separately in the Theoretical and Experimental tests, comparing with the overall performance. We also analyzed the results in a school's OBF 2016 and compared it with the overall results of all participants. The analysis indicated that the contribution should be made in the teaching of Experimental Physics. Finally, as a final product of this work, an experimental physics booklet was developed for teachers and high school students. The handout addresses the concepts of experimental physics in a language appropriate to high school students and teachers.

Keywords: Physics Education, Experimental Physics Education, Physics Olympiad.

FORTALEZA
2017

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Logo da IPhO	16
Figura 2: Logo da Olimpíada Ibero-americana de Física.....	23
Figura 3: Logo da APhO 2016.....	28
Figura 4: Logo da Romanian Master of Physics 2017.....	30
Figura 5: Logo da Primeira EuPhO – 2017	33
Figura 6: Logo da OBF	35
Figura 7: Logo da OBFEP.....	43
Figura 8: Logo da OPF	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados do Brasil na OIBF	27
Tabela 2: Número de medalhistas de Ouro, Prata e Bronze e premiados com Menção Honrosa, em cada série, na edição da OBF de 2016.....	42
Tabela 3 : Pontuação atribuída a cada premiação ao utilizar a métrica por premiação	48
Tabela 4: Premiações Brasileiras na IPhO	49
Tabela 5: Pontuação das Premiações Brasileiras na IPhO.....	50
Tabela 6: Classificação dos Brasileiros nas IPhO's. Aos alunos não premiados foi atribuída uma classificação maior do que o número total de participantes.....	56
Tabela 7: Pontuação Normalizada das Classificações dos Brasileiros nas IPhO's utilizando a métrica definida pela Equação 1	57
Tabela 8: Classificação dos Brasileiros Premiados nas Provas Teóricas da IPhO. Os alunos não premiados foram representados com uma classificação maior que o número total de premiados.....	61
Tabela 9: Pontuação Normalizada das Classificações dos Brasileiros na Prova Teórica das IPhO's, utilizando a métrica indicada na Equação 1.....	62
Tabela 10: Classificação dos Brasileiros Premiados nas Provas Experimentais da IPhO. Os alunos não premiados foram representados com uma classificação maior que o número total de premiados.....	65
Tabela 11: Pontuação Normalizada das Classificações dos Brasileiros nas Provas Experimentais das IPhO's, utilizando a métrica indicada na Equação 1.....	66
Tabela 12: Comparação entre a pontuação média da equipe brasileira utilizando as comparações por: nota final, nota teórica e nota experimental da equipe.....	67
Tabela 13: Comparação entre os coeficientes angulares da tendência de evolução linear da Equipe Brasileira na IPhO no desempenho médio na nota final, na nota da prova teórica e na nota da prova experimental.....	68
Tabela 14: Médias das Notas da 3ª Fase da OBF 2016.....	72
Tabela 15: Razão entre as médias nacional e da escola A na prova teórica na 3ª fase da OBF 2016.....	76
Tabela 16: Razão entre as médias nacional e da escola A na prova experimental na 3ª fase da OBF 2016.....	77
Tabela 17: Razão entre as médias nacional e da escola A da nota final na 3ª fase da OBF 2016.....	79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Quantidades de Medalhas do Brasil na OIBF	27
Gráfico 2: Quantidade de medalhas de ouro, prata, bronze e menções honrosas do Brasil na IPhO..	49
Gráfico 3: Evolução temporal da pontuação total das premiações brasileiras na IPhO, utilizando as pontuações atribuídas pela Tabela 3. A linha tracejada indica a tendência linear da evolução.	51
Gráfico 4: Análise da Pontuação Brasileira na IPhO, utilizando a pontuação atribuída pela tabela 3. Em azul (vermelho) os valores correspondentes ao período de 2000 a 2007 (2009 a 2016) com a tendência linear indicada pela linha tracejada.	53
Gráfico 5: Pontuação média dos estudantes brasileiros na IPhO, aplicando a métrica definida pela equação 1 na classificação geral. A linha tracejada indica a tendência linear da evolução.....	58
Gráfico 6: Análise da pontuação média dos estudantes brasileiros na IPhO, utilizando a métrica definida pela equação 1 na classificação geral. Os pontos em azul (cinza) indicam a pontuação do Período de 2000 a 2007 (2009 a 2016) e a tendência linear da evolução está representada pela linha tracejada.	58
Gráfico 7: Pontuação Média da Equipe Brasileira pela Classificação na Prova Teórica utilizando a métrica da Equação 1. A linha tracejada indica a tendência linear da evolução da pontuação média ao longo dos anos.	63
Gráfico 8: Análise da pontuação média da equipe brasileira pela classificação na Prova Teórica normalizada pela métrica da Equação 1. Os pontos em azul (vermelho) indicam a pontuação do Período de 2000 a 2007 (2009 a 2016) e a tendência linear da evolução está representada pela linha tracejada.	64
Gráfico 9: Pontuação Média da Equipe Brasileira pela Classificação na Prova Experimental utilizando a métrica da Equação 1. A linha tracejada indica a tendência linear da evolução da pontuação média ao longo dos anos da Classificação do Brasil na Prova Experimental.	67
Gráfico 10: Percentual de Acerto nas Provas em função da Classificação dos Estudantes na IPhO de 2012.	69
Gráfico 11: Médias das provas teórica e experimental dos estudantes participantes da terceira fase da OBF 2016.....	73
Gráfico 12: Média das provas da OBF separadas por subgrupos de premiados com medalhas de Ouro, Prata, Bronze e Menção Honrosa (MH).....	74
Gráfico 13: Comparação entre as médias nacional e da escola A na prova teórica na 3a fase da OBF 2016.	75
Gráfico 14: Comparação entre as médias nacional e da escola A na prova experimental 3a fase da OBF 2016.	77
Gráfico 15: Comparação entre as médias nacional e da escola A da nota final na 3a fase da OBF 2016.	78
Gráfico 16: Comparação entre as médias nacional e da escola A da nota final na 3a fase da OBF 2016.	80

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OLIMPÍADA DE FÍSICA	16
2.1. Competições Internacionais	16
2.1.1. Olimpíada Internacional de Física (IPhO)	16
2.1.2. Olimpíada Ibero-americana de Física (OIbF)	23
2.1.3. Asian Physics Olympiad (APhO)	28
2.1.4. Romanian Master of Physics (RMPH)	30
2.1.5. European Physics Olympiad (EuPhO)	33
2.2. Competições Nacionais	35
2.2.1. Olimpíada Brasileira de Física (OBF)	35
2.2.2. Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas – OBFEP	43
2.3. Competições Regionais	44
2.3.1. Olimpíada Paulista de Física (OPF)	45
2.3.2. Olimpíada Cearense de Física (OCF)	46
3. DESEMPENHO DO BRASIL NA IPhO	48
3.1. Análise Pelas Premiações	48
3.2. Análise Pela Classificação dos Alunos	54
3.2.1. Classificação Pela Nota Total	55
3.2.2. Classificação Pela Nota Teórica	60
3.2.3. Classificação Pela Nota Experimental	65
4. ANÁLISE DA OBF	71
4.1. ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UMA ESCOLA NA OBF	75
5. CONCLUSÃO	81
5.1. Produto Final	83
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
7. ANEXOS	90
8. APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL	152
8.1. INTRODUÇÃO E APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	153
8.2. O primeiro passo: Aprendendo a efetuar medidas	154
8.2.1. O Primeiro Exemplo	154
8.2.2. Algarismos Significativos	164
8.2.3. Medidas Indiretas	167
8.2.4. Operações com Algarismos Significativos	169
8.2.5. Notação Científica	172

8.2.6.	Principais dificuldades em efetuar medições.....	172
8.2.7.	Diferença entre Instrumentos Analógicos e Digitais	178
8.3.	O Segundo Passo: Aprendendo a Estimar os Erros de uma Medida	179
8.3.1.	Fontes de Erros	179
8.3.2.	Estimativa de Erro Quando Efetuamos uma Única Medição.....	180
8.3.3.	Estimativa de Erro Pelo Desvio Médio	181
8.3.4.	Erro Absoluto e Erro Relativo	182
8.3.5.	Estimativa de Erro pelo Desvio Padrão	183
8.3.6.	Propagação de Erros (Medições Indiretas)	187
8.4.	O Terceiro Passo: Gráficos e Linearização de Dados	195
8.4.1.	Tabelas	195
8.4.2.	Linearização de Equações	196
8.4.3.	Gráfico em Papel Milimetrado (ou Quadriculado).....	199
8.4.4.	Gráfico em Papel MonoLog	211
8.4.4.1.	Construção de uma Escala Logarítmica	212
8.4.5.	Gráfico em Papel LogLog ou DiLog.....	224
8.5.	O Quarto Passo: Análise dos Dados.....	229
8.5.1.	Determinação de uma Grandeza Pela Média Aritmética.....	229
8.5.2.	Determinação de uma Grandeza pela Regressão Linear	235
8.6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO PRODUTO EDUCACIONAL FINAL	248

1. INTRODUÇÃO

Vivemos em uma sociedade que pode ser classificada como dinâmica ao analisarmos vários aspectos. Porém, os valores que regulam esta dinamicidade e o nosso cotidiano estão atrelados às necessidades mais inerentes ao ser humano. Uma das mais importantes necessidades é a de evoluir. É nesse ponto que se encaixa a educação: peça chave para a evolução. O ser humano, independentemente do local ou contexto cultural que tenha nascido, aspira o desenvolvimento ao longo de sua vida. Esse crescimento é viabilizado pelos processos educacionais que este indivíduo é submetido.

Atualmente, temos plena consciência do papel fundamental da educação na manutenção do equilíbrio da sociedade [1] e, por isso, uma enorme energia é investida no seu aperfeiçoamento e otimização. A busca por essa otimização é como a construção de uma estrada que precisa de aperfeiçoamentos contínuos, pois o destino final está em constante deslocamento. Talvez, nunca cheguemos ao fim, mas aqui temos um exemplo claro de quando a caminhada é muito mais importante que a chegada. Mais importante do que acreditar que será possível chegar ao processo educacional perfeito é mantermos a fé e a motivação para sempre tentarmos fazer o melhor e caminharmos em direção ao crescimento. Tendo em vista que além das constantes mudanças também temos uma enorme diversidade, seria certamente um erro acreditarmos que existe um máximo absoluto. O melhor processo para uma pessoa ou para um determinado grupo de pessoas com características próximas muito provavelmente não o será para outros. Isso não diminui nem aumenta a importância de alguns processos que se aplicam a pequenos grupos, pois cada grupo, independentemente do seu tamanho tem seu papel na constituição da harmonia que deve existir entre as diferenças [2,3].

Portanto, devemos ter a mesma atenção tanto na busca pela invenção de novos processos educacionais como no aperfeiçoamento dos aplicados atualmente. Esse aperfeiçoamento, e mais precisamente o aperfeiçoamento do ensino de Física para os alunos da Educação Básica, foi a motivação para realizarmos neste trabalho uma análise de um dos mais importantes projetos da educação brasileira: a Olimpíada de Física. Vários países do mundo já utilizam esta ferramenta [4-21], inclusive em

várias áreas do conhecimento. Hoje temos, por exemplo, olimpíadas de matemática, física, química, biologia, línguas, informática, astronomia, robótica, dentre outras. Essas ferramentas vêm sendo utilizadas com frequência já a mais de 50 anos [22]. Neste trabalho o objetivo central não foi investigar a eficácia de tal ferramenta, tendo em vista que caso não fosse eficaz, após mais de meio século de uso, essa prática já teria sido abandonada, mas sim, contribuir para o aperfeiçoamento dessa ferramenta na Educação Brasileira. Analisamos a eficácia do que estamos fazendo e investigamos o que pode ser melhorado.

Atualmente, os estudantes brasileiros podem participar de várias competições, algumas a nível estadual, nacional e até internacional. No segundo capítulo apresentamos e descrevemos todas estas competições. Mas o nosso objeto central é o projeto nacional mantido pela Sociedade Brasileira de Física e batizado de Olimpíada Brasileira de Física (OBF). Nosso primeiro passo foi efetuar uma análise do desempenho da OBF ao longo dos seus 18 anos de existência. Uma forma natural de se avaliar o sucesso desse processo é comparar os resultados obtidos com os resultados de outros programas similares, por isso, comparamos os resultados obtidos pelo Brasil com os resultados de outros países. Essa comparação foi possível através dos resultados das Olimpíadas Internacionais de Física (International Physics Olympiad – IPhO), cujo um dos objetivos é a comparação do Ensino de Física entre os países participantes [23]. Como está descrito em maiores detalhes no próximo capítulo, um dos objetivos da OBF é preparar os estudantes para essa competição internacional [24].

No segundo capítulo, descrevemos detalhadamente as mais importantes Olimpíadas de Física para o contexto brasileiro. Neste capítulo apresentamos a história resumida de cada olimpíada, bem como a sua estrutura. O objetivo deste capítulo é esclarecer como funcionam as olimpíadas para que sejam possíveis a comparação e a conexão entre as diversas competições existentes.

No terceiro capítulo, construímos alguns critérios para efetuarmos a análise do desempenho do Brasil. O sucesso da OBF está diretamente relacionado à melhora desse desempenho na Olimpíada Internacional. Nesse capítulo, buscamos os pontos positivos e negativos. Para isso, analisamos o desempenho nas provas teóricas, nas provas experimentais e o desempenho geral.

No quarto capítulo, fizemos um estudo para analisarmos se os pontos falhos que foram identificados na IPhO também estão presentes na OBF. Para isso analisamos o desempenho de uma escola e o comparamos com o desempenho geral de todos os participantes da última fase da OBF.

No quinto capítulo, retomamos os aspectos que podem ser aprimorados e foram indicados no capítulo 4. Apesar de sabermos que estamos analisando um sistema amplamente complexo, agravado pelas dimensões territoriais do Brasil, buscamos ser objetivos. Estes aspectos motivaram a construção do produto final deste trabalho que também é descrito nesse capítulo.

2. OLIMPÍADA DE FÍSICA

O tema central deste trabalho será a Olimpíada de Física como ferramenta no processo de ensino aprendizagem. Por isso, iremos neste capítulo descrever as principais Olimpíadas de Física que existem atualmente em relação ao contexto Brasileiro. Não necessariamente apenas as Olimpíadas que o Brasil participa, mas também olimpíadas que são referências mundiais.

Poderíamos apresentá-las na mesma sequência histórica que surgiram, mas entendemos que para uma compreensão mais objetiva das olimpíadas que serão apresentadas, será mais conveniente dividi-las em três grupos: internacionais, nacionais e estaduais. A seguir, dentro dos grupos, iremos apresentá-las na ordem histórica de criação. Na apresentação, iremos primeiramente contextualizar historicamente a criação de cada olimpíada, em seguida iremos explicar a sua estrutura e o seu regulamento.

2.1. Competições Internacionais

2.1.1. Olimpíada Internacional de Física (IPhO)

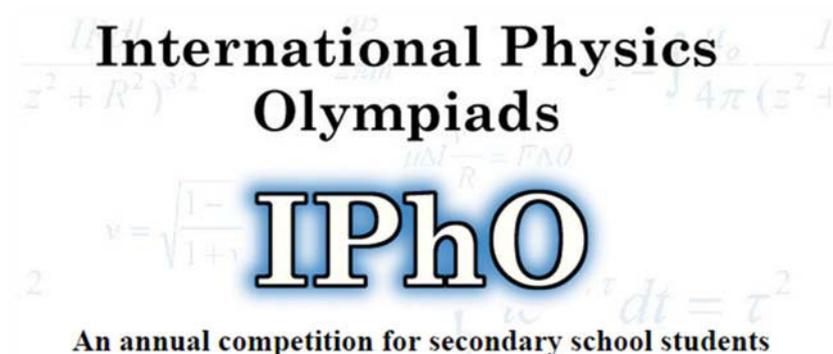


Figura 1: Logo da IPhO

Fonte: <https://www.jyu.fi/tdk/kastdk/olympiads/>

2.1.1.1. História

A Olimpíada Internacional de Física (*International Physics Olympiad*) é uma competição internacional entre estudantes do ensino médio. A sua primeira edição foi organizada em 1967, na Polônia, e desde então, a cada ano, com apenas 3 exceções,

um país diferente tem organizado uma edição. A criação da IPhO foi inspirada no sucesso da criação da Olimpíada Internacional de Matemática, que foi criada em 1959. Mas a organização da Olimpíada de Física envolvia um desafio maior que a Matemática, pois os estudantes não faziam apenas provas teóricas, mas também uma prova prática, o que aumentava significativamente os custos.

Nesta primeira IPhO foram convidados apenas os países da Europa Central, de modo que competiram cinco participantes: Polônia (organizadora), Bulgária, Tchecoslováquia, Hungria e Romênia. Cada time possuía um professor e três alunos. Esta primeira edição foi organizada utilizando os mesmos moldes da já existente Olimpíada Polonesa de Física: um dia para a prova teórica e outro dia para a prova experimental. A prova teórica tinha quatro problemas e a prova experimental um. A diferença entre a Olimpíada Polonesa e a IPhO é que no fim dos testes os estudantes não podiam ir para suas casas para aguardar o resultado. Então as provas eram corrigidas rapidamente em dois dias, e nesse tempo de espera foram feitas excursões com os alunos. No quinto dia foi realizada a cerimônia de premiação.

A segunda edição foi organizada em 1968 pela Hungria e neste ano 8 países participaram. Além dos cinco da primeira edição, ingressaram: União Soviética, Alemanha Oriental e Iugoslávia. A terceira IPhO foi organizada em 1969 pela Tchecoslováquia, e nesta edição o número de estudantes de cada time aumentou para 5. A quarta edição foi organizada pela União soviética, e similarmente ao que ocorre na Matemática, este foi o único ano em que os times tiveram 6 estudantes. No ano seguinte, a 5ª edição organizada pela Bulgária teve times com 2 professores e 5 alunos, formato que permanece até os dias de hoje. A 6ª edição foi organizada pela Romênia, e pela primeira houve a participação de um país do Oeste Europeu e de um país não europeu, França e Cuba, respectivamente.

Apesar do número de países interessados em participar da 7ª edição ter crescido e ser maior do que todos os anos anteriores, em 1973 não houve IPhO pois nenhum país teve as condições necessárias para assumir o compromisso de organizar a competição naquele ano. Então, em 1974, certamente com o receio da olimpíada perder força e deixar de existir, a Polônia tomou a iniciativa de organizar, pela segunda vez, a 7ª edição. Nesta edição, foi feito o convite e houve a participação da Alemanha Ocidental. Nesta edição ocorreram algumas mudanças no regulamento.

A primeira foi na redução de 4 para 3 problemas na prova teórica. A segunda foi na redução das línguas que seriam aceitas nas provas. Antes eram quatro: russo, inglês, alemão e francês. A partir daquele ano seriam aceitos apenas russo e inglês. A terceira mudança foi a inserção de um dia de descanso entre as duas provas para os alunos. Antes as provas teórica e experimental eram em dias consecutivos. A quarta mudança foi nos critérios de premiação. Com o número crescente de participantes e a necessidade de não se desestimular essa tendência, ficou definido que seriam estabelecidas faixas de notas para as medalhas sempre através de uma porcentagem da maior nota.

Em 1977, na Conferência dos Ministros da Educação dos Países socialistas, ficou definido que os países socialistas iriam organizar as Olimpíadas de Matemática, Física e Química a cada dois anos. O Prof. Waldemar Gorzkowski, presidente da IPhO de 1984 até 2007, comentou sobre esse fato:

“Algumas pessoas trataram esta decisão como política, visando reduzir os contatos entre alunos do Leste e do Ocidente. Este aspecto não deve ser ignorado, mas certamente a decisão foi uma consequência do número crescente de países participantes e do rápido aumento dos custos organizacionais. Independentemente de razões reais, de acordo com a interpretação comum, a decisão acima foi comumente interpretada como um convite implícito a outros países para se encarregarem das Olimpíadas científicas internacionais.” (*International Physics Competitions: International Physics Olympiads and First Step to Nobel Prize in Physics*", 1999, tradução nossa)

Esse fato explica porque não houve competição nos anos de 1978 e 1980. Não havia países não socialistas aptos a organizar as Olimpíadas nesses anos, pelo menos não em tão pouco tempo, uma vez que a decisão dos socialistas havia sido tomada em 1977. Assim, a primeira IPhO organizada por um país não socialista foi a de 1982 quando a Alemanha Ocidental realizou a 13ª edição. Nesta edição as provas experimentais passaram a ter 2 problemas, como ocorre até hoje.

Até 1999, os estudantes com pelo menos 90% da maior nota eram premiados com medalha de ouro. Os estudantes que obtivessem nota maior ou igual a 78% e menor que 90% eram agraciados com medalha de prata. Se a nota estivesse entre 65% e 78% seria medalha de bronze. E, caso o competidor tivesse uma nota

maior ou igual a 50% e menor que 65% da maior nota, seria premiado com uma menção honrosa. Entretanto, neste ano, houve uma mudança no regulamento, as faixas das medalhas passaram a ser estabelecidas como porcentagem do total de estudantes, de modo que sempre tivéssemos o mesmo percentual de medalhas em relação ao total de participantes. Isso foi necessário devido ao crescente número de participantes e à grande evolução na dificuldade das provas. Essa forma de premiação é a que ainda é feita nos dias de hoje e será detalhada em breve.

Assim, ao longo desses anos a IPhO passou por diversas mudanças. O programa de assuntos abordados nos testes evoluiu assim como o nível de dificuldade dos problemas. A cada ano, um país tem sediado sem grandes dificuldades. Em 2003, a IPhO que sempre ocorre no mês de julho, foi realizada em agosto, pois a Ásia estava sofrendo com uma epidemia chamada de SARS (síndrome respiratória aguda severa) [26,27]. Neste ano, a olimpíada chegou a ser cancelada, mas em meados de maio a Organização Mundial da Saúde declarou a epidemia como controlada, e a realização foi confirmada em agosto daquele ano em Taiwan. Em 2011, a Geórgia, que seria o país sede, desistiu de organizar a edição daquele ano por motivos financeiros. Então, brilhantemente apesar do pouco tempo, a Tailândia organizou a 42ª edição.

2.1.1.2. Estrutura

A Olimpíada Internacional de Física é uma competição entre alunos do ensino médio ou que ainda não ingressaram em nenhuma instituição de ensino superior. Cada país pode enviar uma única equipe que pode ser composta de, no máximo, cinco alunos (competidores). O limite para professores não é expressamente definido, mas apenas dois podem participar com o status de líderes. Os demais participam como observadores. A diferença básica é que para viabilizar o equilíbrio das discussões, apenas os líderes têm voz, e, portanto, somente eles podem emitir publicamente as opiniões do país. Os professores observadores têm livre acesso para participar de todas as atividades.

Para a participação dos alunos, há dois requisitos: o primeiro é ter no máximo 20 anos, e o segundo é não ter ingressado em nenhuma instituição de ensino

superior. Na prática, eles podem até já ter se matriculado, mas o critério adotado é que não podem ter começado a frequentar as aulas.

2.1.1.3. Provas

São realizadas duas provas: uma experimental e uma teórica, ambas com duração de 5 horas. A prova experimental é formada por duas questões que podem ou não utilizar o mesmo equipamento experimental. Mas geralmente são equipamentos distintos. A prova teórica é formada por três questões. Cada questão tem o valor de 10 pontos. Por isso a prova teórica vale no máximo 30 pontos e a experimental 20 pontos. As questões são compostas de vários itens que, em linhas gerais, devem guiar o caminho a ser seguido para resolver um problema complexo.

As perguntas ao longo da questão devem ser sempre objetivas de modo que possam ser respondidas em linguagem matemática ou através de esquemas e gráficos. Isso viabiliza o trabalho dos corretores da organização. Os alunos devem necessariamente receber a prova em sua língua nativa, pois a IPhO é uma competição de Física e não uma competição de língua estrangeira. É obrigação dos professores de cada time realizar esta tradução. Deve sempre existir um dia de intervalo entre as provas.

Além disso, é possível que a prova experimental seja realizada em dois horários para aproveitar o mesmo equipamento experimental. Isso ocorre devido ao alto custo destes equipamentos. Assim, os alunos são divididos em dois grupos. O primeiro faz a prova pela manhã enquanto que o segundo está participando de alguma outra atividade. Daí, de tarde os papéis são invertidos, e são tomadas grandes precauções para que os grupos não tenham contato entre si.

A correção das provas é feita pelos corretores oficiais do comitê organizador e, paralelamente, cada grupo de professores corrige as provas dos seus respectivos alunos. É marcado um horário para a troca das notas e posteriormente há um horário reservado para a moderação, onde os líderes irão ponderar o aumento de notas que julgarem necessário. Sempre há um rigoroso esquema de correção que é aprovado logo após a aprovação da resolução de cada questão. Essas aprovações são feitas sempre pela maioria dos líderes, que formam o comitê internacional. Pelo

regulamento, o comitê internacional, que é formado por dois representantes de cada um dos países, é absoluto e soberano nas decisões [23].

Os custos com alimentação, hospedagem e transportes desde a chegada até a partida são de responsabilidade do país sede. Mas há uma taxa voluntária que geralmente é de 500 dólares por pessoa que foi estipulada para ajudar a amenizar os altos custos.

2.1.1.4. Cronograma

O regulamento recomenda que a olimpíada seja realizada em 10 dias, incluindo um dia apenas para a chegada e outro dia apenas para a partida [23]. Mas devido aos altos custos, muitas vezes ela é realizada em 9 dias. Geralmente inicia-se em um domingo (1º dia) com a chegada das delegações. Na manhã da segunda-feira (2º dia) ocorre a cerimônia de abertura para todos: alunos e professores. Então na tarde desse dia os alunos partem para alguma excursão e os professores iniciam os trabalhos com a discussão e tradução das provas experimentais. A partir daí os alunos são isolados até o fim das duas provas. Nessa tarde, os professores fazem vários ajustes nas provas.

Cada país tem o direito de propor mudanças nas provas, mas elas precisam ser aceitas pela maioria. Em cada proposição é aberta uma votação. Geralmente os problemas são apresentados um a um. Após finalizar a apresentação, o elaborador solicita a aprovação da questão, caso ela seja aprovada, inicia-se o processo das discussões. Caso a questão seja rejeitada, inicia-se a apresentação da próxima questão. Mas como sempre existe apenas uma questão extra para cada prova, o Comitê Internacional pode rejeitar apenas uma questão de cada prova. Caso não haja nenhuma rejeição, os problemas reservas não precisam ser divulgados.

Na terça-feira (3º dia), os alunos fazem a prova experimental e os professores possuem um dia de descanso. Na quarta-feira (4º dia), os alunos participam de alguma excursão e os professores participam da discussão e tradução da prova teórica. O procedimento é muito parecido com o da prova experimental. As questões são primeiramente apresentadas, depois é posta em votação a sua aprovação. Caso seja rejeitada, é apresentada a próxima questão e não pode mais haver rejeição, ou seja, as próximas questões estarão automaticamente aprovadas.

Caso seja aprovada, inicia-se o processo de discussões e aprimoramento das questões.

Na quinta-feira (5º dia), os professores têm o dia de descanso e os alunos realizam a prova teórica. Após a prova teórica os alunos voltam a poder se comunicar com parentes e professores. Na sexta-feira (6º dia), os professores recebem as provas para serem corrigidas e os alunos participam de alguma excursão. No sábado (7º dia) os professores participam da moderação e os alunos novamente participam de excursões. Na manhã do Domingo (8º dia), os professores se reúnem para que seja aprovado o resultado final, e nesse mesmo dia todos participam da cerimônia de premiação e encerramento. Na 2ª feira (9º dia), as delegações partem.

2.1.1.5. Premiação

A premiação é feita com base no número total de participantes. Primeiramente é definida a nota mínima para as medalhas de ouro de modo que os 8% melhores estudantes sejam premiados com medalha de ouro. Depois define-se o corte da prata de modo que os melhores 25% sejam ouro ou prata. De modo análogo, os 50% melhores deverão ser ouro, prata ou bronze. Por fim, os 67% melhores estudantes deverão ser ouro, prata, bronze ou menção honrosa.

Parafraçando o regulamento: os 8% primeiros serão ouro, os 17% seguintes serão prata, os 25% seguintes serão medalha de bronze e os 17% seguintes serão menção honrosa. Assim, boa parte dos estudantes são premiados. Mas é importante lembrar que, conforme descrito na história na IPhO, nem sempre foi dessa forma.

A IPhO faz muita questão de enfatizar que, essencialmente, ela é uma competição entre estudantes, e não entre países. A competição entre os países não é incentivada, e até mesmo por isso não é estabelecido nenhum critério oficial de classificação entre os países. Há um grande esforço para manter um clima de confraternização entre os professores. Além disso, é estimulada a troca de experiências entre os professores para que todos retornem com novas ideias para melhorar a educação em seus países.

O desempenho e as participações do Brasil na IPhO serão detalhados e analisados no próximo capítulo.

2.1.2. Olimpíada Ibero-americana de Física (OibF)



Figura 2: Logo da Olimpíada Ibero-americana de Física

Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/~oibf/>

2.1.2.1. História

A Olimpíada Ibero-americana de Física é uma competição internacional entre alunos do ensino médio, ou nível equivalente. A sua primeira edição foi organizada pela Colômbia em 1991. A Colômbia começou a participar da IPhO em 1988, e certamente essa participação inspirou a iniciativa de criar a OibF. Reparemos que o Brasil iniciou a sua participação nas competições internacionais (IPhO e OibF) apenas em 2000. Infelizmente nos anos seguintes nenhum país reuniu as condições necessárias para organizar a Olimpíada e por cinco anos o espírito olímpico da OibF esteve adormecido. Assim, a 2ª edição da OibF foi organizada pelo México apenas em 1997. Desde então ela tem ocorrido anualmente sem exceção, sendo organizada pelos seguintes países: Venezuela (1998), Costa Rica (1999), Espanha (2000), Bolívia (2001), Guatemala (2002), Cuba (2003), Brasil (2004), Uruguai (2005), Portugal (2006), Argentina (2007), México (2008), Chile (2009), Panamá (2010), Equador (2011), Espanha (2012), República Dominicana (2013), Paraguai (2014), Bolívia (2015), Uruguai (2016) e Colômbia (2017).

Os participantes são os países latino-americanos mais Portugal e Espanha, totalizando 21 países [28]. Além desses, nos últimos anos Porto Rico tem participado como país convidado. A ideia central da OibF é reunir todos os países que tenham Português ou Espanhol como língua oficial. Porto Rico foi durante aproximadamente quatro séculos uma colônia espanhola, mas desde 1898 está sob o domínio dos

Estados Unidos, e por isso hoje ela possui duas línguas oficiais: espanhol e inglês. A mais falada pela população é o espanhol. Por isso, apesar dos porto-riquenhos serem cidadãos americanos, eles participam da olimpíada ibero-americana.

2.1.2.2. Estrutura

A Olimpíada ibero-americana de Física é uma competição entre estudantes de países membros da Organização dos Estados Ibero-americanos para Educação, Ciência e Cultura, ou seja, países latino-americanos mais Portugal e Espanha. Estimular e promover o estudo de Física é umas das principais bandeiras levantadas pela OIbF. Estimular a realização e manutenção de competições nacionais também é um dos objetivos da OIbF. Os custos com hospedagem, alimentação e transporte desde a chegada até a partida de todos os professores delegados e alunos é responsabilidade do país sede durante todos os dias oficiais de realização da olimpíada. O traslado até o país sede é responsabilidade de cada delegação individualmente.

Cada equipe é formada por, no máximo, quatro estudantes e por pelo menos um professor. Cada equipe pode enviar até dois professores com o status de professor delegado e mais quantos professores desejar com o status de professor observador. Os delegados integrarão o júri internacional e terão direito a voto nas decisões. Os observadores têm direito a se manifestar, mas não podem votar durante as decisões. Para participar, os alunos:

- Não podem ter completado 18 anos no ano anterior a realização da olimpíada;
- Não podem ser estudantes universitários no dia do encerramento das inscrições na olimpíada;
- Não podem ter participado da IPhO;
- Não pode ter participado mais de uma vez da OIbF.

2.1.2.3. Provas

São realizadas duas provas: uma teórica e uma experimental. Estas seguem, em parte, o padrão da IPhO, pois a teórica tem três questões e a experimental duas. A prova teórica vale 30 pontos e a prova experimental 20 pontos. Mas em linhas gerais os problemas costumam ter um nível de dificuldade menor que o da IPhO. O tempo de realização de cada prova é de 5 horas. As provas são realizadas em dias consecutivos e são disponibilizadas na língua nativa de cada aluno.

A correção é realizada pelos próprios professores delegados. São criados vários grupos de dois ou três professores. Cada questão é corrigida independentemente por dois grupos, e no fim os grupos comparam as notas. Havendo divergência nas notas atribuídas, eles discutem e chegam em um consenso. Cada grupo corrige apenas uma questão, mas de todos os alunos. Geralmente não existe um esquema de correção preciso como na IPhO, então após definido os grupos e atribuídas as questões, os grupos combinam os critérios que irão utilizar na correção. As provas são identificadas com códigos de modo que os corretores não saibam quem são os autores de cada prova.

2.1.2.4. Cronograma

O regulamento não indica em quantos dias a olimpíada deve ocorrer, mas historicamente ela é organizada em sete dias. O primeiro dia, que geralmente é um domingo, é reservado para a chegada das delegações. No segundo dia, durante a manhã todos participam da cerimônia de abertura. Durante a tarde os professores fazem a discussão da prova experimental. Geralmente a versão oficial da prova é disponibilizada em espanhol, e apenas os países de língua portuguesa fazem a tradução. Nessa mesma tarde os alunos participam de alguma atividade recreativa ou de alguma excursão.

No terceiro dia os professores fazem a discussão da prova teórica e os alunos fazem a prova experimental. No quarto dia, os professores iniciam a correção das provas teóricas, e os alunos fazem a prova experimental. No quinto dia, os alunos participam de algum passeio e os professores continuam a correção das provas. No fim deste dia, após finalizada a correção, há uma assembleia do Júri Internacional

composto pelos delegados de todos os países, onde serão definidos e aprovados os cortes das medalhas.

No sexto dia, os professores e alunos participam de passeios e atividades recreativas durante o dia. Na noite deste dia é realizada a cerimônia de encerramento e premiação. No sétimo dia ocorre a partida das delegações.

2.1.2.5. Premiação

O regulamento define que os melhores 8% do total de alunos serão premiados com medalhas de ouro. Os melhores 14% seguintes com prata, depois teremos 20% com bronze e 24% com menção honrosa. Assim, 64% dos participantes serão premiados. Ao estabelecer o número de estudantes que serão medalhistas de ouro, por exemplo, caso esse número não seja inteiro, será arredondado para cima, ou seja, será considerado o próximo inteiro. Dessa forma será definida a nota de corte da última medalha de ouro. Caso haja alunos com notas muito próximas, o Júri internacional pode autorizar a mudança desta nota de corte em até 0,5 ponto. E o mesmo ocorre de forma análoga para as outras premiações. Nesse processo, os nomes dos alunos ainda não são revelados e as notas são apresentadas de modo que não se sabe de quem são. Os nomes dos premiados só são relevados na cerimônia final quando todos tomam conhecimento.

2.1.2.6. Desempenho do Brasil

O Brasil, desde a sua primeira participação, sempre teve ótimos resultados. O melhor resultado foi obtido em 2010, quando os 4 alunos brasileiros ganharam medalhas de ouro. Não há dúvidas de que o Brasil é uma das grandes potências na OIBF. Os brasileiros são criativamente chamados pelos outros países participantes da OIBF como "*los chinos de América*". Referência ao excelente desempenho que a China tem atualmente na IPhO, onde costumeiramente todos os seus alunos são medalhistas de ouro.

Além disso, atualmente, o Brasil é disparadamente o país ibero-americano com melhores resultados na IPhO, pois tem a maior quantidade de medalhas de ouro, prata e bronze. Estes resultados serão analisados mais detalhadamente no próximo capítulo, mas já adiantamos que entre os países ibero-americanos o Brasil é o único a ter conquistado medalha de ouro na IPhO, sendo três no total, apesar de ser entre

os atuais participantes ibero-americanos o último a iniciar. Além de ser o país com o maior número de medalhas de prata na IPhO, 5 no total. Enquanto o número de medalhas de prata na IPhO da Espanha são 4, de Cuba são 3, de Portugal e Colômbia apenas 1.

Os resultados do Brasil na OlbF desde a sua primeira participação estão na Tabela 1: Resultados do Brasil na OlbF e no Gráfico 1: Quantidades de Medalhas do Brasil na OlbF.

Tabela 1: Resultados do Brasil na OlbF

OlbF	Ouro	Prata	Bronze	Menção Honrosa
2000				3
2001	2	1	1	
2002	1		2	
2003			2	1
2004	2	1	1	
2005	2	1	1	
2006	1	1	1	1
2007	2	1	1	
2008	3	1		
2009	1	3		
2010	4			
2011	2	1	1	
2012	2	1	1	
2013	2	2		
2014			4	
2015	1	1	2	
2016	2	2		
Total	27	16	17	5

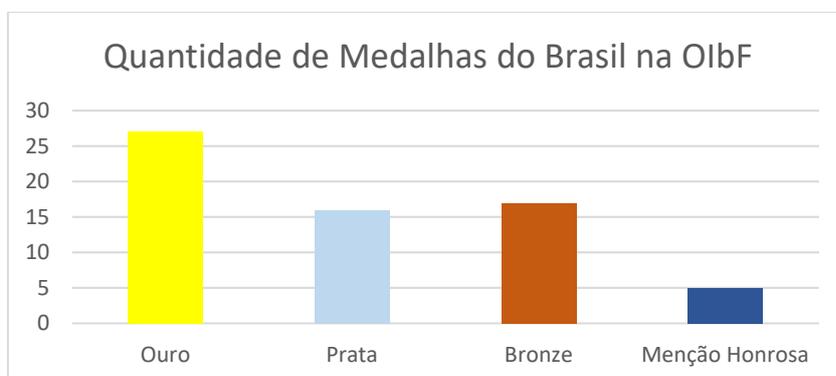


Gráfico 1: Quantidades de Medalhas do Brasil na OlbF

Assim, podemos perceber que o Brasil em suas 17 participações obteve 27 das 68 possíveis medalhas de ouro, o que representa um excelente percentual de 40%. Acreditamos que este resultado poderia ser bem melhor se o nível de dificuldade da OIbF fosse mais próximo do nível da IPhO. Nesta competição, a diferença de pontos entre os ouros e as pratas costuma ser bem pequena, e quanto menor o nível de dificuldade da prova, maiores são as notas e menores são as diferenças entre os primeiros colocados. Assim, podemos afirmar que pequenos erros têm grandes reflexos na classificação. Por exemplo, em 2014 o Brasil teve um aluno que foi a melhor prova Teórica com nota máxima, mas, apesar disso, foi apenas medalhista de bronze.

2.1.3. Asian Physics Olympiad (APhO)



Figura 3: Logo da APhO 2016

Fonte: <http://apho2016.ust.hk/index.php>

2.1.3.1. História

Após a criação da Olimpíada Ibero-americana de Física, alguns professores da Ásia se motivaram a criar também uma olimpíada Regional para os países do Oriente. Assim, em 2000, o prof. Dr. Yohanes Surya com a ajuda do então presidente da IPhO, Prof. Waldemar Gorzkowski, organizou a primeira edição da APhO. Esta primeira edição teve a participação de 12 países, e atualmente tem a participação de 27 da Ásia e Oceania. A Rússia e a Romênia participam como convidadas. Desde então a APhO tem ocorrido todos os anos sem exceção.

Apesar do Brasil não participar da APhO, esta é uma olimpíada muito importante mundialmente pois é a que mais se aproxima da IPhO em termos de dificuldade, chegando por vezes a ser mais difícil. Assim, suas provas antigas são um importante material de estudos para todos, inclusive para os estudantes brasileiros.

2.1.3.2. Estrutura

A APhO foi criada a imagem e semelhança da IPhO, tanto que o presidente da IPhO e sua equipe participaram ativamente da organização da primeira APhO. As maiores diferenças são no critério de premiação e no número de estudantes de cada país, que são 8 e não 5 como na IPhO. Assim, cada equipe pode ter até 8 estudantes e 2 professores líderes. Também é permitido o envio de professores com o status de observador. A língua oficial de trabalho é o inglês, mas é responsabilidade dos professores traduzir as provas para as suas línguas nativas.

Os alunos não podem ter mais de 20 anos no dia 30 de junho do ano da competição, e ainda não podem ser estudantes universitários. A APhO declara ter os seguintes objetivos:

- Contribuir para a preparação dos estudantes asiáticos para IPhO;
- Construir uma rede de contatos entre os professores para futuros projetos colaborativos no ensino de Física, como por exemplo a criação de competições nacionais em seus países;
- Incentivar países asiáticos a participarem de mais competições internacionais de Física.

2.1.3.3. Provas

A competição é realizada em dois dias, um para a prova teórica e outro para a prova experimental. Deve haver pelo menos um dia de descanso entre estes dois dias. O tempo atribuído para a resolução dos problemas deve ser normalmente de cinco horas. Deve haver três problemas teóricos, e um ou dois problemas experimentais. A prova teórica vale 30 pontos e a experimental 20 pontos.

Os problemas precisam abordar apenas os assuntos vistos no ensino médio, e precisam ser solucionados prioritariamente com a matemática do ensino médio, sem extensos usos de cálculo numérico.

2.1.3.4. Cronograma

Como foi dito no início, a APhO foi criada seguindo os mesmos moldes da IPhO, com pequenas adaptações. Por isso, o cronograma segue exatamente o mesmo padrão.

2.1.3.5. Premiação

A distribuição das medalhas não é exatamente baseada no número total de participantes, pois foi criado um mecanismo que garante que pelo menos metade dos participantes serão premiados. As pontuações são normalizadas de modo que o menor número entre a médias das três maiores notas e o dobro da mediana é considerada como 100%. Assim, os estudantes que tiverem uma pontuação maior ou igual a 90% serão premiados com o primeiro prêmio (medalha de ouro). Os alunos que tiverem uma pontuação maior ou igual a 78% e menor que 90% serão agraciados com o segundo prêmio (medalha de prata). Os competidores que tiverem pontuação maior ou igual a 65% e menor que 78% ganharão o terceiro prêmio (medalha de bronze). E, por fim, os alunos que tiverem pontuação de pelo menos 50% e menor que 65% receberão menção honrosa.

2.1.4. Romanian Master of Physics (RMPH)



Romanian Master of Physics
6th Edition, 6-10 March 2017, Bucharest

Figura 4: Logo da Romanian Master of Physics 2017

Fonte: <http://rmph.lbi.ro/2017/index.php?id=home>

2.1.4.1. História

A Romênia é um país que tem uma enorme tradição em todas as olimpíadas Científicas. Ela é uma das poucas nações que participaram de todas as edições da IPhO, sempre com excelentes resultados. Assim, ela criou uma olimpíada

que não parece ter aspirações de ser muito grande, pois não é aberta e apenas convidados podem participar. A ideia foi criar uma competição do mais alto nível, com problemas mais difíceis até que os da IPhO. Ela sempre ocorre na Capital da Romênia: Bucareste. A primeira edição ocorreu em 2010. A segunda edição ocorreu em 2012. A terceira edição em 2013. A quarta edição em 2014. Em 2015 não houve competição. Mas em 2016 ocorreu a quinta edição, e neste ano o Brasil teve a honra de poder participar com um time de três alunos, e uma honra ainda maior de ter sido agraciado com três medalhas de prata. Em 2017, foi organizada a 6ª edição e novamente o Brasil participou, tendo outro excelente resultado: 5 premiados com medalha de bronze.

2.1.4.2. Estrutura

Podem participar apenas países convidados, tendo em vista que a ideia central é organizar uma competição com um nível de dificuldade ainda maior do que o da IPhO. O formato dos times segue o mesmo padrão da IPhO, com 5 alunos e 2 professores, bem como os requisitos para a participação dos alunos. As provas são corrigidas por corretores oficiais da organização da Olimpíada, e paralelamente pelos professores de cada time. Depois há um momento destinado para a moderação, onde os professores podem pleitear as mudanças que julgarem plausíveis. A principal diferença é que não há um momento para a discussão das provas, elas são disponibilizadas para os líderes em sua versão final em inglês para que apenas seja feita a tradução para a língua nativa de cada time.

2.1.4.3. Provas

As provas seguem um padrão muito parecido com o da IPhO, com uma prova teórica de três questões e uma prova experimental de duas questões. Cada questão tem uma pontuação de 10 pontos. Ressalta-se que, via de regra, o nível de dificuldade é maior do que o da IPhO, tanto nos aspectos de conceitos físicos quanto nos aspectos matemáticos.

2.1.4.4. Cronograma

Esta competição é um pouco mais curta do que a IPhO e do que a APhO, sendo geralmente realizada em seis dias. Isso é possível pois não há discussão das provas, nem há um dia de descanso para os alunos entre as provas. Por isso o cronograma é mais apertado.

O primeiro dia é reservado apenas para a chegada. No segundo dia, há a cerimônia de abertura para todos. Logo após, os alunos estão livres para participar de algum passeio acompanhados dos guias, e os professores realizam a tradução da prova teórica. No terceiro dia, os alunos fazem a prova teórica e os professores a tradução da prova experimental.

No quarto dia, os alunos fazem a prova experimental, e os professores fazem a moderação das provas teóricas. No quinto dia, os alunos participam de algum passeio durante o dia, os professores participam da moderação da prova experimental. Neste mesmo dia as notas finais são aprovadas de modo que, de noite, ocorre a cerimônia de premiação e encerramento. No sexto dia ocorre a partida.

2.1.4.5. Premiação

O regulamento não especifica como serão atribuídas as premiações, mas pelo programa, sabemos que há uma reunião após a moderação para aprovar as premiações. Pelos resultados podemos perceber que aqueles alunos que obtiveram, aproximadamente, pelo menos 90% da maior nota receberam medalha de ouro. Os alunos que tiveram uma nota de pelo menos 75% da maior nota e menos que 90% receberam medalha de prata. Os alunos que obtiveram pelo menos 40% da maior nota receberam medalha de bronze, e os demais receberam menção honrosa.

2.1.5. European Physics Olympiad (EuPhO)



Figura 5: Logo da Primeira EuPhO – 2017

Fonte: <http://eupho.ut.ee/>

2.1.5.1. História

A primeira EuPhO ocorreu no final de maio de 2017. Motivada pelo sucesso da OIBF e da APhO, ela é uma iniciativa de sete professores que tem uma vasta experiência nas Olimpíadas de Física. O Grande idealizador é o prof. Jaan Kalda, da Estônia, e os demais professores estão listados no site da olimpíada [29].

O Brasil teve a honra de participar como convidado da primeira EuPhO, assim como Cingapura. Participaram 21 países e 91 estudantes. O Brasil teve um excelente resultado ao conquistar 1 medalha de ouro, 2 de prata e 2 de bronze.

2.1.5.2. Estrutura

As equipes serão formadas por um líder e 5 estudantes, onde também é permitida a participação de mais professores com o status de observadores. A ideia central também é ajudar na preparação para a IPhO. Os alunos não podem ser universitários e precisam ter menos de 21 anos no dia 30 de junho do ano da realização da Olimpíada.

Não haverá discussão da prova teórica, e será responsabilidade do comitê acadêmico garantir a qualidade dos problemas. Além disso, a moderação que existe

na IPhO será substituída pelo que foi definido por apelação: os estudantes que deverão fazer os pedidos de ajustes nas notas. Os professores estarão presentes e poderão ajudar na tradução, se necessário.

Os custos, desde a chegada até a partida no país sede, com transporte, com alimentação e com hospedagem serão responsabilidade da organização. Porém haverá uma taxa obrigatória de 250 euros por estudante e por líder. Os outros professores pagarão uma taxa de 350 euros.

2.1.5.3. Provas

As provas serão realizadas em dias consecutivos. A primeira será uma prova teórica com duração de 5 horas e composta de três problemas, em que cada um vale 10 pontos. Haverá um problema muito difícil, um problema mediano e um problema fácil.

A segunda prova será o teste experimental que também terá duração de 5 horas e que terá uma pontuação máxima de 20 pontos. Podem haver um ou dois equipamentos, o que significa que a prova experimental pode ter um ou dois problemas.

2.1.5.4. Cronograma

A olimpíada será realizada em apenas 5 dias. Acreditamos que como foi uma primeira edição, não houve tempo hábil para arrecadar muitos recursos, então quanto menor os custos, maiores serão as chances desta olimpíada se perenizar.

No primeiro dia, ocorre a chegada e na mesma noite já ocorre a cerimônia de abertura. No segundo dia, os professores fazem pela manhã a tradução da prova experimental. Os alunos podem descansar pela manhã pois fazem a prova experimental na tarde deste dia. O terceiro dia é parecido com o anterior, só que tem a prova teórica, com tradução pelos professores de manhã e aplicação aos alunos de tarde. A ideia é que a tradução termine bem próximo do início da aplicação para garantir que os alunos não terão contato com a prova. No quarto dia ocorre a

apelação. No quinto dia, ocorre a cerimônia de encerramento de manhã e, em seguida, a partida das delegações.

2.1.5.5. Premiação

Os critérios para a distribuição de medalha são parecidos com os da IPhO. Pelo menos 8% dos estudantes receberão medalha de ouro. Pelo menos 25% receberão ouro ou prata. Pelo menos 50% dos estudantes receberão ouro, prata ou bronze. Ou seja, deveremos ter os 8% primeiros com ouro, os 17% seguintes com prata e os 25% seguintes com bronze. Esta olimpíada não premia com menções honrosas.

2.2. Competições Nacionais

2.2.1. Olimpíada Brasileira de Física (OBF)



Figura 6: Logo da OBF

Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/v1/olimpiada/2017/>

2.2.1.1. História

A primeira edição nacional da Olimpíada Brasileira de Física foi organizada em 1999 pela Sociedade Brasileira de Física. No site da edição deste ano da OBF há o seguinte relato:

“As primeiras olimpíadas de física do Brasil ocorreram no Estado de São Paulo entre 1985 e 1987, com cerca de 100 participantes por ano. Organizadas pelo professor Shigueo Watanabe, então diretor executivo da Academia de Ciências do Estado de São Paulo (ACIESP), foram interrompidas por falta de recursos até 1995, quando o Instituto de Física de São Carlos (CDCC-USP), com apoio de algumas instituições, retomou a organização do evento no Estado.

Em 1998, a Sociedade Brasileira de Física passou a realizar o evento e em 1999 com o apoio de patrocinadores foi organizada a primeira Olimpíada com caráter nacional passando a se chamar Olimpíada Brasileira de Física (OBF). No ano de 1999 participaram da OBF 18 estados brasileiros e um total de 13 mil estudantes na primeira fase. “

Fonte: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/olimpiadas/obf1999/main.htm>

O ano de 1999 foi o único em que ocorreram apenas 2 fases. A 1ª fase foi realizada nos estados, e as provas foram corrigidas por comissões estaduais. Para a 2ª fase foram promovidos pelo menos os 100 melhores de cada série de modo que seria garantido que cada estado tivesse pelo menos um representante em cada série. As provas da 2ª Fase foram corrigidas por um único grupo de corretores designados pela SBF.

Neste mesmo ano foi iniciado o primeiro processo seletivo para os representantes brasileiros nas Olimpíadas Internacionais de Física (IPhO e OIbF) de 2000. Como não houve OBF em 1998, 48 alunos foram convidados pelos bons desempenhos em competições estaduais a participar dessa primeira fase do processo que ocorreu em um curso chamado de 1ª Escola Preparatória da OBF, durante 8 dias em São José dos Campos. Ao fim desse curso, que foi o primeiro e último, foram selecionados 14 alunos para participarem da seleção final dos 5 representantes da IPhO e 4 da Ibero que ocorreu no mês de março de 2000.

A OBF 1999 também selecionou os primeiros 40 alunos da 1ª série para compor um grupo chamado de pré-classificados para as Olimpíadas Internacionais de 2001. Estes alunos deveriam então se preparar, pois realizariam os exames de seleção final no começo de 2001.

A segunda edição da OBF foi realizada em 2000, já com três fases, da mesma forma que permanece até hoje. Este formato será detalhado no próximo tópico que tratará da estrutura da OBF. Nestas primeiras edições participaram alunos da 1ª, 2ª e 3ª série do ensino médio. As provas da 2ª e 3ª fases das duas primeiras séries eram iguais, mas os alunos deveriam escolher livremente apenas metade das 16 questões para resolver. Este estilo foi adotado para minimizar as diferenças programáticas que haviam entre as séries e entre as diferentes regiões do país.

Em 2006, foi iniciada experimentalmente a participação dos alunos da 8ª série do ensino fundamental (hoje chamado de 9º ano), mas apenas nos estados de SP e GO. Com o sucesso dessa experiência, em 2007, tivemos a primeira participação nacional dos alunos do 9º ano do ensino fundamental na OBF. Nesse ano, além dos 40 melhores alunos da 1ª série do ensino médio, também foram selecionados os 20 melhores alunos do 9º ano do ensino fundamental para compor o grupo dos pré-classificados para as Olimpíadas Internacionais de Física (OIF) de 2009.

Até 2005, os alunos pré-classificados na OBF de 2003 realizaram apenas provas finais no começo do ano em que participariam das OIF. Mas ainda em 2006 houve uma mudança: os alunos pré-classificados pela OBF de 2004 fizeram duas provas intermediárias em 2005. A primeira foi no meio, e a segunda no fim de 2005. Então, separou-se os 12 melhores para fazerem os testes finais no começo de 2006. Estes testes finais foram realizados em cada estado, da mesma forma que foram aplicados nos anos anteriores aos 40 alunos pré-classificados da época.

Em 2008, houve outra alteração: a fase final deixou de ocorrer nos estados dos respectivos alunos e passou a ser realizada na USP de São Carlos. Além disso, pela primeira vez, além das duas provas teóricas que sempre existiram, foi feita uma prova experimental. Esta mudança permanece até os dias de hoje.

Em 2012, pela primeira vez os alunos do 8º ano do ensino fundamental participaram da OBF. Diferentemente do que ocorreu com o 9º ano, não foi feito primeiro uma participação experimental e reduzida. A participação neste ano já ocorreu em amplitude nacional.

2.2.1.2. Estrutura

Desde a sua primeira edição o regulamento da OBF define como objetivos centrais [24]:

- Despertar e estimular o interesse pela Física;
- Proporcionar desafios aos estudantes;
- Aproximar a universidade do Ensino Médio;
- Identificar os estudantes talentosos em Física, preparando-os para as olimpíadas internacionais e estimulando-os a seguir carreiras científico-tecnológicas.

A OBF é realizada em três fases. A primeira é realizada nas escolas. A segunda e a terceira são realizadas em polos estaduais. A correção da primeira prova, que é completamente de múltipla escolha, é feita nas escolas. O gabarito oficial é sempre divulgado após a prova e a escola tem alguns dias para enviar as notas de todos os alunos que fizeram a 1ª fase.

Então, é estabelecida a nota de corte para a 2ª Fase. Os alunos com nota superior ou igual ao corte são aprovados e podem fazer a segunda fase que geralmente ocorre em um único polo na região. Estados maiores, como São Paulo, possuem mais de um local de prova. Entretanto, estados menores costumam ter apenas um local. Os coordenadores estaduais são responsáveis pela aplicação e correção das provas da 2ª fase.

Após os coordenadores estaduais enviarem as notas da 2ª Fase, é estabelecido o corte mínimo para aprovação para a 3ª fase. Esse corte depende apenas da nota na 2ª fase, pois ao avançar de fase as pontuações são zeradas. A aplicação desta última fase também é responsabilidade do coordenador estadual, mas não a correção. As provas são enviadas para o coordenador nacional que será o responsável pela correção unificada de todos os participantes da 3ª fase. De modo análogo ao que ocorre da 1ª para 2ª fase, as notas são zeradas no início da 3ª fase de modo que para a classificação final só importará os resultados da 3ª e última fase da OBF.

São selecionados os 40 melhores estudantes da 1ª série (ano 1) e os 20 melhores estudantes do 9º ano (ano 1) para compor o grupo de pré-classificados para as OIF. Também são selecionados para compor o grupo de pré-classificados os melhores 10 alunos da 1ª série do Ensino Médio na Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas (OBFEP). Assim, teremos 50 alunos da 1ª série e 20 alunos do 9º ano. Este grupo fará duas provas seletivas no ano seguinte (ano 2). A primeira geralmente ocorre perto da metade do ano e 2ª prova é realizada geralmente no meio de dezembro (do ano 2). Assim, os alunos são reclassificados pela média aritmética dessas duas provas e da terceira fase da OBF desse último ano (ano 2). Com essa nova classificação, pelo menos 12 alunos do grupo que deve estar na 2ª série (ano 2) e pelo menos 2 alunos que devem estar na 1ª série (ano 2) serão convidados a participar da fase final que irá definir os representantes brasileiros na IPhO e na OIBF no ano seguinte (ano 3).

Além desses alunos que citamos, os melhores 10 alunos da OBF da 2ª série (ano 2) que ainda não estiverem pré-classificados podem participar do processo que é chamado de repescagem. Dessa repescagem, também podem participar, excepcionalmente como convidados, alunos que ainda estiverem na 1ª série (ano 2).

Eles fazem a última seletiva que é realizada em dezembro. Desse grupo da repescagem são selecionados pelo menos 2 alunos para a fase final. Essa seleção é feita pela média aritmética da 3ª fase (ano 2) e a segunda seletiva (ano 2).

A fase final geralmente ocorre em meados de março do ano em que o grupo que foi selecionado na 1ª série (ano 1) estiver cursando a 3ª série (ano 3). Esta fase final, desde o ano de 2008, passou a ser aplicada em um único local. Ela ocorreu na USP de São Carlos entre os anos de 2008 e 2014. Desde 2015 ela foi transferida para a USP de São Paulo. São aplicadas duas provas teóricas e uma prova experimental.

Nesta última fase, todos os alunos, independentemente da série, serão classificados em uma única relação. Como as médias do ano anterior que os levaram para a fase final tinham algumas diferenças, ao chegar na fase final as notas são zeradas, de modo que apenas as provas que serão realizadas irão compor a nova média que será utilizada para classificar os alunos para as OIF.

2.2.1.3. Provas

A Primeira Fase é composta de provas teóricas, com questões apenas de múltipla escolha. O 8º ano e o 9º ano do ensino fundamental fazem a mesma prova de 20 questões. As provas da 1ª e 2ª série do ensino médio também são iguais, mas a prova contém 25 questões, onde geralmente as 5 primeiras são exclusivas para os alunos da 1ª série que pode escolher livremente 20 das 25 para responder. Já os alunos da 2ª série precisam responder necessariamente as 20 últimas. A prova da 3ª série também é composta de 20 questões. Todas têm uma duração máxima de 4 horas.

A Segunda Fase já reúne os aprovados de cada estado em locais definidos pelo respectivo coordenador estadual. Novamente, o 8º e o 9º ano farão a mesma prova que terá 8 questões. Sendo que 4 serão de resposta direta e 4 subjetivas. Ou seja, nas 4 primeiras os alunos devem apenas indicar a resposta final, e pontos parciais não são atribuídos. Nas outras, as resoluções precisam ser detalhadas e pontos parciais são permitidos. A prova da 1ª e 2ª série também é a mesma, mas composta de 12 questões. Algumas questões são exclusivas para a 1ª série, mas de modo que os alunos terão que escolher 4 questões de resposta direta e 4 subjetivas.

A prova da 3ª série segue o mesmo padrão da prova do 8º e 9º ano. Cada questão tem a mesma pontuação. O tempo máximo de duração da prova também é de 4 horas.

A Terceira Fase é aplicada em um único dia com duas provas: uma teórica e uma experimental. Com exceção da 3ª série que nunca teve prova experimental, e do 8º ano que a partir de 2017 também não terá prova experimental.

A prova teórica da 3ª Fase segue um padrão parecido com o da 2ª Fase. Até 2009 ambas as provas teóricas seguiam exatamente o mesmo padrão. Mas em 2010, metade da 2ª fase passou a ser de resposta direta. Portanto, a prova do 8º e 9º ano tem 8 questões subjetivas. A prova da 1ª e 2ª série tem 12 questões em que devem ser escolhidas 8 de acordo com as instruções da capa da prova. A prova da 3ª série também possui 8 questões subjetivas.

A prova Experimental será aplicada apenas para o 9º ano, para a 1ª série e para a 2ª série. Geralmente são três provas distintas que são aplicadas durante a manhã. A prova teórica é aplicada de tarde. Em 2016, pela primeira vez, o 9º ano fez as provas em ordem inversa pois o equipamento experimental foi compartilhado com a 1ª série. O compartilhamento, como dito anteriormente, é uma prática corriqueiramente aplicada na IPhO com o objetivo de reduzir os custos, uma vez que os equipamentos experimentais representam uma grande parcela dos custos das olimpíadas de Física.

Depois da 3ª Fase da OBF, no ano seguinte, os pré-classificados realizam duas provas seletivas, que geralmente possuem 4 ou 5 questões discursivas, e que possuem um tempo máximo de 4 horas para a sua realização.

Do grupo inicial dos pré-classificados, são selecionados em torno de 16 alunos para a fase final das seletivas. Nesta fase, são realizadas duas provas teóricas e uma prova experimental. A prova teórica costuma ter 4 questões, que em teoria deveriam seguir o estilo da IPhO, mas costuma ser um meio termo entre as provas da OBF e o que deveriam ser. Em alguns anos, como por exemplo 2011 e 2012, elas tinham realmente o mesmo estilo da IPhO. Mas a partir de 2014 houve uma regressão, e as provas continuaram a apresentar uma variação no estilo.

2.2.1.4. Cronograma

As inscrições das escolas geralmente iniciam-se em março e encerram-se poucos dias antes da realização da primeira fase, que geralmente é em um dia útil de maio. As provas da 1ª fase, até 2012, eram realizadas aos sábados, da mesma forma que são as da 2ª e da 3ª fase até hoje. Mas em 2013, como essas provas são realizadas nas respectivas escolas dos estudantes, as provas da 1ª Fase foram deslocadas para um dia útil da semana. O objetivo desta mudança foi aumentar a participação das escolas, pois haviam várias que não participavam por ter muita dificuldade de aplicar estas provas no sábado. A consequência negativa desta mudança é que as provas deixaram de ser aplicadas simultaneamente nacionalmente, pois é permitido aplicar no contraturno das aulas regulares dos alunos. Perde-se um pouco de segurança na prova, mas como os resultados no início da 2ª Fase serão zerados, qualquer anomalia estatística pode ser corrigida ao longo do processo.

Nos dias seguintes, é, primeiramente, divulgado um gabarito preliminar, e depois de mais alguns dias, é divulgado um gabarito definitivo. Assim, os professores precisam corrigir as provas e enviar as notas. Depois é divulgado o número mínimo de acertos de cada série para a promoção para a 2ª Fase.

A 2ª fase geralmente ocorre em um sábado de meados de agosto. O resultado da 2ª fase costuma demorar um mês para ser divulgado, de modo que em algum sábado do início de outubro são aplicadas as provas da 3ª fase. O resultado final da OBF costuma ser divulgado por volta de dois meses depois da aplicação das últimas provas.

Um ano depois de participarem da OBF, os alunos pré-classificados realizam a primeira seletiva em meados de setembro e a segunda seletiva após a divulgação do resultado final da OBF daquele ano. Esta segunda prova geralmente é aplicada no meio de dezembro. Depois, são selecionados em torno de 16 alunos para participarem da fase final que costuma ocorrer no fim de março do segundo ano após a realização da OBF. Esta fase final ocorreu em 2017 em três dias. O primeiro foi reservado para a chegada. O segundo dia para a primeira prova teórica. Na manhã do terceiro dia ocorreu a prova experimental e de tarde a segunda prova teórica.

2.2.1.5. Premiação

Na nota final da 3ª Fase da OBF, a prova teórica tem um peso de 60% e a prova experimental um peso de 40%. O regulamento não explicita quais serão os critérios definidos para as premiações [24], mas impõe que a comissão de provas é responsável pela elaboração das provas, gabaritos e por definir juntamente com a COBF os critérios de premiação. Apesar disso, historicamente a OBF tenta premiar 20 alunos com medalhas de Ouro, 40 com medalha de Prata, 60 com medalha de Bronze e 80 com Menções Honrosas, totalizando cerca de 200 premiados por série. Essa tendência mudou na atual gestão da coordenação, com uma redução no número total de premiados. Segue o número total de premiados na OBF 2016:

Tabela 2: Número de medalhistas de Ouro, Prata e Bronze e premiados com Menção Honrosa, em cada série, na edição da OBF de 2016

OBF 2016				
Série	Ouro	Prata	Bronze	Menção
8º ano	19	22	30	31
9º ano	24	37	53	66
1ª série	23	38	47	91
2ª série	27	42	53	73
3ª série	20	44	50	65

Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/v1/olimpiada/2016/>

Apesar dos critérios de premiação não estarem definidos no regulamento, observado o número total de medalhas da última OBF podemos perceber que há um certo padrão. O número de ouro é em torno de 20, a prata de 40 e o bronze de 50 premiados.

Até a edição de 2002 da OBF a premiação era diferente [31,32]. Apenas 10 alunos de cada série eram premiados. O 1º lugar com medalha de ouro, o 2º lugar com medalha de prata, o 3º lugar com medalha de bronze, e do 4º ao 10º lugar com menção honrosa. Esta forma de premiação tornava a competição desestimulante pois apenas uma pequena parcela dos participantes era premiada. Então, inspirada nos critérios de premiação da IPhO, a partir de 2003, a premiação passou a ser feita de modo a agraciar em maior representatividade os alunos que tiveram bom desempenho na 3ª fase.

2.2.2. Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas – OBFEP



Figura 7: Logo da OBFEP

Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/~obfep/a-obfep/sobre/>

2.2.2.1. História

A Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas é um programa permanente da Sociedade Brasileira de Física com o apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia através do CNPq [33]. Esta competição iniciou-se em 2010 em caráter experimental, sendo aplicado apenas na Bahia, em Goiás, no Piauí e em São Paulo. Em 2011 a aplicação foi expandida para o Maranhão e para o Mato Grosso. Por fim, a partir de 2012, ela passou a ser realizada nacionalmente em todos os anos.

2.2.2.2. Estrutura

Os principais objetivos da OBFEP são:

- Despertar e estimular o interesse pela Física e pelas ciências;
- Aproximar as universidades, institutos de pesquisa e sociedades científicas das escolas públicas;
- Identificar estudantes talentosos e incentivar seu ingresso nas áreas científicas e tecnológicas;
- Incentivar o aperfeiçoamento dos professores das escolas públicas contribuindo para sua valorização profissional;
- Promover a inclusão social por meio da difusão do conhecimento;
- Contribuir para a melhoria da qualidade da Educação Básica;
- Proporcionar desafios aos estudantes.

Participam da OBFEP alunos de escolas públicas municipais, estaduais e federais que estejam regularmente matriculados no 9º ano do ensino fundamental, na 1ª, 2ª e 3ª série do ensino médio, ou séries equivalentes.

Os alunos do 9º ano fazem a prova do nível A. O nível B é formado pelos alunos da 1ª e 2ª série do ensino médio. O nível C é composto pelos alunos da 3ª série e, quando existir, pelos alunos da 4ª série.

Diferentemente da OBF, na OBFEP são aplicadas apenas 2 fases. A primeira ocorre nas escolas e são provas de múltipla escolha. Cada nível possui uma prova diferente. Na segunda, as provas são discursivas, e no nível B parte das questões podem ser experimentais.

2.2.2.3. Premiação

Os alunos são premiados pelos seus resultados quando comparados com todos os alunos, e pelos seus resultados quando comparado apenas com os alunos do mesmo estado. O regulamento descreve que a premiação será feita em dois níveis: nacional e nacional por estado.

Também há premiação para os professores. Esta premiação depende dos resultados dos alunos de cada professor. Para cada aluno premiado, os professores receberão 4 pontos por alunos com medalha de ouro, 3 por prata, 2 por bronze e 1 por menção honrosa. Também haverá premiação para as melhores escolas, onde a pontuação segue uma métrica análoga à dos professores.

2.3. Competições Regionais

As olimpíadas regionais surgiram antes das nacionais. Acreditamos que como as nacionais são os caminhos que levam para as internacionais, naturalmente elas ganharam mais força que as regionais. Mas isso não diminui a importância das regionais, que cumprem o seu papel no processo ensino/aprendizagem, uma vez que quanto maior o número de participantes nas olimpíadas regionais, maior será o número de participantes nas olimpíadas nacionais e maior será a quantidade de competições que o aluno poderá participar.

2.3.1. Olimpíada Paulista de Física (OPF)



Figura 8: Logo da OPF

Fonte: <http://www.opf.pro.br/home>

2.3.1.1. História

Segundo registros disponíveis no site da OBF de 1999 [34], a primeira olimpíada de física realizada no Brasil ocorreu no estado de São Paulo entre os anos de 1985 e 1987, com cerca de 100 competidores por ano. Então foram reiniciadas em 1995 pelo Instituto de Física de São Carlos, e em 1998 a SBF assumiu, durante este ano, a organização do evento. Nos registros dos sites das olimpíadas não está claro o que ocorreu nos anos seguintes. Mas pelo menos desde 2004 ela passou a ser organizada pela Associação Paulista de Professores de Física (APROFI) [35].

2.3.1.2. Estrutura

Esta competição é realizada em duas fases: regional e estadual. Podem participar alunos desde o 2º ano do ensino fundamental até a 3ª série do ensino médio. As provas da fase regional são realizadas em sedes regionais e corrigidas localmente por professores cadastrados de todas as escolas participantes. A fase Estadual é realizada em dois ou três locais estipulados a cada ano. O Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) costuma sempre ser uma das sedes da fase regional.

2.3.1.3. Provas

Cada série terá uma prova distinta. As provas da fase regional são de múltipla escolha. As provas da fase estadual são dissertativas. Para os alunos do ensino médio também poderá haver uma prova experimental que será realizada no

mesmo horário da prova teórica. Caso haja prova experimental, esta terá um peso de 30% e a teórica 70%.

2.3.1.4. Premiação

As classificações são independentes para cada série. São premiados com medalhas os 15 primeiros colocados de cada série [36]. Os cinco primeiros com medalha de ouro, os cinco seguintes com medalha de prata e os próximos 5 com medalha de bronze. Além disso, os estudantes que tiverem um bom desempenho poderão ser premiados com menção honrosa. Também são agraciados com prêmios especiais os melhores alunos de escola pública.

2.3.2. Olimpíada Cearense de Física (OCF)

2.3.2.1. História

A primeira edição da Olimpíada Cearense de Física ocorreu em 1998. Esta competição faz parte do programa das Olimpíadas Cearenses de Ciências (OCC) mantido pelo Núcleo de Ensino de Ciências e Matemática (NECIM) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Desde a primeira edição estas olimpíadas ocorreram em todos os anos sem exceção.

2.3.2.2. Estrutura

A OCC é formada por olimpíadas de três disciplinas: Física (OCF), Química (OCQ) e Biologia (OCB). Os alunos são divididos em dois níveis. O nível I é destinado aos alunos do 9º ano do ensino fundamental e da 1ª série do ensino médio. O nível II é destinado aos alunos da 2ª e 3ª série do ensino médio.

2.3.2.3. Provas

As provas ocorrem em fase única e geralmente tem uma duração máxima de 3 horas. Cada nível tem uma prova distinta. As provas são sempre discursivas e costumam ter 5 ou 6 questões. As questões têm o mesmo peso e são todas teóricas. Em nenhuma edição a OCF teve prova experimental.

2.3.2.4. Premiação

São premiados os candidatos que obtém as três maiores notas com medalhas de ouro, prata e bronze. Ou seja, todos os candidatos que tiverem a maior nota são premiados com medalha de ouro e recebem certificado de 1º lugar. Analogamente, todos os candidatos que tiverem a 2ª maior nota recebem medalha de prata e recebem certificado de 2º lugar. O mesmo ocorre para os alunos que ficarem em 3º Lugar. Além disso, todos os outros alunos que tiverem uma nota maior ou igual a 7,0 serão premiados com menção honrosa.

3. DESEMPENHO DO BRASIL NA IPhO

Agora, iremos construir uma análise do desempenho dos times brasileiros na Olimpíada Internacional de Física (IPhO). Esta análise será importantíssima pois será uma oportunidade para averiguarmos o desempenho do projeto OBF, uma vez que o desempenho do time brasileiro nesse contexto internacional será um indicador do desempenho do projeto OBF.

A Olimpíada Internacional não estabelece um critério oficial de desempenho e, conseqüentemente, não há nenhuma classificação entre os países como um todo. Mas são divulgados os resultados oficiais dos alunos premiados individualmente. Dentre os resultados indicados, temos o prêmio obtido pelo aluno, a sua nota na prova experimental, a sua nota na prova teórica e a sua nota total. Assim, iremos criar duas métricas para quantificar o desempenho do time brasileiro.

A primeira métrica talvez seja a mais intuitiva pois irá levar em conta apenas os prêmios conquistados pelos alunos. Já a segunda métrica deverá considerar os resultados dos alunos de um modo mais absoluto, pois levará em conta a classificação absoluta dos alunos dentre do grupo dos alunos premiados.

3.1. Análise Pelas Premiações

Como sabemos, os alunos são agraciados com medalha de ouro, de prata de bronze e com menção honrosa. Para metrificar o desempenho total do time brasileiro, iremos definir uma pontuação para cada prêmio, e por fim, somar a pontuação total da equipe. Obviamente que a medalha de ouro terá a maior pontuação e a menção honrosa terá a menor pontuação. A pontuação está indicada na Tabela 3. Notemos que foi atribuído o valor 2 para a menção honrosa apenas para aumentar a sua distinção em relação aos não premiados.

Tabela 3 : Pontuação atribuída a cada premiação ao utilizar a métrica por premiação

Premiação	Pontuação
Medalha de Ouro	5
Medalha de Prata	4
Medalha de Bronze	3
Menção Honrosa	2

Primeiramente fizemos o levantamento das premiações obtidas pelos times brasileiros desde que iniciou-se efetivamente a primeira participação do Brasil na edição de 2000, realizada na Inglaterra [37]. Na edição anterior, realizada em 1999 na Itália, o Brasil participou apenas como observador. Assim, os prêmios obtidos estão indicados na Tabela 4 e no Gráfico 2.

Tabela 4: Premiações Brasileiras na IPhO

IPhO	Ouro	Prata	Bronze	Menção
2000	0	0	0	0
2001	0	0	0	1
2002	0	0	1	2
2003	0	0	0	1
2004	0	0	0	1
2005	0	0	1	2
2006	0	0	0	3
2007	0	0	1	0
2008	0	1	1	2
2009	0	2	2	1
2010	0	0	5	0
2011	1	0	4	0
2012	1	0	3	0
2013	0	1	4	0
2014	0	0	5	0
2015	0	0	3	2
2016	1	1	3	0
TOTAL	3	5	33	15

Fonte: <http://ipho-unofficial.org/countries/BRA/individual>

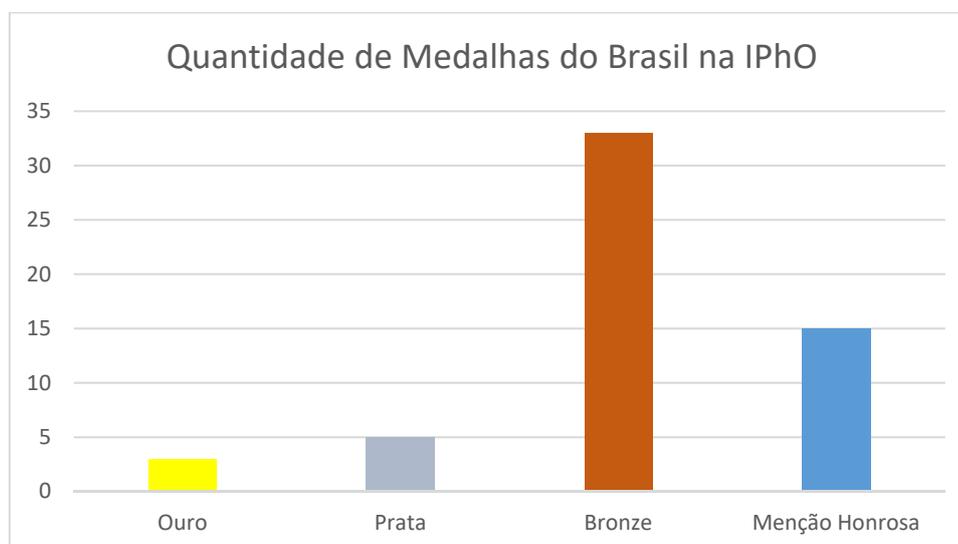


Gráfico 2: Quantidade de medalhas de ouro, prata, bronze e menções honrosas do Brasil na IPhO

Em uma breve análise qualitativa e visual desta tabela, podemos perceber que nas 17 participações brasileiras, os primeiros resultados eram muito ruins, havendo muitos zeros. Com o passar dos anos alguns números foram aparecendo, mas primeiramente na coluna da direita, havendo posteriormente um avanço para as colunas da esquerda. Assim, isso já indica que realmente houve alguma evolução ao longo dos anos, mas precisamos refinar esta análise através de indicadores mais objetivos.

Assim, veremos na Tabela 5 as pontuações obtidas em cada ano, substituindo cada medalha pela sua respectiva pontuação. Assim, por exemplo, a célula que tiver uma medalha de bronze será preenchida por 3 pontos. Analogamente, a célula que tiver três medalhas de bronze será preenchida com 9 pontos.

Tabela 5: Pontuação das Premiações Brasileiras na IPhO

IPhO	Ouro	Prata	Bronze	Menção	Total de Pontos
2000	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	2	2
2002	0	0	3	4	7
2003	0	0	0	2	2
2004	0	0	0	2	2
2005	0	0	3	4	7
2006	0	0	0	6	6
2007	0	0	3	0	3
2008	0	4	3	4	11
2009	0	8	6	2	16
2010	0	0	15	0	15
2011	5	0	12	0	17
2012	5	0	9	0	14
2013	0	4	12	0	16
2014	0	0	15	0	15
2015	0	0	9	4	13
2016	5	4	9	0	18

Assim, iremos plotar um gráfico com a evolução temporal da pontuação global do desempenho do time brasileiro.

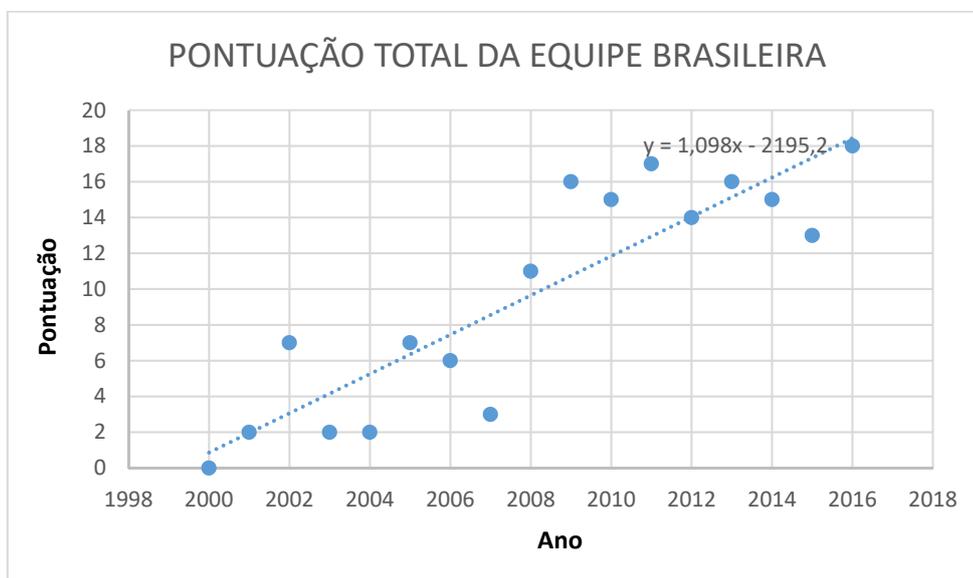


Gráfico 3: Evolução temporal da pontuação total das premiações brasileiras na IPhO, utilizando as pontuações atribuídas pela Tabela 3. A linha tracejada indica a tendência linear da evolução.

O gráfico anterior não deixa dúvidas de que se analisarmos toda a história do Brasil na IPhO houve uma evolução significativa. Ao efetuarmos a regressão linear, indicada pela linha tracejada no gráfico, podemos claramente perceber a tendência de crescimento. O coeficiente angular da reta de tendência está bem próximo de um, o que indica que os resultados estão melhorando. Além disso, pela métrica utilizada o coeficiente angular igual a 1 indica que a cada ano a pontuação da equipe brasileira tende a subir um ponto, ou seja, um aluno tenderá a subir de premiação. Isso significaria que se tivéssemos em um determinado ano 5 medalhas de bronze, depois de 5 anos deveríamos ter 5 medalhas de prata ou uma configuração de medalhas com pontuação total equivalente.

Porém, se analisarmos com mais cuidado, podemos perceber que entre 2007 e 2009 houve um salto no desempenho do time brasileiro. Este fato possivelmente pode ser explicado pelo fato de que em 2008 houve uma grande mudança no esquema de seleção do time brasileiro. Antes, eram selecionados os melhores 40 alunos na OBF que estavam cursando a 1ª série do ensino médio para

formar o grupo de pré-classificados para as OIFs (Olimpíadas Internacionais de Física). Este grupo fazia duas provas quando estivessem cursando a 3ª série do ensino médio. Estas duas provas ocorriam em meados de março e abril do mesmo ano que eles participariam da IPhO. Estas provas também ocorriam nos respectivos estados dos candidatos. As provas eram enviadas para a SBF e corrigidas pela coordenação nacional da OBF. Só que este modelo claramente não estava funcionando, pois, os alunos eram pré-selecionados no fim da 1ª série, e faziam provas apenas no início da 3ª série, para poucos meses depois já participarem da IPhO. E nesse intervalo de tempo, que geralmente era de 14 a 16 meses, os alunos na prática não tinham nenhum tipo de orientação ou cobrança. Além disso, as provas eram apenas teóricas.

Em 2004 mudou-se o esquema das provas seletivas. Os 40 melhores alunos da 1ª série da OBF continuaram sendo selecionados da mesma forma. Só que eles passaram a ter duas provas seletivas durante a 2ª série do ensino médio. A primeira no final de julho e a segunda no meio de dezembro do ano que cursavam a 2ª série do ensino médio. A primeira prova abrangia apenas metade do conteúdo de Física Clássica que estava no programa da IPhO e a segunda prova o restante. A Física Moderna seria cobrada apenas na fase final. Dessa forma, os alunos já receberam um guia e uma meta de estudo para cada semestre daquele ano. Ao fim deste ano, foram selecionados os 12 melhores do grupo que inicialmente tinha 40 alunos. Nessa seleção, foi levado em conta as notas das duas provas seletivas e a nota da 3ª Fase da OBF daquele ano (ano em que os alunos estavam cursando a 2ª série do ensino médio). Foi criada uma nova fase que selecionaria os 5 estudantes dentre os 12 que representariam o Brasil na IPhO. Essa fase final foi aplicada nos respectivos estados dos alunos nos anos de 2006 e 2007, e era constituída apenas de provas teóricas.

Mas, em 2008, a fase final passou a ser aplicada em um mesmo local para todos os alunos, e passou a ser constituída de provas teóricas e experimentais. Portanto, essa mudança, que se efetuou em 2008 com a realização de provas teóricas e experimentais em um mesmo local para todos os estudantes participantes da fase final, foi a responsável pelo salto que podemos observar no *Gráfico 4*.

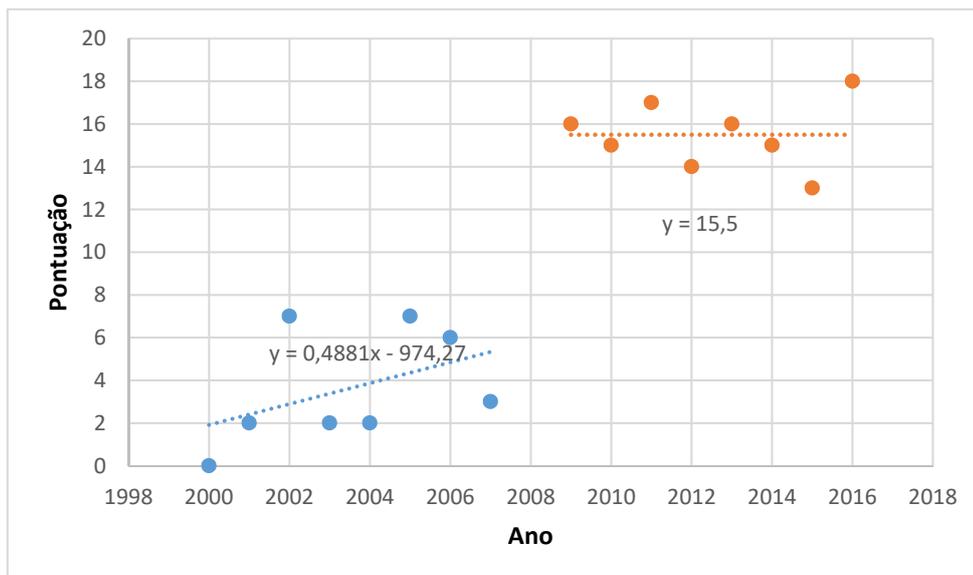


Gráfico 4: Análise da Pontuação Brasileira na IPhO, utilizando a pontuação atribuída pela tabela 3. Em azul (vermelho) os valores correspondentes ao período de 2000 a 2007 (2009 a 2016) com a tendência linear indicada pela linha tracejada.

Dividimos os resultados em dois Períodos, o primeiro de 2000 até 2007 e o segundo de 2009 até 2016. Foi feita a regressão linear dos Períodos separadamente. Cada respectiva regressão está indicada pela linha tracejada. Podemos perceber claramente a mudança de patamar que houve entre esses dois períodos.

No Primeiro Período, podemos observar que o coeficiente angular está em torno de 0,5. O que é aproximadamente metade do obtido quando fizemos a análise considerando-se todos os anos em um único período. Isso indica que nesse primeiro período já tínhamos uma tendência de melhora, pois este 0,5 indica que a cada 2 anos um aluno tenderia a subir de menção honrosa para bronze ou que a cada 4 anos teríamos uma menção honrosa a mais. E essa tendência é muito natural, pois as primeiras participações são as mais difíceis, pois a total falta de experiência dos professores e dos alunos torna um bom desempenho praticamente impossível. Assim, já era esperado que nas próximas edições, com a experiência obtida nos anos anteriores, os resultados fossem melhorando. Quais tipos de erros eram cometidos pelos professores? O estilo e o nível de dificuldade das questões das provas seletivas eram diferentes dos que eram apresentados na IPhO. Os alunos se preparavam principalmente para essas provas seletivas. E devido a essas diferenças, eles não estavam preparados para as provas que iriam realizar na IPhO.

No Segundo Período, podemos observar que a linha de tendência está em um patamar bem superior, mas que surpreendentemente tem coeficiente angular da linha de tendência igual a zero. Isso indica que nesse período a tendência de crescimento é nula, ou seja, há uma estagnação. Essa linha representa o valor médio da pontuação do período que é de 15,5 pontos. Logo, se dividirmos pelos 5 participantes, temos uma média de 3 pontos por aluno. Ou seja, a pontuação média do Brasil corresponde à medalha de bronze. Se fizermos a média aritmética das pontuações do primeiro período, obteremos um média de 3,6 pontos por ano. Ao dividir pelos 5 alunos, temos uma média de 0,7 por aluno. O que indica claramente que a média do desempenho do Brasil como equipe estava bem abaixo da menção honrosa (2 pontos). Além disso, podemos observar que a média do Brasil por ano saltou de 3,6 para 15,5 pontos, o que representa um crescimento de mais de 330%. Mas o grande problema é que pela nossa análise, as mudanças efetuadas proporcionaram essa melhora entre esses dois períodos, e aparentemente o Brasil encontra-se estável no nível de Bronze.

3.2. Análise Pela Classificação dos Alunos

Ao refletir sobre a análise feita apenas analisando as premiações, podemos perceber que dois resultados, aparentemente equivalentes, podem esconder uma melhora, pois por exemplo, se um aluno é a última medalha de bronze ou a primeira medalha de bronze, a contribuição na pontuação da equipe é a mesma, apesar do último resultado ter sido melhor. Assim, se um país obtém as primeiras cinco medalhas de bronze e outro país obtém as últimas cinco medalhas de bronze, pela métrica anterior eles estariam empatados. Apesar de na prática não apresentarem uma diferença muito grande, sem dúvidas há uma diferença que não pode ser desprezada entre esses dois resultados. Afinal, um se aproxima do nível de menção honrosa e o outro se aproxima do nível de prata. Por fim, fica evidente que uma análise mais refinada através da classificação nos dará uma métrica mais contínua e menos quantizada do desempenho do Brasil.

Iremos então fazer um estudo mais profundo e preciso, analisando a classificação dos alunos brasileiros em cada ano pela pontuação total, para podermos inclusive comparar com os dados e conclusões obtidas na análise anterior. Além

disso, algumas edições da IPhO fornecem separadamente os dados da prova experimental e da prova teórica. O que nos possibilitará realizar um estudo separado do desempenho brasileiro em cada prova.

3.2.1. Classificação Pela Nota Total

As edições da IPhO divulgam apenas os dados dos alunos premiados, em regra geral. Por isso, não levaremos em conta o desempenho dos alunos não premiados. A Tabela 6 a seguir indica a classificação dos alunos brasileiros em cada uma das edições que participamos. Devemos observar que a ordem dos brasileiros está sempre do melhor (estudante 1) para o pior (estudante 5) resultado. Também está indicado o número total de premiados em cada ano. Devemos observar que esse número depende do número total de participantes. Conforme descrito anteriormente, as regras que definem o número de premiados evoluíram ao longo dos anos, mas é a mesma desde que o Brasil começou a participar.

Além disso, há outros fatores que influenciam na quantidade total de participantes, como localização geográfica e a situação política do país sede. Um fato curioso e lamentável é que, em 2003, a Ásia sofria com uma epidemia denominada SARS (síndrome respiratória aguda severa). E nesse ano a IPhO que estava prevista para ser realizada em Taiwan chegou a ser cancelada devido a essa epidemia. Mas felizmente a Organização Mundial da Saúde declarou como controlada a epidemia e a IPhO 2003, apesar de mais tarde do que estava prevista, foi realizada. Isso fez com que o número de países participantes estivesse bem abaixo das edições imediatamente anteriores e posteriores.

A seguir, temos a Tabela 6 com as classificações dos alunos brasileiros. Reparemos que os alunos não premiados estão sinalizados com uma classificação maior do que o número total de premiados do respectivo ano. Fizemos isto por não sabermos ao certo qual a classificação dos não aprovados. Além disso, apenas os alunos premiados receberão pontuação, analogamente ao feito na análise pelas medalhas.

Tabela 6: Classificação dos Brasileiros nas IPhO's. Aos alunos não premiados foi atribuída uma classificação maior do que o número total de premiados.

IPhO	Estudante 1	Estudante 2	Estudante 3	Estudante 4	Estudante 5	Total de Premiados da Olimpíada
2000	129	129	129	129	129	128
2001	160	163	163	163	163	162
2002	129	182	200	206	206	205
2003	129	154	154	154	154	153
2004	145	217	217	217	217	216
2005	91	183	217	232	232	231
2006	189	219	226	251	251	250
2007	121	216	216	216	216	215
2008	70	104	201	213	259	258
2009	47	109	115	130	204	235
2010	150	160	170	185	193	264
2011	47	124	132	141	144	282
2012	38	165	194	198	272	271
2013	90	147	192	195	203	270
2014	130	133	154	161	203	275
2015	120	174	190	224	260	262
2016	35	73	152	159	199	284

Fonte: <http://ipho-unofficial.org/countries/BRA/individual>

Podemos perceber que o número total de premiados sofre uma grande flutuação com o passar dos anos. Assim, percebemos que dois alunos com a mesma classificação podem ter tido resultados completamente diferentes. Assim, iremos normalizar o resultado, criando a métrica indicada a seguir. Atribuiremos 100 (cem) pontos ao primeiro colocado e 0 (zero) pontos aos alunos que não foram premiados. Os demais alunos receberão uma pontuação que dependerá da sua classificação relativa, conforme indicado abaixo na Equação 1:

$$\text{pontuação de cada aluno} = \frac{(\text{total de premiados} + 1) - \text{classificação}}{\text{total de premiados}} * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Assim, utilizando a métrica indicada na Equação 1, iremos construir uma tabela com as respectivas pontuações de cada aluno.

Tabela 7: Pontuação Normalizada das Classificações dos Brasileiros nas IPhO's utilizando a métrica definida pela Equação 1

IPhO	Estudante 1	Estudante 2	Estudante 3	Estudante 4	Estudante 5	Pontuação Média
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
2001	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0
2002	37,6	11,7	2,9	0,0	0,0	10
2003	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3
2004	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	7
2005	61,0	21,2	6,5	0,0	0,0	18
2006	24,8	12,8	10,0	0,0	0,0	10
2007	44,2	0,0	0,0	0,0	0,0	9
2008	73,3	60,1	22,5	17,8	0,0	35
2009	80,4	54,0	51,5	45,1	13,6	49
2010	43,6	39,8	36,0	30,3	27,3	35
2011	83,7	56,4	53,5	50,4	49,3	59
2012	86,3	39,5	28,8	27,3	0,0	36
2013	67,0	45,9	29,3	28,1	25,2	39
2014	53,1	52,0	44,4	41,8	26,5	44
2015	54,6	34,0	27,9	14,9	1,1	26
2016	88,0	74,6	46,8	44,4	30,3	57

Na tabela acima, podemos perceber que os estudantes estão posicionados sempre do melhor para o pior resultado. Assim, em uma breve análise, ao olhar apenas para o Estudante 5 de cada ano, podemos perceber que até 2008 este não contribuía com nada para a média da equipe, podemos perceber que ao longo dos anos houve uma melhora, e que a partir de 2008 houve uma mudança na tendência do resultado do estudante 5.

Iremos agora construir um gráfico com a pontuação média da equipe brasileira de cada ano.

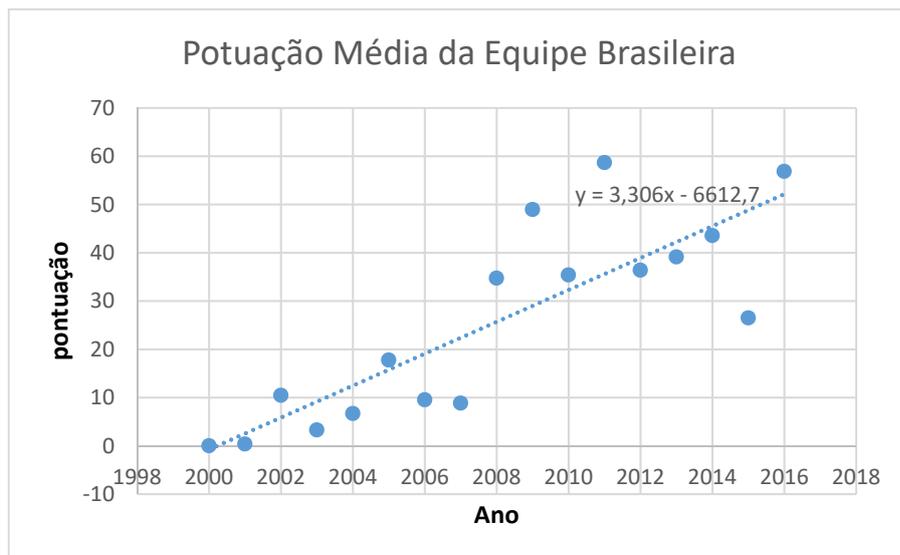


Gráfico 5: Pontuação média dos estudantes brasileiros na IPhO, aplicando a métrica definida pela equação 1 na classificação geral. A linha tracejada indica a tendência linear da evolução.

Ao efetuar a regressão linear dos dados apresentados no gráfico, podemos perceber que a linha tracejada indica claramente uma tendência de crescimento no desempenho do Brasil. Mas também podemos perceber que de 2007 para 2008 houve um salto no desempenho bem superior ao que pode ser observado nas transições vizinhas. Analogamente ao que fizemos na análise pelas medalhas, vamos dividir em dois Períodos: o primeiro de 2000 até 2007 e o segundo de 2009 até 2017.

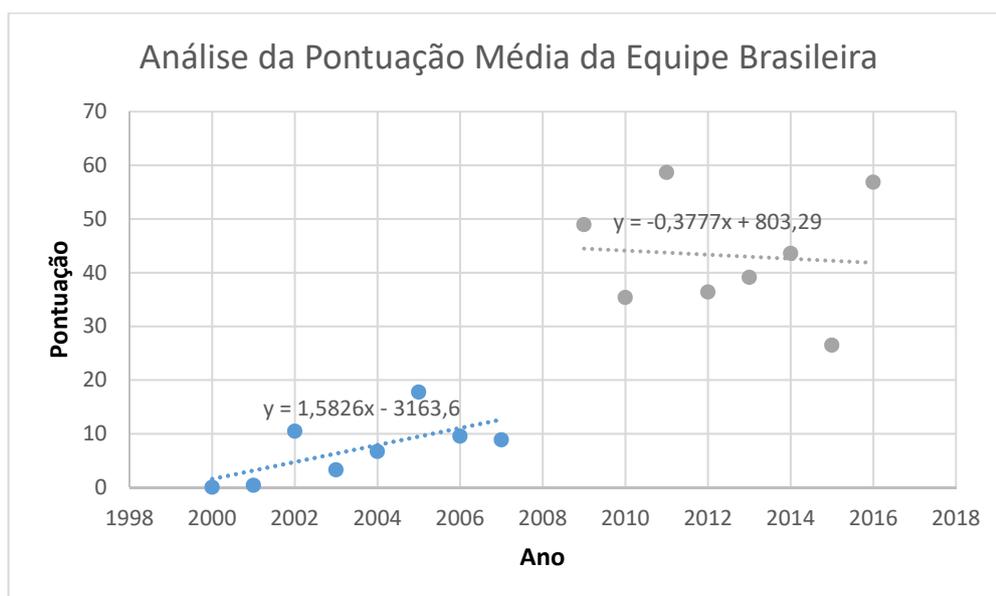


Gráfico 6: Análise da pontuação média dos estudantes brasileiros na IPhO, utilizando a métrica definida pela equação 1 na classificação geral. Os pontos em azul (cinza) indicam a pontuação do Período de 2000 a 2007 (2009 a 2016) e a tendência linear da evolução está representada pela linha tracejada.

Podemos perceber que, ao analisar separadamente os dois Períodos, os patamares ficam mais evidentes. Além disso, podemos perceber que o primeiro Período apresenta uma tendência de crescimento cujo coeficiente angular (aproximadamente 1,6) é menos da metade do coeficiente obtido ao se analisar os dados como um único Período (aproximadamente 3,3). Isso também ocorreu quando fizemos a análise apenas pelas medalhas. A razão $\frac{1,6}{3,3} = 0,48$ está muito próximo da razão obtida pelos coeficientes da análise pelas medalhas: $\frac{0,5}{1,1} = 0,45$, o que indica que, como se esperava, há uma coerência entre as duas análises. Assim, as conclusões obtidas por esses dois coeficientes angulares serão as mesmas. O crescimento inicial é o normal esperado devido ao acúmulo inicial de experiência.

Já o segundo Período apresentou um coeficiente angular bem pequeno, mas dessa vez negativo. Na análise pelas medalhas esse Período apresentou um coeficiente angular nulo, o que indica uma estagnação. Agora, podemos perceber que há uma leve tendência de queda no desempenho. Mas é importante ressaltar que a certeza que temos é que atualmente não há tendência de crescimento relevante e que também não há uma tendência de queda relevante.

A divisão em dois Períodos é importante pois mostra que a tendência de crescimento apontada na análise do Período Único não é válida para os últimos anos. Na verdade, tivemos uma grande transição entre os anos de 2007 e 2009, mas atualmente estamos em um estágio que não apresenta crescimento. Outro ponto importante que podemos analisar é que a pontuação média do primeiro Período é de 7 pontos. Enquanto que a pontuação média do segundo Período foi de 43 pontos. Isso representa um grande crescimento no patamar médio desses dois estágios. Temos um crescimento de mais de mais de 510% entre os dois estágios. Na análise pelas premiações, este mesmo coeficiente foi de 330% de crescimento. Assim, percebemos que a análise pela classificação, por ser mais sensível e precisa, indica que o crescimento entre esses dois estágios foi maior do que havíamos previsto pelo primeiro modelo.

Então, iremos fazer uma análise mais profunda, estudando separadamente o desempenho nas provas teórica e experimental, com o objetivo de entender melhor as mudanças que ocorreram no desempenho.

3.2.2. Classificação Pela Nota Teórica

Infelizmente algumas edições da IPhO divulgaram apenas as notas finais dos candidatos premiados, ou seja, apenas a soma das notas teóricas e experimentais. Por isso, teremos os dados detalhados apenas das edições de 2002,2003 ,2006, 2008 ,2009 ,2010 ,2011 ,2012 ,2015 e 2016 [38-47]. As planilhas completas com as notas estão nos anexos 7.1 a 7.10 deste trabalho.

Temos poucos dados do Primeiro Período, mas felizmente não teremos apenas dois anos, 2013 e 2014, do Segundo Período. Como a motivação principal deste estudo mais refinado é investigar a ausência de crescimento apresentada no Segundo Período, acreditamos que temos dados suficientes para iniciarmos a análise.

A classificação dos alunos nas provas teórica ou experimental não foi divulgada em nenhuma edição. O mais comum em alguns anos foi a divulgação da classificação apenas pela nota final completa. Assim, reordenamos pela ordem de nota da prova teórica e descobrimos a classificação pela nota teórica e depois fizemos o mesmo para a nota da prova experimental. Essas informações foram acrescentadas nas planilhas com as notas que estão disponíveis nos anexos desse trabalho. Os dados das provas teóricas estão na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8: Classificação dos Brasileiros Premiados nas Provas Teóricas da IPhO. Os alunos não premiados foram representados com uma classificação maior que o número total de premiados.

IPhO	Estudante 1	Estudante 2	Estudante 3	Estudante 4	Estudante 5	Total de Premiados
2000						128
2001						162
2002	111	199	186	206	206	205
2003	153	154	154	154	154	153
2004						216
2005						231
2006	147	215	191	251	251	250
2007						215
2008	54	81	140	163	240	258
2009	29	42	86	129	184	235
2010	150	146	100	190	94	264
2011	30	123	121	145	152	282
2012	41	103	183	167	272	271
2013						270
2014						275
2015	89	129	182	230	154	262
2016	22	77	146	184	186	284

Então, analogamente ao que feito na Análise da Classificação pela nota final, normalizaremos a classificação para podermos comparar todas as edições de uma forma mais objetiva, uma vez que o número total de participantes premiados sofre uma variação ao longo dos anos que não pode ser desprezada. Iremos utilizar a métrica indicada na Equação 1, atribuindo pontos para as classificações, de modo que o primeiro colocado tenha cem pontos e que os alunos não premiados tenham zero ponto.

$$\text{pontuação de cada aluno} = \frac{(\text{total de premiados}+1)-\text{classificação}}{\text{total de premiados}} * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Assim, a tabela com a pontuação dos alunos e com a Média de pontuação da equipe está representada a seguir.

Tabela 9: Pontuação Normalizada das Classificações dos Brasileiros na Prova Teórica das IPhO's, utilizando a métrica indicada na Equação 1.

IPhO	Estudante 1	Estudante 2	Estudante 3	Estudante 4	Estudante 5	Média da Equipe
2000						
2001						
2002	46,3	3,4	9,8	0,0	0,0	12
2003	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0
2004						
2005						
2006	41,6	14,4	24,0	0,0	0,0	16
2007						
2008	79,5	69,0	46,1	37,2	7,4	48
2009	88,1	82,6	63,8	45,5	22,1	60
2010	43,6	45,1	62,5	28,4	64,8	49
2011	89,7	56,7	57,4	48,9	46,5	60
2012	85,2	62,4	32,8	38,7	0,0	44
2013						
2014						
2015	66,4	51,1	30,9	12,6	41,6	41
2016	92,6	73,2	48,9	35,6	34,9	57

Agora iremos construir o gráfico da Pontuação média das equipes ao longo dos anos:

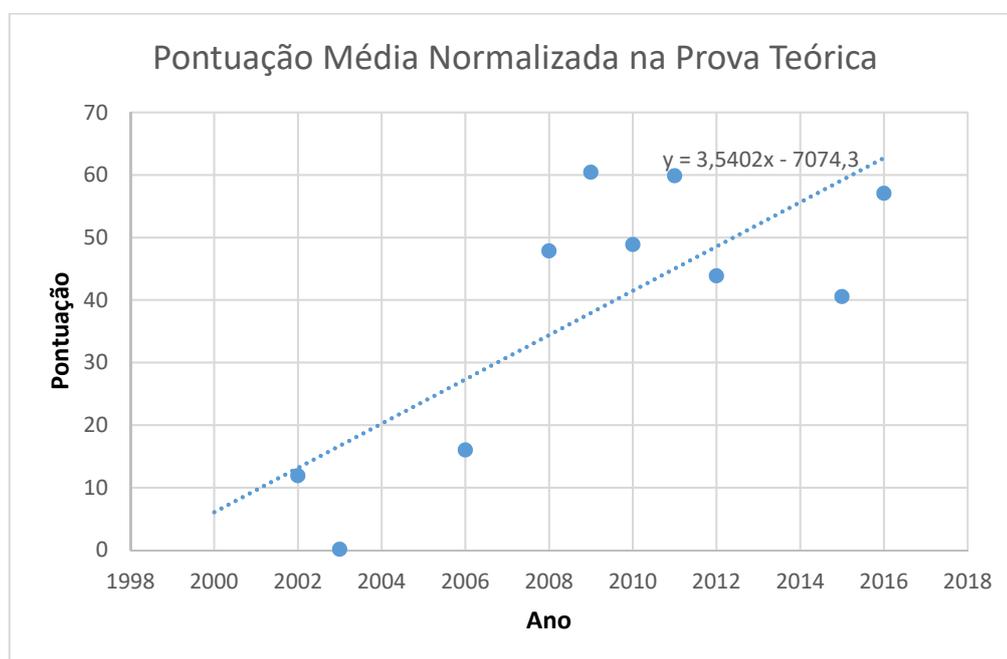


Gráfico 7: Pontuação Média da Equipe Brasileira pela Classificação na Prova Teórica utilizando a métrica da Equação 1. A linha tracejada indica a tendência linear da evolução da pontuação média ao longo dos anos.

Ao realizar a regressão linear com todos os anos, podemos perceber que há uma tendência de crescimento. Mas essa tendência aparece apenas devido à grande diferença entre os dois patamares que já discutimos anteriormente. Ressaltemos que neste gráfico o coeficiente angular encontrado foi de aproximadamente 3,5. Notemos que este número é um pouco superior ao coeficiente obtido (aproximadamente 3,3) quando fizemos a mesma análise com as notas finais. Isso já sinaliza que o desempenho na prova teórica foi melhor que o das provas em conjunto.

Visualmente podemos perceber que os pontos antes de 2008 e após 2008 estão em patamares diferentes, como já ocorreu com as notas finais. A média da pontuação do Período 1 (2000 a 2007) é de 7 pontos e a média da pontuação do Período 2 (2009 a 2016) foi de 52 pontos. Essa diferença nas médias não deixa dúvidas que realmente estão em patamares distintos. Lembremos que essas mesmas médias, no modelo que analisou as notas finais, tiveram pontuações de 7 e 43 pontos respectivamente. Notemos que o desnível entre esses dois patamares foi ainda maior na prova teórica.

Agora, iremos analisar separadamente as tendências dos dois Períodos:

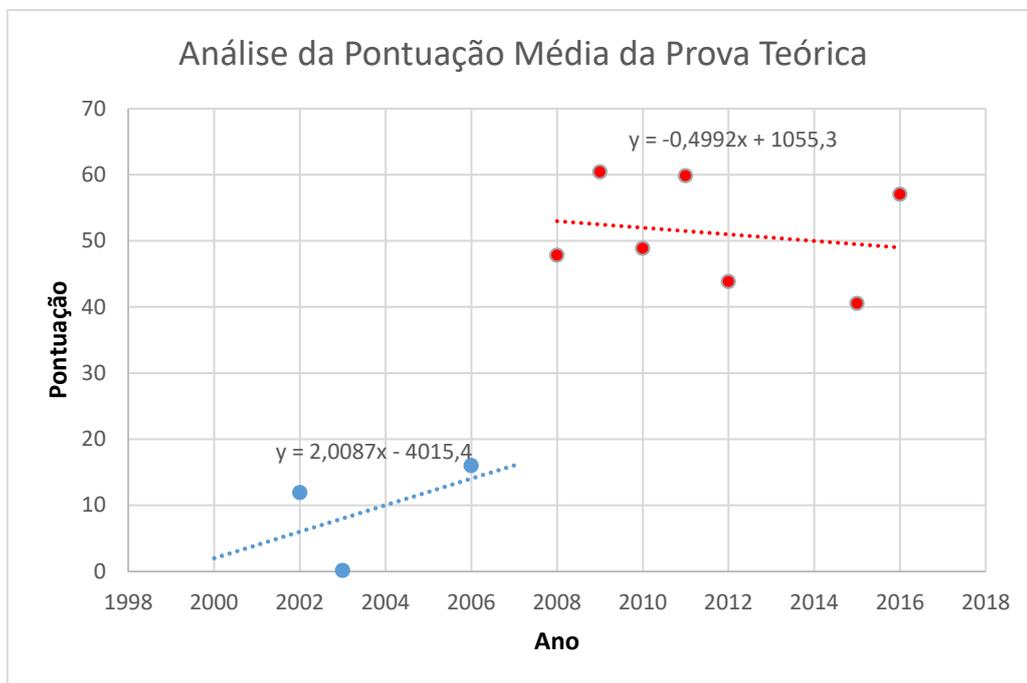


Gráfico 8: Análise da pontuação média da equipe brasileira pela classificação na Prova Teórica normalizada pela métrica da Equação 1. Os pontos em azul (vermelho) indicam a pontuação do Período de 2000 a 2007 (2009 a 2016) e a tendência linear da evolução está representada pela linha tracejada.

Podemos perceber que o Período 1 apresentou um crescimento cujo coeficiente angular é aproximadamente 2. Este mesmo Período apresentou um coeficiente de aproximadamente 1,5 na análise feita com as notas finais. Assim, podemos perceber que o desempenho nas provas teóricas apresentou um crescimento maior do que o visto anteriormente nas notas finais.

Já ao analisar o Período 2, podemos perceber que há uma leve tendência de queda. Essa tendência de queda está coerente com o resultado obtido na análise das notas finais. Mas aqui, também devemos ressaltar que essa tendência, por ser muito pequena, nos dá apenas a certeza de que não estamos vivendo um período de crescimento significativo no desempenho das provas teóricas, analogamente ao que ocorre com as notas finais. Em suma, o mais importante é perceber que no Período 1 há claramente uma tendência de crescimento, enquanto que no Período 2 essa tendência de crescimento não existe.

3.2.3. Classificação Pela Nota Experimental.

Iremos, então, efetuar uma análise similar à que acabamos de efetuar, só que agora com a prova Experimental. Classificamos os alunos pelas notas obtidas na prova Experimental [38-47]. Como afirmado anteriormente, essas classificações geralmente não são divulgadas, mas apenas as notas. Por isso a fizemos, e estas planilhas estão nos anexos deste trabalho. Assim, seguem as classificações dos brasileiros nas provas experimentais:

Tabela 10: Classificação dos Brasileiros Premiados nas Provas Experimentais da IPhO. Os alunos não premiados foram representados com uma classificação maior que o número total de premiados.

IPhO	Estudante 1	Estudante 2	Estudante 3	Estudante 4	Estudante 5	Total de Premiados
2000						128
2001						162
2002	169	86	176	206	206	205
2003	25	154	154	154	154	153
2004						216
2005						231
2006	235	210	237	251	251	250
2007						215
2008	155	143	231	226	240	258
2009	105	211	167	153	207	235
2010	154	188	255	157	261	264
2011	81	139	176	145	137	282
2012	51	256	206	230	272	271
2013						270
2014						275
2015	210	246	185	186	263	262
2016	106	120	172	139	222	284

Então iremos normalizar a classificação na prova experimental utilizando a mesma métrica utilizada anteriormente, atribuindo pontos para as classificações, de

modo que o primeiro colocado tenha cem pontos e que os alunos não premiados tenham zero ponto. Segue novamente a Equação 1:

$$\text{pontuação de cada aluno} = \frac{(\text{total de premiados}+1)-\text{classificação}}{\text{total de premiados}} * 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Assim, a tabela com a pontuação dos alunos e com a média de pontuação da equipe está representada a seguir.

Tabela 11: Pontuação Normalizada das Classificações dos Brasileiros nas Provas Experimentais das IPhO's, utilizando a métrica indicada na Equação 1

IPhO	Estudante 1	Estudante 2	Estudante 3	Estudante 4	Estudante 5	Média da Equipe
2000						
2001						
2002	18,0	58,5	14,6	0,0	0,0	18
2003	84,3	0,0	0,0	0,0	0,0	17
2004						
2005						
2006	6,4	16,4	5,6	0,0	0,0	6
2007						
2008	40,3	45,0	10,9	12,8	7,4	23
2009	55,7	10,6	29,4	35,3	12,3	29
2010	42,0	29,2	3,8	40,9	1,5	23
2011	71,6	51,1	37,9	48,9	51,8	52
2012	81,5	5,9	24,4	15,5	0,0	25
2013						
2014						
2015	20,2	6,5	29,8	29,4	0,0	17
2016	63,0	58,1	39,8	51,4	22,2	47

Então, iremos construir o gráfico das pontuações médias da equipe brasileira nas provas experimentais:

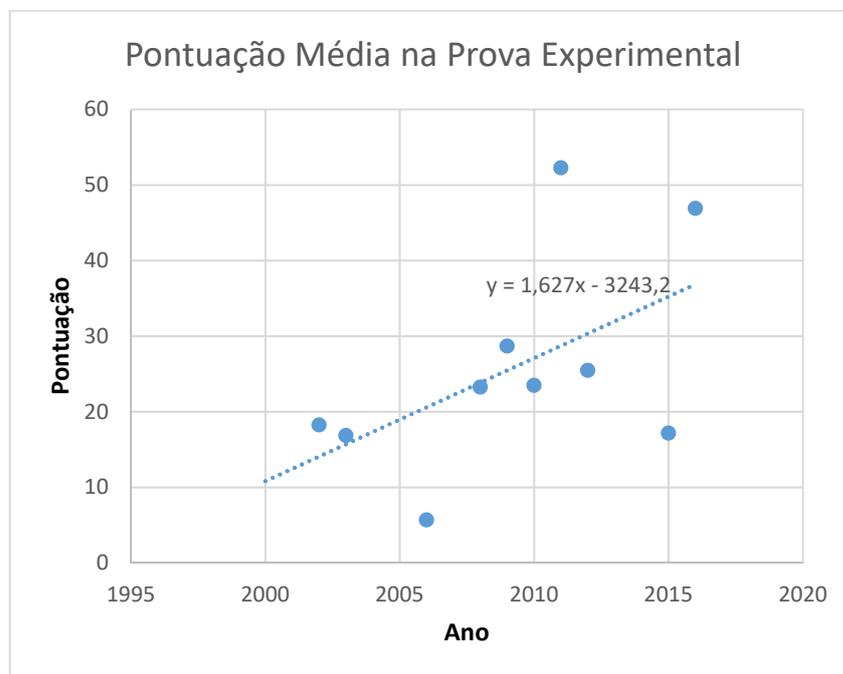


Gráfico 9: Pontuação Média da Equipe Brasileira pela Classificação na Prova Experimental utilizando a métrica da Equação 1. A linha tracejada indica a tendência linear da evolução da pontuação média ao longo dos anos da Classificação do Brasil na Prova Experimental.

Podemos observar que, diferentemente dos outros gráficos, não existe uma separação clara entre o Período 1 (2000 a 2007) e Período 2 (2008 a 2016). A média de pontos do primeiro Período foi de 14 pontos enquanto a do segundo Período foi de 32 pontos.

Tabela 12: Comparação entre a pontuação média da equipe brasileira utilizando as comparações por: nota final, nota teórica e nota experimental da equipe.

	Pontuação Média Normalizada Pela Classificação		
	Nota Final	Nota Teórica	Nota Experimental
Período 1 (2000 a 2007)	7	9	14
Período 2 (2009 a 2016)	43	52	32
Razão Per.2 / Per. 1	6,1	5,8	2,3

Acima, na Tabela 12, são dadas as pontuações médias dos Períodos 1 e 2 nas três análises feita pela classificação: da nota final, da nota da prova teórica e da

nota da prova experimental. Podemos perceber que na Nota Final o Período 2 (P2) tem uma média de pontos 6,1 vezes maior que o Período 1 (P1). Já na prova teórica a média é 5,8 vezes maior, enquanto que na prova experimental a média foi de apenas 2,3 vezes maior. Assim, fica claro que a separação entre os Períodos na prova experimental não é tão evidente quanto na prova teórica e na nota final.

Logo, podemos concluir que a melhora no desempenho observada entre os Períodos 2 e 1 deve-se principalmente ao crescimento na prova teórica. Ao analisarmos a pontuação absoluta, podemos perceber também que no Período 2 o Brasil alcançou uma média de 52 pontos, enquanto que na prova experimental apenas 32 pontos. Assim, podemos afirmar que o desempenho do Brasil atualmente (Período 2) é bem melhor na prova Teórica. Fato que no primeiro Período não era verdade.

Tabela 13: Comparação entre os coeficientes angulares da tendência de evolução linear da Equipe Brasileira na IPhO no desempenho médio na nota final, na nota da prova teórica e na nota da prova experimental.

	Coeficiente Angular da Regressão Linear ao Longo de Todos os Anos
Nota Final	3.31
Nota Prova Teórica	3.54
Nota Prova Experimental	1.63

O coeficiente angular da regressão linear pode ser utilizado como um indicador da tendência de crescimento. Quanto maior o coeficiente angular de reta de tendência, maior será a tendência de crescimento. Assim, observando os três valores na tabela acima, podemos perceber claramente que o crescimento apresentado na Prova Experimental foi mais de duas vezes menor que o crescimento apresentado na prova Teórica.

Assim, podemos afirmar que as mudanças efetuadas provocaram grandes mudanças apenas no desempenho na Prova Teórica. Assim, estes dados sinalizam fortemente que o caminho para continuarmos melhorando é a busca da evolução do desempenho na Prova Experimental.

Na IPhO de 2012, todas as notas de todos os participantes foram divulgadas, mas os nomes dos alunos não premiados não foram divulgados [45]. Construímos o Gráfico 10 que indica o percentual de acertos em função da classificação do aluno. Fizemos para a prova Teórica e para a Prova experimental.

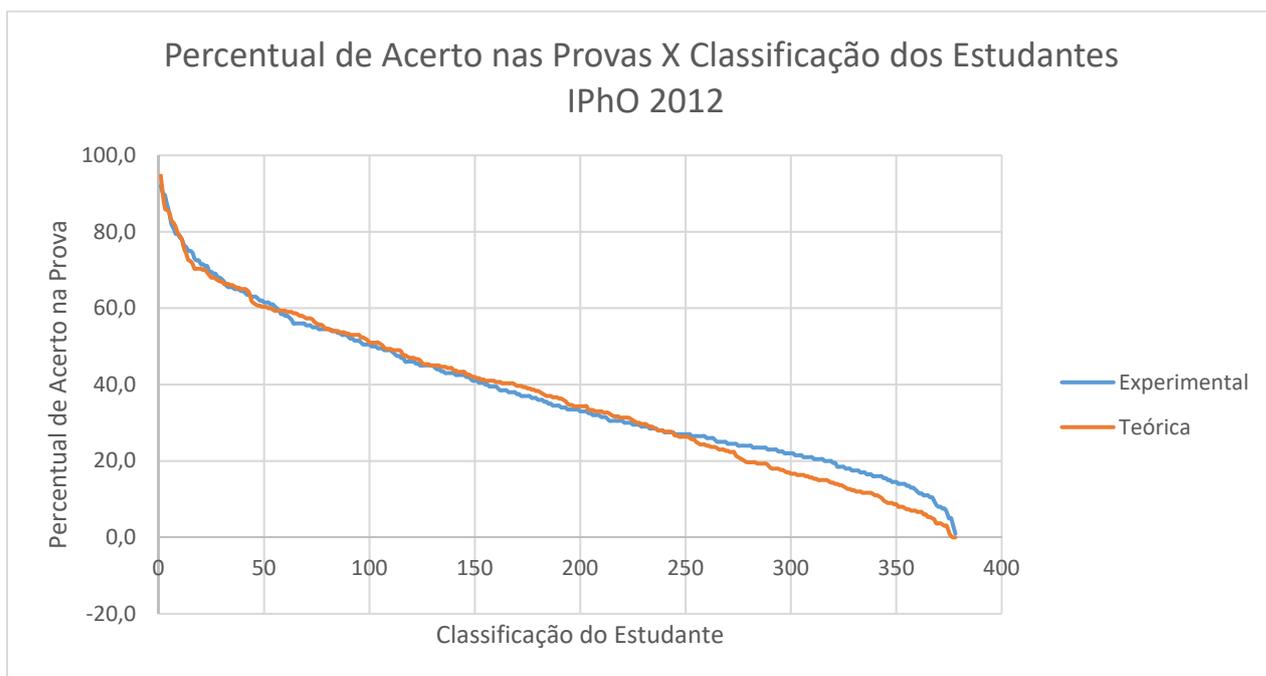


Gráfico 10: Percentual de Acerto nas Provas em função da Classificação dos Estudantes na IPhO de 2012.

Neste gráfico, podemos perceber que o desempenho dos alunos de piores notas, aproximadamente a partir da posição 250ª, tende a ser melhor na prova experimental do que na prova Teórica. E isso está coerente com o desempenho que o Brasil tinha nas primeiras participações, ou seja, no Período 1. O Brasil nesse período tinha os seus alunos concentrados nas últimas posições, onde ficam geralmente os não premiados. Lembremos que conforme indicado, por exemplo, na Tabela 10, o número total de premiados na IPhO de 2012 foi 271.

Também podemos perceber pelo gráfico, que as posições com melhores notas possuem um desempenho na prova Teórica muito parecido com o desempenho na Prova Experimental, havendo algumas leves inversões, mas que são flutuações perfeitamente aceitáveis. Então, podemos inferir que com um desempenho ruim, o normal é ter um desempenho experimental melhor do que o teórico. Mas, à medida

que o desempenho for melhorando, e a classificação dos alunos for subindo, era de se esperar que os desempenhos nas duas provas melhorassem, e fiquem bem próximos. Mas infelizmente isso não aconteceu com o Brasil. Conforme concluimos anteriormente, o desempenho na Prova Experimental não cresceu da mesma forma que o da Prova Teórica.

4. ANÁLISE DA OBF

Pela análise feita no capítulo 3, vimos que o Brasil precisa melhorar o seu desempenho na prova Experimental. A preparação dos alunos é guiada pela OBF. Sabemos que a OBF não atua diretamente na preparação dos alunos, mas ela é o guia que dita em um primeiro momento qual o norte que os alunos devem seguir. Assim, a base dos alunos é construída ao se prepararem para a prova da OBF. No site da OBF, na descrição do seu regulamento [24], podemos ver os objetivos desse programa:

Regulamento da Olimpíada Brasileira de Física

1. Dos objetivos

A Olimpíada Brasileira de Física (OBF) é um programa da Sociedade Brasileira de Física (SBF), com os seguintes objetivos:

- Despertar e estimular o interesse pela Física;
- Proporcionar desafios aos estudantes;
- Aproximar a universidade do Ensino Médio;
- Identificar os estudantes talentosos em Física, preparando-os para as olimpíadas internacionais e estimulando-os a seguir carreiras científico-tecnológicas.

Assim, podemos perceber que um dos objetivos é identificar os melhores alunos e os preparar para as Olimpíadas Internacionais. O sucesso da OBF, está diretamente relacionado ao desempenho do Brasil na IPhO. Afinal, este é um modo de compararmos internacionalmente o nível de ensino que estamos desenvolvendo em nosso país. Como dito anteriormente, a OBF guia os estudos dos alunos e o trabalho dos professores que preparam os alunos para as provas da OBF. Assim, iremos fazer uma rápida verificação do desempenho dos nossos alunos na 3ª Fase da OBF, onde temos provas teóricas e experimentais.

Infelizmente a OBF não divulga as notas dos alunos nem costuma divulgar estatísticas em seu site. A única informação pública são os nomes dos alunos premiados e a sua respectiva premiação. Por isso, não será possível fazer uma análise profunda ao longo dos anos. Mas na edição 2016 da OBF foram divulgadas em seu site algumas informações em relação ao desempenho dos alunos na 3ª Fase, conforme segue na Tabela 14.

Tabela 14: Médias das Notas da 3ª Fase da OBF 2016



Média das Notas da Terceira Fase e dos Premiados da OBF2016.

Realização:



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

	8º Ano	9º Ano	1ª Série	2ª Série	3ª Série
No. Alunos	153	537	776	832	786
Teoria	8,91	12,26	10,14	16,41	27,40
Prática	4,20	5,77	5,23	8,45	n.e.
OURO	22,82	39,23	37,29	54,50	66,73
PRATA	12,38	24,91	23,65	35,16	58,47
BRONZE	6,44	17,48	17,39	25,66	49,20
M. H.	3,28	12,61	12,73	19,79	41,79

Número de alunos se aplica aos que compareceram nas provas teóricas e experimentais.
 Na terceira série não existe a prova experimental.
 A nota da teoria tem peso de 60% e da prática 40% para compor a nota final.

Fonte: <http://www.sbfisica.org.br/v1/olimpiada/2016/>

Podemos observar que a média das notas dos alunos que participam da 3ª fase não é muito alta. Isso pode indicar que a prova é muito difícil ou que os alunos não estão bem preparados. Podemos observar que os melhores alunos, agraciados com medalhas de ouro, possuem médias bem superiores às médias do conjunto total e mesmo assim, sempre menores que 70 pontos (máximo 100 pontos), o que realmente indica que as provas são difíceis.

O ponto principal é perceber que em todas as séries em que há prova experimental as notas deste exame são menores que as notas da prova teórica. O Gráfico 11 a seguir ilustra esse padrão.

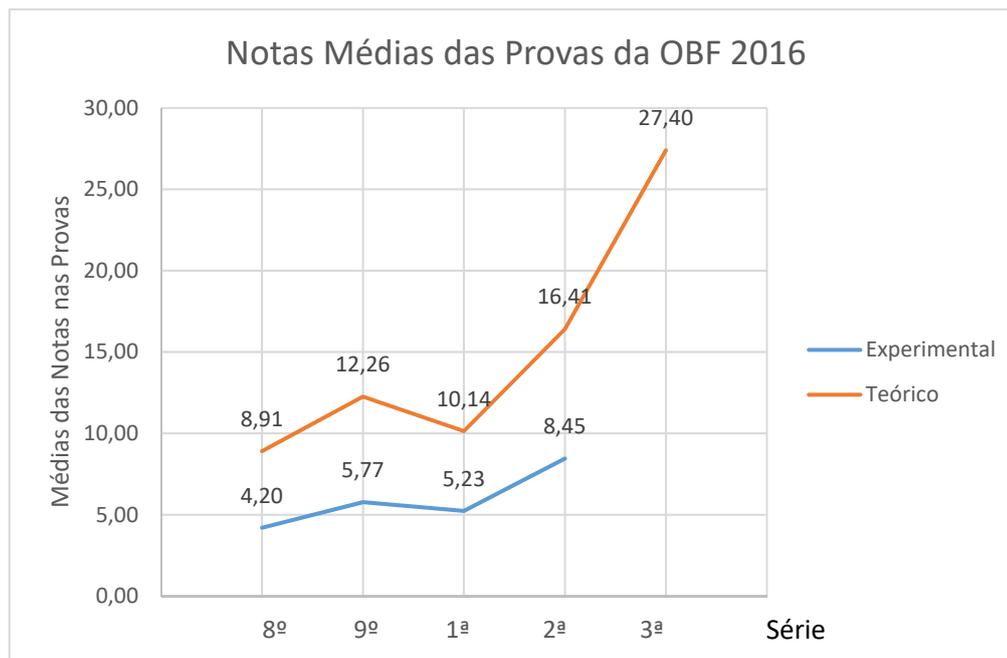


Gráfico 11: Médias das provas teórica e experimental dos estudantes participantes da terceira fase da OBF 2016

Assim, fica claro que os nossos alunos não são preparados para a prova Experimental. A realidade das escolas brasileiras não é incoerente com este fato, pois são raras as escolas que tem laboratório de Física. E são mais raras ainda as escolas que ofertam aulas experimentais de Física. Vale ressaltar que tais aulas não teriam que ocorrer necessariamente em um laboratório com equipamentos sofisticados, pois há soluções de baixo custo que poderiam ser facilmente implementadas na sala de aula convencional.

Não foi possível acompanhar o desenvolvimento de um mesmo grupo de alunos ao longo de 4 anos, pela limitação do tempo da confecção deste trabalho, e, principalmente, pelo fato da OBF não divulgar os dados estatísticos que foram divulgadas em 2016. Por isso, iremos adotar um modelo simples, assumindo que os alunos do 9º ano de 2016 tiveram em 2015 um desempenho análogo ao do 8º ano de 2016. Assim, podemos interpretar este gráfico como a evolução temporal dos alunos ao longo das séries finais do ensino fundamental e séries do ensino médio.

Podemos perceber que o comportamento da curva da prova teórica é parecido com o da prova experimental. Temos um crescimento no desempenho do 8º para o 9º ano. Estas séries costumam fazer a mesma prova, e o estudo de Física

durante o 9º ano justifica este crescimento. A seguir, podemos observar uma queda no desempenho do 1º ano, mas ainda superior ao mínimo anterior visto no 8º ano. Então, podemos ver um crescimento no 2º ano superior ao máximo anterior (obtido no 9º ano). O crescimento do 1º para o 2º ano também já era esperado pois como a prova também é a mesma, o ano de estudo durante o 2º ano do ensino médio justifica esse crescimento.

Como não foram disponibilizadas as notas separadamente das provas teórica e experimental dos alunos que estão no grupo do ouro por exemplo, não temos como fazer a mesma análise para estes subgrupos, mas pelo gráfico a seguir podemos perceber que há um padrão de crescimento nesses subgrupos similar ao observado no conjunto como um todo.

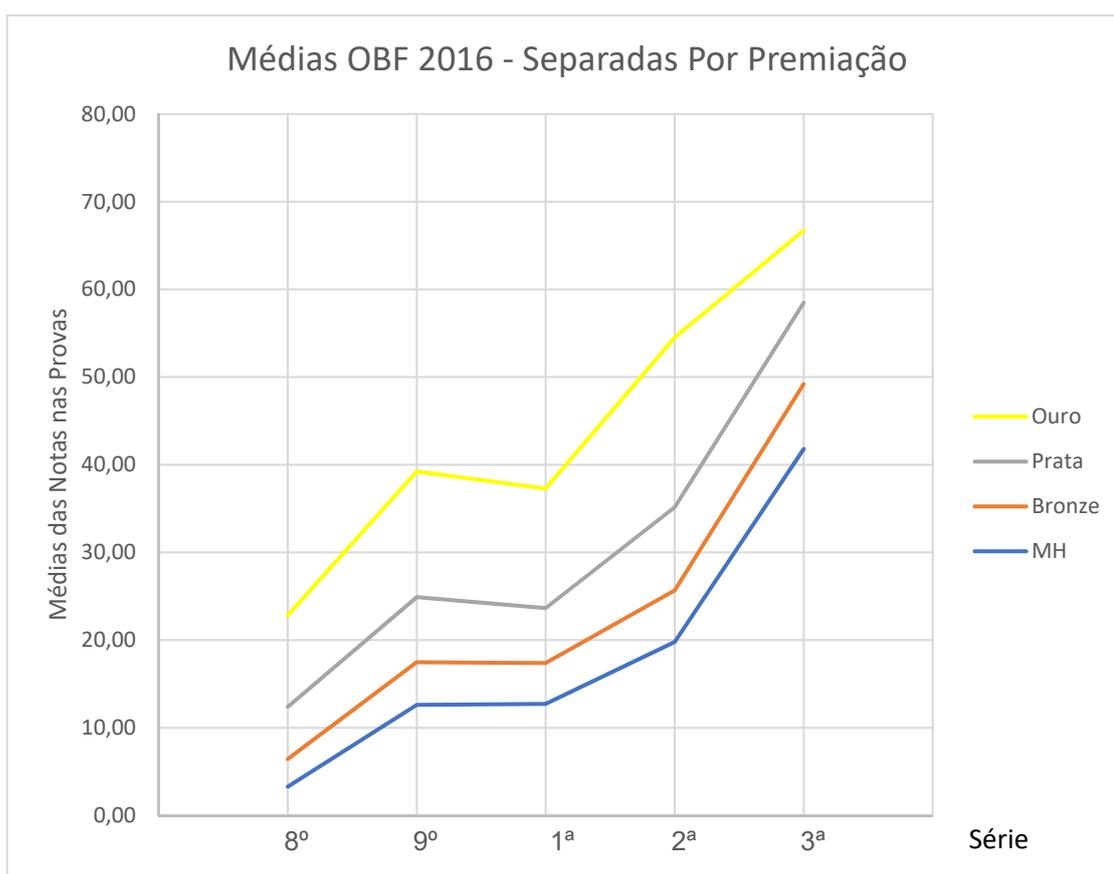


Gráfico 12: Média das provas da OBF separadas por subgrupos de premiados com medalhas de Ouro, Prata, Bronze e Menção Honrosa (MH)

4.1. ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UMA ESCOLA NA OBF

Como dito no tópico anterior, a OBF não divulga as notas dos alunos premiados, mas ela divulga para cada escola as notas individuais dos seus alunos. Por isso, conseguiremos fazer uma análise pontual do desempenho de uma escola, que chamaremos de Escola A, cujos dados foram cedidos e que obteve o maior número de medalhas de ouro entre as escolas participantes da OBF 2016. A Planilha completa com as notas de todos os alunos da Escola A estão no Anexos 7. 11 deste trabalho, com os nomes dos alunos suprimidos. A importância desta escola ter medalhas de ouro, é que podemos garantir que teremos alunos em todos os segmentos de premiação, desde a medalha de ouro até o não premiado.

Além disso, este trabalho pode indicar um parâmetro para uma análise do ensino experimental que é desenvolvido nas nossas escolas da educação básica, e ao analisar a escola que possui o maior número de medalhas de ouro, estaremos analisando um caso onde se pratica o melhor que fazemos atualmente. Primeiramente iremos comparar o desempenho da escola com o total de alunos participantes da 3ª fase na prova teórica. O gráfico a seguir mostra a média de cada série em ordem crescente, indo do 8º ano do ensino fundamental até a 3ª série do ensino médio.

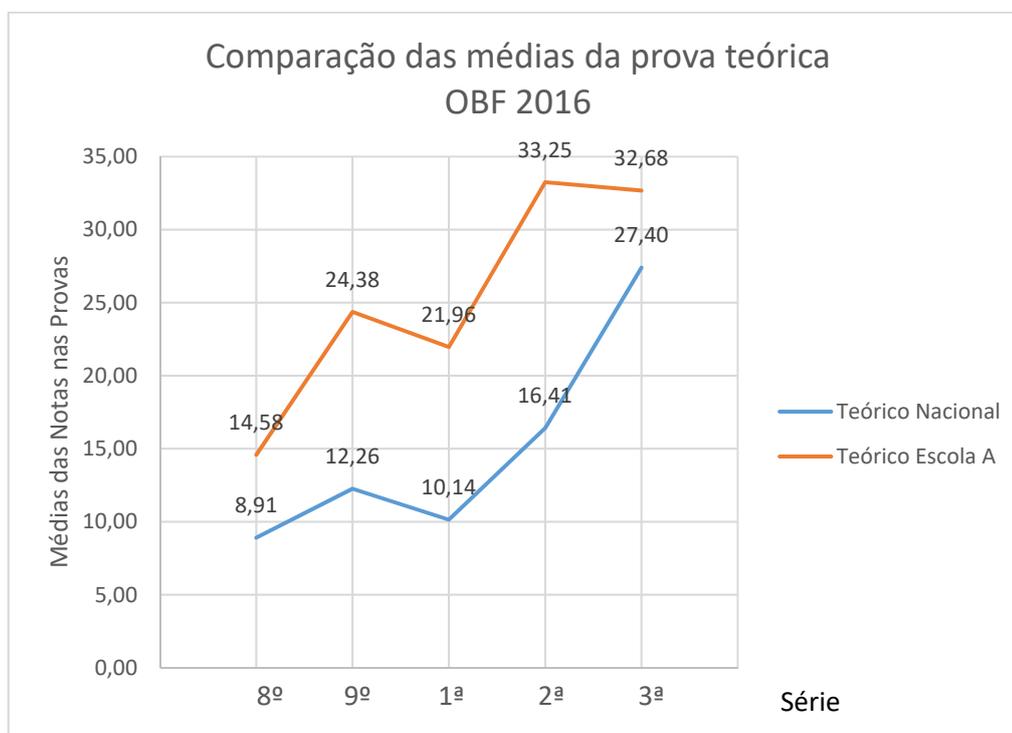


Gráfico 13: Comparação entre as médias nacional e da escola A na prova teórica na 3ª fase da OBF 2016.

Podemos perceber que a escola possui médias superiores às médias nacionais em todas as séries. A Tabela 15 indica a razão entre a média da Escola A e a média Nacional.

Tabela 15: Razão entre as médias nacional e da escola A na prova teórica na 3ª fase da OBF 2016.

	Média Prova Teórica		Razão
	Colégio A	Nacional	
8º ano	14,58	8,91	1,6
9º ano	24,38	12,26	1,8
1ª série	21,96	10,14	2,1
2ª série	33,25	16,41	2,0
3ª série	31,19	27,40	1,1
Média	25,07	15,02	1,8

Assim, ao calcular a média das razões entre todas as séries, podemos perceber que, em média, o desempenho na prova teórica da Escola A foi 1,8 vezes melhor que o desempenho do conjunto completo de alunos que participou da 3ª fase da OBF 2016.

Iremos agora efetuar a mesma comparação na Prova Experimental. Segue o Gráfico 14 com a comparação das notas da prova Experimental da Escola A e as médias nacionais, apresentadas por série em ordem crescente, desde o 8º ano do ensino fundamental até a 2ª série do ensino médio. Lembremos que a 3ª série do ensino médio não fez prova experimental.

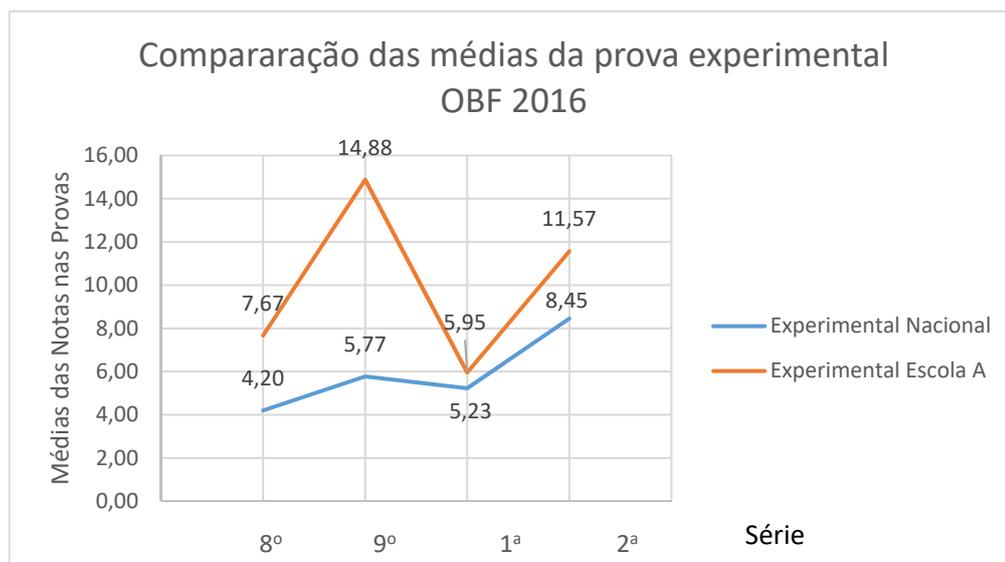


Gráfico 14: Comparação entre as médias nacional e da escola A na prova experimental 3a fase da OBF 2016.

Ao analisar o Gráfico 14, podemos perceber que novamente as médias da Escola A são superiores às médias nacionais, mas as diferenças já parecem ser menores do que as que foram obtidas na comparação das notas da prova teórica. A aproximação entre as notas obtidas na 1ª série do ensino médio é um fato que foge do padrão observado nas outras séries. Ela pode ser explicada pelo fato de que o tema central da prova Experimental da OBF 2016 ter sido eletricidade, assunto que não está no programa da 1ª série e que, portanto, geralmente os alunos desta série não estudam. Abaixo temos a Tabela 16 que indica a razão entre a média da Escola A e a média Nacional na prova experimental.

Tabela 16: Razão entre as médias nacional e da escola A na prova experimental na 3a fase da OBF 2016.

	Média Prova Experimental		Razão
	Colégio A	Nacional	
8º ano	7,67	4,20	1,8
9º ano	14,88	5,77	2,6
1ª série	5,95	5,23	1,1
2ª série	11,57	8,45	1,4
Média	10,02	5,91	1,7

Notemos que na 1ª série o desempenho da Escola A foi 2,1 vezes maior na Prova Teórica, e apenas 1,1 vezes maior na Prova Experimental. Porém, ao observar

a média da Escola A como um todo, podemos perceber que esse padrão ocorreu apenas para a 1ª série.

O desempenho médio da Escola A na prova Experimental foi 1,7 vezes maior que o desempenho médio nacional na prova Experimental. Também devemos ressaltar que a razão média obtida na prova Teórica (1,8) foi muito próxima à obtida na prova Experimental (1,7). Logo, podemos perceber que em média o padrão do desempenho que observamos na escola segue o mesmo padrão de desempenho geral. Ou seja, a Escola é em média, aproximadamente, 80% melhor na prova Teórica e 70% melhor na Prova Experimental. Assim, as conclusões sobre a Escola A podem indutivamente indicar conclusões para o contexto geral. Por isso é válido utilizar a análise do desempenho da Escola A como mais um indicador do desempenho geral.

Por fim, iremos comparar os desempenhos obtidos nas médias finais. Sabemos que esta média final é composta em 40% pela Nota da Prova Experimental e em 60% pela Nota da Prova Teórica. Assim, segue o gráfico com a comparação das notas finais.

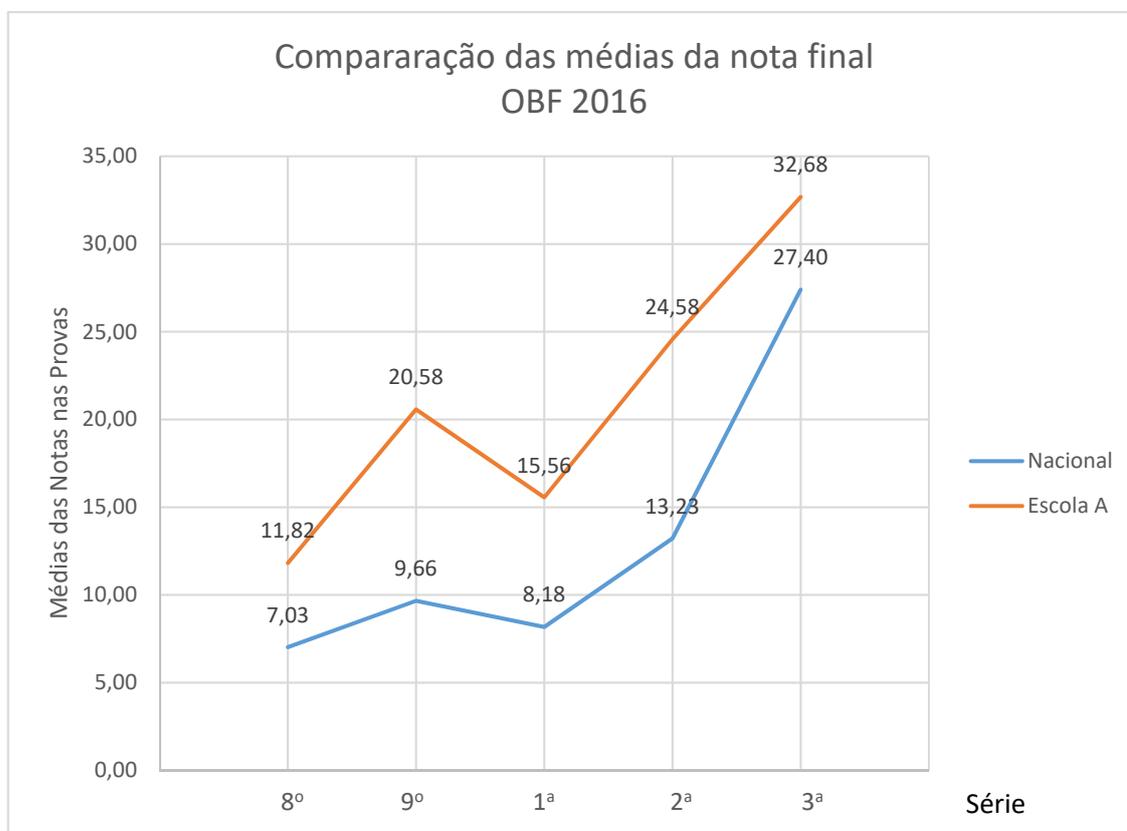


Gráfico 15: Comparação entre as médias nacional e da escola A da nota final na 3ª fase da OBF 2016.

Como era de se esperar, já que o desempenho nas provas teórica e experimental foram melhores, na nota final não poderia ser diferente, uma vez que este é uma combinação linear dos outros dois índices. Assim, a razão média para a nota final, que recebe uma contribuição de 40% da razão obtida no teste experimental e de 60% da razão obtida no teste Teórico, estará entre 1,7 e 1,8, como poderemos observar na tabela a seguir.

Tabela 17: Razão entre as médias nacional e da escola A da nota final na 3ª fase da OBF 2016.

	Média Nota Final		Razão
	Colégio A	Nacional	
8º ano	11,82	7,03	1,7
9º ano	20,58	9,66	2,1
1ª série	15,56	8,18	1,9
2ª série	24,58	13,23	1,9
3ª série	32,68	27,40	1,2
Média	25,07	15,02	1,8

Assim, está claro que o desempenho da Escola A é melhor do que o desempenho da média nacional dos participantes da 3ª fase. Essa análise foi feita para termos argumentos para posicioná-la com segurança entre as escolas que praticam o ensino que pode ser qualificado como melhor nos níveis nacionais.

Agora, iremos analisar o desempenho da Escola isoladamente, comparando o comportamento dos resultados na Prova Teórica e na Prova Experimental.

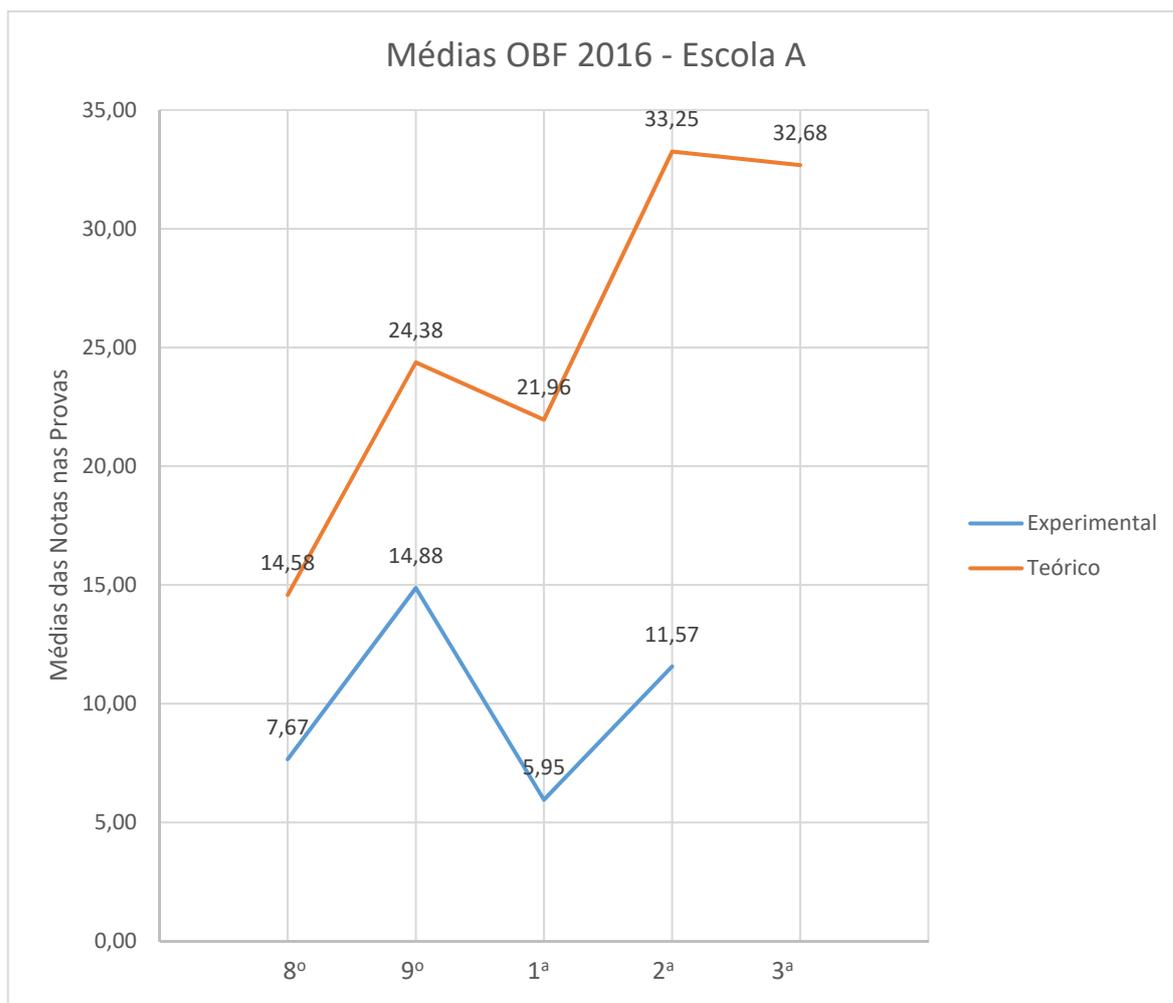


Gráfico 16: Comparação entre as médias nacional e da escola A da nota final na 3ª fase da OBF 2016.

Assim, ao analisar o gráfico que compara o desempenho Teórico e Experimental da Escola A, podemos perceber que as médias Teóricas são sempre maiores que as médias Experimentais, semelhante ao que ocorreu com as médias Nacionais. Assim, podemos perceber que mesmo uma escola com o desempenho acima da média em todos os parâmetros analisados apresenta o mesmo padrão de desempenho, ou seja, o desempenho nas provas teóricas é melhor do que nas provas experimentais.

Logo, temos mais um indício que sinaliza, novamente, que o ponto falho na preparação dos alunos é a preparação para a prova experimental. Esta falha inicia-se desde a base, ainda na preparação para as provas da OBF e perdura até a preparação mais avançada destinada à IPhO.

5. CONCLUSÃO

A Olimpíada de Física é uma importante ferramenta dos processos de ensino/aprendizagem. Vários países já aplicam este conceito há muitos anos. Neste trabalho, o tema central foi a Olimpíada de Física, mais precisamente a Olimpíada de Física no contexto brasileiro. Assim, o objetivo principal foi efetuar uma análise da Olimpíada Brasileira de Física (OBF), uma vez que esta é a mais importante Olimpíada de Física do Brasil, para identificar onde deveria ser feita a contribuição que mais faria diferença, ou seja, qual deveria ser o produto final deste trabalho.

No segundo capítulo, detalhamos todos o contexto em que a OBF está inserida. Contextualizamos as olimpíadas e o contexto histórico que motivaram a sua criação. As Olimpíadas foram divididas em três grupos: internacionais, nacionais e regionais. Analisamos a conexão estrutural entre os grupos e apresentamos as influências históricas que ocorreram. As principais Olimpíadas foram apresentadas detalhadamente com o intuito de ser possível a perfeita compreensão desse contexto.

No terceiro capítulo, efetuamos a análise da evolução do desempenho do projeto OBF através dos resultados obtidos pelas equipes brasileiras na IPhO. Estas equipes são selecionadas e preparadas pela OBF. Efetuamos esta análise através de dois critérios. Primeiro, através das premiações obtidas pelas equipes brasileiras. Atribuímos uma pontuação para cada prêmio com o objetivo de quantificar o desempenho das equipes. Estabelecida a métrica que definiu a pontuação total da equipe, podemos efetuar a análise do desempenho ao longo dos anos. Então, podemos perceber que ao analisar todas as participações como um único grupo, houve uma evolução significativa. Porém, após efetuarmos uma análise mais refinada, podemos perceber que na verdade haviam dois patamares de desempenho. Dividimos a análise em dois períodos de 8 anos cada: 2000 a 2007 e 2009 a 2016. Percebemos que dentro desses períodos o desempenho é potencialmente estável, mas que houve um salto no desempenho médio entre esses dois períodos.

Com o objetivo de confirmar este padrão, estabelecemos ainda no terceiro capítulo uma outra métrica para avaliar o desempenho das equipes brasileiras. Sabendo que resultados diferentes podem aparentemente ser igualados pela mesma premiação, criamos uma métrica que avalia o desempenho pela classificação. O fato de dois resultados aparentemente iguais, como a última medalha de bronze e a

primeira medalha de bronze, representarem uma melhora significativa motivou a construção desta métrica. Outra vantagem desta métrica através da classificação é que ela possibilitou a análise separada do desempenho na prova teórica e na prova experimental. Ao aplicar esta métrica na análise da classificação pela nota final, podemos perceber que também foi detectada uma evolução no desempenho com o mesmo padrão observado na Análise pelas Premiações. Os dois patamares, entre os períodos de 2000 a 2007 e de 2009 a 2016 também foram observados. Fato que contribuí para a confirmação do modelo que separa em dois estágios o desempenho brasileiro na IPhO. Pelos fatos históricos apresentados no segundo capítulo, conseguimos associar este salto a uma importante mudança no processo de seleção da equipe brasileira que foi implementada em 2008.

Então, após identificarmos a existência de dois estágios distintos no desempenho obtido pela nota geral, iniciamos separadamente a análise do desempenho nas provas teóricas e nas provas experimentais. Podemos perceber que o desempenho na prova teórica apresentou um comportamento muito parecido com da análise feitas pela nota final, sendo possível observar o padrão dos dois estágios do desempenho. Porém, ao analisar o desempenho na prova experimental, ficou claro que não houve o mesmo salto no desempenho que foi observado na prova teórica. Logo, podemos concluir que a equipe brasileira não apresentou a mesma melhora na prova experimental que apresentou na prova teórica.

No quarto capítulo, efetuamos a análise do desempenho dos alunos que participaram da 3ª fase da OBF de 2016. A OBF divulgou apenas em 2016 os dados das médias das provas teóricas, por isso podemos efetuar apenas a análise da edição 2016. Podemos perceber que o desempenho médio dos alunos na prova teórica é melhor do que o desempenho na prova experimental. Efetuamos a mesma análise apenas para os alunos de uma escola que apresenta excelentes resultados, e observamos que em média ela apresenta um desempenho 70% melhor que a média. Nessa escola o mesmo problema ocorreu: os resultados na prova teórica são melhores que os da prova experimental.

Portanto, após a análise de vários contextos, podemos afirmar que o Brasil precisa melhorar a sua preparação experimental. De um modo geral, temos uma tendência a nos concentrar na Física Teórica, talvez pela comodidade, uma vez que

é muito mais cômodo trabalhar apenas com o livro texto e exercícios teóricos, ou até mesmo pela falta de estrutura física nas escolas. Mas a experimentação é inerente à Física, e esses conceitos precisam ser construídos desde a base. Neste trabalho fizemos uma análise minuciosa do desempenho do desempenho da OBF ao longo dos anos em preparar os alunos para competirem nas OIF, pois ela tem papel fundamental na evolução do ensino de Física no Brasil. Ela não apenas incentiva o estudo de Física, como promove e incentiva o aperfeiçoamento dos professores.

Não há dúvidas que a OBF é um projeto de sucesso, pois a sua evolução pôde ser observada nos índices obtidos nas Olimpíadas Internacionais. Mas também está muito claro que precisamos buscar um caminho para melhorar a preparação experimental dos nossos alunos. Essa deficiência na física experimental é perfeitamente coerente com a realidade da Educação Básica brasileira, pois hoje se um aluno quiser estudar Física Teórica, ele tem acesso a vários excelentes livros que o prepararão de forma excelente. Mas caso ele queira estudar Física Experimental, não há a mesma riqueza de fontes que as de Física Teórica. Há uma enorme dificuldade para encontrar materiais destinados ao ensino médio com o objetivo de ensinar os conceitos básicos de Física Experimental, conceitos estes que são averiguados nas provas de olimpíada. Assim, nasce o produto final deste trabalho.

5.1. Produto Final

Após percebemos que há uma real necessidade de material didático destinado aos alunos de ensino médio que abordem os conceitos de Física Experimental que são necessários para as Olimpíadas de Física, desenvolvemos uma apostila que busca preencher esta lacuna. Assim, produzimos uma apostila que servirá de material de estudo para alunos e professores dos tópicos do programa indicado para a prova experimental da OBF.

Construímos uma apostila que foi batizada de Tópicos de Física Experimental para Olimpíadas de Física e para o Ensino Médio. Nesta apostila iremos construir a base teórica que os alunos de ensino médio precisam ter para conseguirem efetuar corretamente as atividades de física experimental. Os conceitos serão

apresentados e logo em seguida, sempre que apropriado, serão ilustrados exemplos de aplicação.

Em linhas gerais as provas de física experimental possuem duas etapas. A primeira é a coleta de dados e a segunda, análise dos dados. Além disso, as provas experimentais seguem dois padrões. Em algumas o objetivo da prova é determinar o valor de alguma grandeza física. Em outras o objetivo é apenas estudar o comportamento qualitativo de uma determinada grandeza.

No primeiro capítulo, iremos estudar como deve ser feita a correta coleta de dados. Este processo consiste no correto manuseio do instrumento de leitura e na correta leitura do instrumento. Ler corretamente e expressar corretamente o que está sendo lido é o primeiro passo para um experimento bem feito. Neste capítulo também abordaremos as formas de obter medidas de forma indireta assim como todas as regras envolvidas nesse processo. Esta fase representa a coleta de dados.

No segundo capítulo, estudaremos como estimar os erros das medidas feitas. O processo de coleta de dados, por mais próximo da idealidade que seja, inerentemente possui imprecisão. Neste capítulo iremos abordar os conceitos necessários para a correta estimativa da precisão das medidas efetuadas através da estimativa dos erros das medidas e resultados obtidos. Vale ressaltar que em muitos casos essa estimativa não é exigida, mas neste capítulo também discutiremos as fontes de erro e as boas práticas para que tenhamos medidas precisas. Independentemente da necessidade de expressar a estimativa dos erros, adotar boas práticas para minimizar os erros é fundamental para que seja feito um bom experimento.

No terceiro capítulo, estudaremos que os dados obtidos através de medições e cálculos devem ser apresentados sempre através de tabelas e gráficos. Serão apresentadas as regras para a correta confecção de tabelas e gráficos. Além disso, estudaremos a confecção de gráficos utilizando os papéis Milimetrado (ou quadriculado), Monolog e Dialog.

No quarto e último capítulo, iremos estudar como deve ser feita análise dos dados para a correta determinação da grandeza que deve ser determinada. Nas provas cujo objetivo seja apenas estudar o comportamento qualitativo de uma

grandeza, esse passo não será necessário pois, geralmente, o gráfico por si só já cumpre o objetivo. Mas nas provas cujo objetivo é determinar o valor de alguma grandeza, a escolha do método mais adequado será muito importante pois o tempo disponível nas provas experimentais costuma ser o grande limitador.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANGOTTI, José André Peres; AUTH, Milton Antonio. Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. Ciênc. educ. (Bauru), Bauru , v. 7, n. 1, p. 15-27, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132001000100002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 12/03/ 2017.
- [2] CASA-NOVA, Maria José. Políticas sociais e educativas públicas, direitos humanos e diferença cultural. In: Actas do VIII Congresso Luso-Afro-Brasileiro de Ciências Sociais, Coimbra, Setembro de. 2004.
- [3] BIANCHETTI, Lucídio; FREIRE, Ida Mara. Um olhar sobre a diferença. Papirus Editora, 2007.
- [4] Olimpíada Norte Americana de Física. Disponível em <<https://www.aapt.org/physicsteam/2017/>>. Acesso em 28/03/2017.
- [5] Olimpíada de Física da Estônia, Finlândia, Letônia e Suécia. Disponível em: <http://www.ioc.ee/~kalda/ipho/E_S.html> Acesso em: 28/03/2017
- [6] Olimpíada de Física Britânica. Disponível em: <www.physics.ox.ac.uk/olympiad/> Acesso em 28/03/2017
- [7] Olimpíada de Física Australiana. Disponível em: <<https://www.asi.edu.au/>> Acesso em 28/03/2017
- [8] Olimpíada de Física Canadense. Disponível em: <<http://physoly.phas.ubc.ca/>>. Acesso em 28/03/2017
- [9] Olimpíada de Física de Israel. Disponível em: <<http://edu.technion.ac.il/ipho/>>. Acesso em 22/04/2017
- [10] Olimpíada de Física Russa. Disponível em: <<http://olympiads.mccme.ru/mfo/>>. Acesso em 28/03/2017
- [11] Olimpíada de Física Colombiana. Disponível em: < <http://oc.uan.edu.co/olimpiada-colombiana-de-fisica> >. Acesso em 28/03/2017
- [12] Olimpíada de Física Italiana. Disponível em: < <http://www.olifis.it/> >. Acesso em 28/03/2017
- [13] Olimpíada de Física da Eslováquia. Disponível em: < <http://fo.uniza.sk/> >. Acesso em 28/03/2017
- [14] Olimpíada de Física da Sérvia. Disponível em: < <https://www.nis.eu/en/career/energy-of-knowledge> >. Acesso em 28/03/2017

- [15] Olimpíada de Física Do Uruguai. Disponível em: < <http://olimp-fisica.blogspot.com.br/> >. Acesso em 28/03/2017
- [16] Olimpíada de Física Argentina. Disponível em: < <http://www.famaf.unc.edu.ar/oaf/indice.html> >. Acesso em 28/03/2017
- [17] Olimpíada de Física Portuguesa. Disponível em: < <https://olimpiadas.spf.pt/> >. Acesso em 28/03/2017
- [18] Olimpíada de Física Mexicana. Disponível em: < <http://rmf.fciencias.unam.mx/~onf/olimpiadas/> >. Acesso em 28/03/2017
- [19] Olimpíada Espanhola de Física. Disponível em: <<https://rsef.es/olimpiada-espanola-de-fisica> >. Acesso em 28/03/2017
- [20] Olimpíada de Física de Hong Kong. Disponível em: < <http://hkpho.phys.ust.hk/> >. Acesso em 28/03/2017
- [21] Olimpíada de Física Suíça. Disponível em: < <http://www.swisspho.ch/en> >. Acesso em 28/03/2017
- [22] GORZKOWSKI, W. INTERNATIONAL PHYSICS OLYMPIADS (IPhO): THEIR HISTORY, STRUCTURE AND FUTURE. Disponível em: <<http://www.jyu.fi/tdk/kastdk/olympiads/history.pdf>>. Acesso em 10/04/2017
- [23] Estatuto da Olimpíada Internacional de Física (International Physics Olympiad). Disponível em: <<http://ipho.org/statutes.html>> . Acesso em 10/04/2017
- [24] Sociedade Brasileira de Física. Regulamento da Olimpíada Brasileira de Física. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/olimpiada/2017/images/arquivos/Regulamento_da_OBF2017fi.pdf> . Acesso em 10/04/2017
- [25] GORZKOWSKI, W. International physics competitions: International Physics Olympiads and First Step to Nobel Prize in Physics. Ed. Instytut Fizyki PAN, 1999.
- [26] Centro de Informação em Saúde para Viajantes. Síndrome Respiratória Aguda Grave. Estatuto da Olimpíada Internacional de Física (International Physics Olympiad). Disponível em: < <http://www.cives.ufrj.br/informes/sars/sars-it.html> > . Acesso em 15/04/2017
- [27] Organização Mundial da Saúde. Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS). Disponível em: < <http://www.who.int/csr/sars/en/> > . Acesso em 15/04/2017
- [28] Olimpíada Ibero-americana de Física. Países Participantes. Disponível em: < <http://www.sbfisica.org.br/~oibf/paises/index.html> > . Acesso em 18/04/2017
- [29] Olimpíada Europeia de Física. Disponível em: < <http://eupho.ut.ee/> > . Acesso em 28/05/2017

- [31] Olimpíada Brasileira de Física. Vencedores da OBF de 2001. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/olimpiadas/obf2002/noticia4.htm>>. Acesso em : 28/05/2017.
- [32] Olimpíada Brasileira de Física. Vencedores da OBF de 2002. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/olimpiadas/obf2002/resultadofinal.htm>>. Acesso em : 28/05/2017.
- [33] Sociedade Brasileira de Física. Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/~obfep/a-obfep/sobre/>> . Acesso em 10/04/2017
- [34] Olimpíada Brasileira de Física. Edição de 1999. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/olimpiadas/obf1999/main.htm>> . Acesso em : 10/02/2017.
- [35] Olimpíada Paulista de Física. Disponível em: <<http://www.opf.pro.br/home>>. Acesso em : 10/02/2017.
- [36] Olimpíada Paulista de Física. Regulamento da Olimpíada Paulista de Física. Disponível em: <<http://www.opf.pro.br/regulamento>>. Acesso em : 10/02/2017.
- [37] International Physics Olympiad. Resultados Individuais do Brasil. Disponível em: <<http://ipho-unofficial.org/countries/BRA/individual>>. Acesso em: 20/01/2017.
- [38] Indonésia. International Physics Olympiad 2002. Disponível em: <<http://www.fi.itb.ac.id/~ipho33>>. Acesso em: 10/09/2006.
- [39] Taiwan. International Physics Olympiad 2003. Disponível em: <<http://phy.ntnu.edu.tw/ipho2003/>>. Acesso em: 10/09/2006.
- [40] Cingapura. International Physics Olympiad 2006. Disponível em: <<http://www.ipho2006.org/>>. Acesso em: 21/11/2010.
- [41] Vietnã. International Physics Olympiad 2008. Disponível em: <<http://www.ipho2006.org/>>. Acesso em: 21/11/2010.
- [42] México. International Physics Olympiad 2009. Disponível em: <<http://ipho2009.smf.mx/>>. Acesso em: 21/11/2010.
- [43] Croácia. International Physics Olympiad 2010. Disponível em: <<http://ipho2010.hfd.hr/>>. Acesso em: 21/11/2010.

- [44] Tailândia. International Physics Olympiad 2011. Disponível em: <<http://mpec.sc.mahidol.ac.th/ipho2011/>>. Acesso em: 08/09/2011.
- [45] Estônia. International Physics Olympiad 2012. Disponível em: <<http://www.ipho2012.ee/home/>>. Acesso em: 01/08/2012.
- [46] Índia. International Physics Olympiad 2015. Disponível em: <<http://www.ipho2015.in/>>. Acesso em: 17/08/2015.
- [47] Suíça. International Physics Olympiad 2016. Disponível em: <<http://www.ipho2016.org/>>. Acesso em: 05/08/2016.
- [48] SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. Física para engenheiros e cientistas. 8. ed. São Paulo: Ed. Cengage, 2012.
- [49] TAYLOR, J. R. Introdução à Análise de Erros: O Estudo de Incertezas em Medições Físicas. Editora Guanabara. Rio de Janeiro, 1988
- [50] TIPLER, P. A. Física para cientistas e engenheiros. 6. ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2011.
- [51] VUOLO, J. H. Fundamentos da Teoria dos Erros. 2. Ed. São Paulo: Ed. Blucher, 1996.

7. ANEXOS

7.1. Classificação dos Premiados da IPhO de 2002

IPHO 2002 - PREMIADOS						
FINAL	student	TEO	EXP	Final	Class TEO	Class Exp
1	VIETNAM -1	26,70	18,70	45,40	10	1
2	PEOPLE'S REP OF CHINA -1	26,50	15,90	42,40	11	7
3	IRAN -5	25,45	16,30	41,75	18	5
4	PEOPLE'S REP OF CHINA -4	24,25	17,00	41,25	33	3
5	HUNGARY -4	25,50	15,70	41,20	16	9
6	INDONESIA -1	27,60	13,60	41,20	3	31
7	RUSSIA -4	24,60	16,40	41,00	29	4
8	INDONESIA -3	25,35	15,60	40,95	20	10
9	KOREA -2	27,35	13,50	40,85	5	34
10	SINGAPORE -1	25,25	15,60	40,85	22	11
11	INDIA -1	27,05	13,40	40,45	8	36
12	PEOPLE'S REP OF CHINA -5	24,60	15,10	39,70	30	16
13	AZERBAIJAN -3	25,90	13,70	39,60	14	30
14	HUNGARY -1	24,15	15,30	39,45	35	15
15	PEOPLE'S REP OF CHINA -3	27,40	11,70	39,10	4	65
16	GERMANY -3	23,30	15,75	39,05	49	8
17	CHINESE TAIPEI -1	27,30	11,50	38,80	6	72
18	KOREA -4	24,60	14,20	38,80	31	23
19	AZERBAIJAN -1	25,00	13,50	38,50	24	35
20	IRAN -1	25,40	12,90	38,30	19	44
21	RUSSIA -1	24,85	13,20	38,05	26	39
22	CANADA -5	23,95	13,80	37,75	41	27
23	KOREA -1	24,10	13,60	37,70	37	32
24	UNITED KINGDOM -5	22,90	14,80	37,70	59	17
25	CHINESE TAIPEI -5	22,10	15,40	37,50	65	13
26	KAZAKHSTAN -2	21,95	15,50	37,45	68	12
27	AZERBAIJAN -4	23,10	14,20	37,30	55	24
28	GEORGIA -3	25,08	12,10	37,18	23	54
29	SINGAPORE -5	23,15	14,00	37,15	54	26
30	IRAN -3	26,85	10,10	36,95	9	105
31	IRAN -4	28,35	8,60	36,95	1	141
32	HUNGARY -5	20,50	16,30	36,80	83	6
33	UKRAINE -1	24,10	12,70	36,80	38	46
34	CHINESE TAIPEI -4	25,50	11,20	36,70	17	79
35	GEORGIA -2	23,90	12,80	36,70	42	45
36	INDONESIA -4	24,60	12,00	36,60	32	58
37	IRAN -2	27,90	8,70	36,60	2	139

IPHO 2002 - PREMIADOS						
FINAL	student	TEO	EXP	Final	Class TEO	Class Exp
38	SLOVENIA -1	18,60	18,00	36,60	97	2
39	RUSSIA -2	23,05	13,40	36,45	57	37
40	THAILAND -3	23,25	13,20	36,45	51	40
41	KOREA -3	26,40	9,90	36,30	13	114
42	TURKEY -2	25,30	10,70	36,00	21	89
43	RUSSIA -5	22,00	13,80	35,80	66	28
44	SINGAPORE -3	23,30	12,40	35,70	50	52
45	INDIA -5	23,10	12,10	35,20	56	55
46	ROMANIA -1	23,60	11,50	35,10	44	73
47	ROMANIA -2	27,10	8,00	35,10	7	154
48	AUSTRIA -3	23,20	11,80	35,00	52	62
49	BELARUS -1	23,00	11,80	34,80	58	63
50	AUSTRALIA -2	20,15	14,60	34,75	85	19
51	THAILAND -2	19,85	14,60	34,45	88	20
52	AZERBAIJAN -2	20,80	13,60	34,40	79	33
53	INDIA -2	24,15	10,10	34,25	36	106
54	ROMANIA -4	25,00	9,20	34,20	25	126
55	INDIA -4	25,75	8,30	34,05	15	148
56	THAILAND -5	24,05	10,00	34,05	40	109
57	CANADA -3	22,40	11,60	34,00	62	69
58	CHINESE TAIPEI -3	21,85	12,10	33,95	71	56
59	RUSSIA -3	24,75	9,20	33,95	27	127
60	GERMANY -1	22,70	11,20	33,90	60	80
61	MOLDOVA -1	20,70	12,95	33,65	80	43
62	BELARUS -3	22,70	10,80	33,50	61	87
63	UNITED KINGDOM -2	21,70	11,80	33,50	72	64
64	POLAND -1	21,90	11,50	33,40	69	74
65	AUSTRALIA -3	22,00	11,30	33,30	67	77
66	KYRGYZSTAN -1	23,45	9,75	33,20	47	117
67	ROMANIA -3	21,30	11,90	33,20	74	61
68	ROMANIA -5	18,25	14,75	33,00	99	18
69	INDONESIA -5	23,50	9,40	32,90	46	122
70	PEOPLE'S REP OF CHINA -2	24,25	8,60	32,85	34	142
71	INDIA -3	22,35	10,40	32,75	63	96
72	GERMANY -5	21,30	11,40	32,70	75	75
73	HUNGARY -2	20,65	12,00	32,65	82	59
74	TURKEY -4	21,90	10,50	32,40	70	94
75	VIETNAM -2	23,20	9,20	32,40	53	128
76	GEORGIA -4	23,45	8,90	32,35	48	135
77	KOREA -5	26,45	5,80	32,25	12	187
78	GEORGIA -1	16,65	15,40	32,05	115	14
79	CUBA -1	21,40	10,60	32,00	73	92

IPHO 2002 - PREMIADOS						
FINAL	student	TEO	EXP	Final	Class TEO	Class Exp
80	ARMENIA -1	22,20	9,40	31,60	64	123
81	HUNGARY -3	23,55	7,80	31,35	45	158
82	AUSTRALIA -5	16,80	13,80	30,60	114	29
83	KAZAKHSTAN -5	23,70	6,50	30,20	43	178
84	CZECH -2	19,40	10,60	30,00	91	93
85	SLOVAKIA -1	17,25	12,70	29,95	107	47
86	POLAND -4	17,40	12,50	29,90	105	51
87	THAILAND -1	19,50	10,30	29,80	90	99
88	PAKISTAN -5	16,40	13,10	29,50	117	41
89	LATVIA -1	15,15	14,25	29,40	127	22
90	GEORGIA -5	19,10	10,20	29,30	94	103
91	INDONESIA -2	20,05	9,10	29,15	86	130
92	YUGOSLAVIA -5	16,85	12,30	29,15	113	53
93	DENMARK -4	18,60	10,30	28,90	98	100
94	CROATIA -5	20,70	8,05	28,75	81	153
95	GERMANY -2	17,55	11,05	28,60	103	84
96	CROATIA -3	17,80	10,50	28,30	102	95
97	VIETNAM -3	20,85	7,40	28,25	77	165
98	UKRAINE -2	24,70	3,40	28,10	28	202
99	YUGOSLAVIA -2	19,00	8,90	27,90	95	136
100	PAKISTAN -2	16,40	11,30	27,70	118	78
101	TURKEY -3	18,00	9,70	27,70	101	118
102	BULGARIA -2	19,65	8,00	27,65	89	155
103	UKRAINE -3	21,25	6,20	27,45	76	182
104	BELARUS -2	20,85	6,45	27,30	78	179
105	YUGOSLAVIA -1	19,40	7,80	27,20	92	159
106	YUGOSLAVIA -4	14,50	12,70	27,20	133	48
107	BELARUS -5	24,10	3,00	27,10	39	203
108	CHINESE TAIPEI -2	17,30	9,80	27,10	106	115
109	NETHERLANDS -2	13,60	13,30	26,90	143	38
110	CUBA -4	15,60	11,00	26,60	125	85
111	SLOVAKIA -2	20,30	6,30	26,60	84	180
112	IRELAND -3	16,55	10,00	26,55	116	110
113	UNITED KINGDOM -1	13,50	13,00	26,50	144	42
114	ESTONIA -1	15,25	11,20	26,45	126	81
115	UNITED KINGDOM -3	14,55	11,60	26,15	132	70
116	NETHERLANDS -5	15,00	11,10	26,10	129	83
117	POLAND -2	15,65	10,40	26,05	124	97
118	SINGAPORE -2	15,85	10,00	25,85	122	111
119	CZECH -1	17,20	8,50	25,70	108	143
120	TURKEY -1	18,05	7,60	25,65	100	161
121	POLAND -3	16,10	9,30	25,40	120	124

IPHO 2002 - PREMIADOS						
FINAL	Student	TEO	EXP	Final	Class TEO	Class Exp
122	VIETNAM -4	18,70	6,70	25,40	96	174
123	BULGARIA -3	16,20	9,10	25,30	119	131
124	VIETNAM -5	20,00	5,10	25,10	87	192
125	CANADA -2	13,30	11,70	25,00	150	66
126	NETHERLANDS -1	10,80	14,20	25,00	180	25
127	ESTONIA -5	13,10	11,70	24,80	152	67
128	ICELAND -3	14,75	10,00	24,75	131	112
129	BRAZIL -2	17,00	7,60	24,60	111	162
130	BOSNIA HERZEGOVINA -2	12,75	11,70	24,45	159	68
131	BELARUS -4	17,10	7,20	24,30	110	167
132	UKRAINE -4	14,50	9,80	24,30	134	116
133	UNITED KINGDOM -4	14,15	10,10	24,25	139	107
134	AUSTRALIA -1	11,50	12,70	24,20	170	49
135	ITALY -4	12,15	12,00	24,15	166	60
136	POLAND -5	19,25	4,80	24,05	93	198
137	AUSTRALIA -4	15,70	8,30	24,00	123	149
138	CZECH -4	16,00	7,90	23,90	121	156
139	KAZAKHSTAN -4	14,25	9,30	23,55	137	125
140	BELGIUM -4	13,40	10,10	23,50	146	108
141	CANADA -1	17,55	5,70	23,25	104	189
142	TURKEY -5	12,95	10,00	22,95	156	113
143	PAKISTAN -1	12,40	10,30	22,70	162	101
144	DENMARK -2	13,35	8,70	22,05	149	140
145	SLOVENIA -5	13,25	8,80	22,05	151	138
146	AUSTRIA -2	13,40	8,40	21,80	147	144
147	DENMARK -1	13,40	8,30	21,70	148	150
148	MALAYSIA -1	12,40	9,10	21,50	163	132
149	PAKISTAN -3	11,30	10,20	21,50	175	104
150	CROATIA -4	17,00	4,40	21,40	112	199
151	SLOVAKIA -3	15,05	6,10	21,15	128	185
152	MEXICO -4	11,60	9,50	21,10	169	119
153	CUBA -2	13,90	7,10	21,00	140	169
154	SPAIN -5	8,20	12,65	20,85	195	50
155	SWITZERLAND -5	11,85	9,00	20,85	168	133
156	DENMARK -3	13,65	7,10	20,75	141	170
157	ICELAND -1	13,65	7,00	20,65	142	172
158	LITHUANIA -3	8,95	11,40	20,35	192	76
159	BULGARIA -4	13,10	7,20	20,30	153	168
160	BULGARIA -5	13,00	7,30	20,30	154	166
161	PAKISTAN -4	9,60	10,65	20,25	191	91
162	CZECH -3	11,20	9,00	20,20	176	134
163	AUSTRIA -4	8,00	12,10	20,10	197	57

IPHO 2002 - PREMIADOS						
FINAL	Student	TEO	EXP	Final	Class TEO	Class Exp
164	GERMANY -4	14,45	5,60	20,05	135	190
165	ITALY -3	14,20	5,80	20,00	138	188
166	BOSNIA HERZEGOVINA -1	14,90	5,00	19,90	130	195
167	ITALY -5	5,35	14,40	19,75	205	21
168	LATVIA -3	11,20	8,40	19,60	177	145
169	ARMENIA -3	12,80	6,70	19,50	158	175
170	SWITZERLAND -4	10,00	9,50	19,50	187	120
171	LATVIA -2	11,50	7,90	19,40	171	157
172	CANADA -4	10,00	9,20	19,20	188	129
173	SWEDEN -5	11,50	7,70	19,20	172	160
174	FINLAND -3	12,95	6,20	19,15	157	183
175	SINGAPORE -4	7,50	11,60	19,10	201	71
176	NETHERLANDS -3	13,50	5,50	19,00	145	191
177	SPAIN -1	12,75	6,20	18,95	160	184
178	ALBANIA -1	8,20	10,70	18,90	196	90
179	ITALY -1	10,45	8,30	18,75	183	151
180	MALAYSIA -2	10,30	8,40	18,70	185	146
181	SWEDEN -3	11,15	7,50	18,65	178	164
182	BRAZIL -1	7,60	10,90	18,50	199	86
183	COLOMBIA -1	7,70	10,80	18,50	198	88
184	MONGOLIA -1	11,50	6,90	18,40	173	173
185	CZECH -5	10,65	7,60	18,25	182	163
186	TURKMENISTAN -1	17,20	1,00	18,20	109	205
187	BELGIUM -5	13,00	5,10	18,10	155	193
188	MALAYSIA -5	6,80	11,20	18,00	204	82
189	THAILAND -4	9,85	8,10	17,95	189	152
190	SLOVENIA -2	7,45	10,40	17,85	202	98
191	YUGOSLAVIA -3	12,60	5,10	17,70	161	194
192	CROATIA -2	7,30	10,30	17,60	203	102
193	ESTONIA -4	10,45	7,10	17,55	184	171
194	PHILIPPINES -2	10,95	6,60	17,55	179	177
195	SLOVAKIA -4	8,60	8,90	17,50	194	137
196	LATVIA -4	12,30	4,90	17,20	165	197
197	UKRAINE -5	14,40	2,80	17,20	136	204
198	AUSTRIA -1	8,70	8,40	17,10	193	147
199	LITHUANIA -4	7,60	9,50	17,10	200	121
200	BRAZIL -4	10,10	6,70	16,80	186	176
201	CYPRUS -4	10,70	5,90	16,60	181	186
202	LITHUANIA -5	11,45	5,00	16,45	174	196
203	SLOVENIA -3	12,40	4,00	16,40	164	201
204	SPAIN -3	12,15	4,20	16,35	167	200
205	DENMARK -5	9,80	6,30	16,10	190	181

7.2. Classificação dos Premiados da IPhO de 2003

IPHO 2003 - PREMIADOS							
Rank	Country	Student Code	Theory	Experiment	Total	Class Teo	Class Exp
1	USA	USA-2	25,0	17,3	42,3	3	1
2	India	IND-4	26,5	14,9	41,4	2	19
3	Indonesia	INA-2	23,6	16,4	40,0	6	5
4	Taiwan	TWN-3	22,1	16,2	38,3	11	7
5	Germany	FRG-2	22,4	15,9	38,3	10	10
6	I.R. of Iran	IRI-4	24,3	13,4	37,7	4	35
7	South Korea	ROK-4	22,5	14,8	37,3	9	20
8	Russia	RUS-1	22,8	13,9	36,7	8	26
9	Poland	POL-3	23,7	13,0	36,7	5	45
10	South Korea	ROK-3	21,0	15,4	36,4	14	12
11	Taiwan	TWN-2	21,8	14,3	36,1	12	23
12	Switzerland	SUI-5	20,7	15,1	35,8	17	16
13	USA	USA-4	28,2	6,5	34,7	1	157
14	Taiwan	TWN-1	19,1	15,2	34,3	25	15
15	Romania	ROM-2	21,0	13,3	34,3	15	37
16	South Korea	ROK-1	20,2	14,0	34,2	20	24
17	I.R. of Iran	IRI-3	17,9	16,1	34,0	33	8
18	Thailand	THA-4	16,6	17,3	33,9	41	2
19	USA	USA-5	21,0	12,7	33,7	16	48
20	India	IND-3	18,6	14,6	33,2	29	21
21	Thailand	THA-2	15,7	16,8	32,5	50	3
22	USA	USA-1	16,2	16,3	32,5	46	6
23	USA	USA-3	18,1	13,7	31,8	30	30
24	Canada	CAN-5	17,8	13,6	31,4	34	31
25	Indonesia	INA-1	20,0	11,3	31,3	21	68
26	South Korea	ROK-5	20,5	10,8	31,3	18	76
27	Germany	FRG-1	15,1	16,0	31,1	60	9
28	Russia	RUS-4	19,3	11,8	31,1	23	61
29	I.R. of Iran	IRI-5	15,3	15,1	30,4	57	17
30	Czech Republic	CZE-1	19,6	10,6	30,2	22	79
31	South Korea	ROK-2	18,0	12,1	30,1	31	56
32	Taiwan	TWN-4	14,6	15,4	30,0	66	13
33	Ukraine	UKR-2	18,7	10,8	29,5	27	77
34	Ukraine	UKR-3	16,7	12,6	29,3	40	50
35	Israel	ISA-2	15,7	13,4	29,1	51	36
36	Indonesia	INA-3	17,6	11,5	29,1	36	65
37	I.R. of Iran	IRI-1	15,1	13,9	29,0	61	27
38	Canada	CAN-3	17,0	11,7	28,7	39	62

IPHO 2003 - PREMIADOS							
Rank	Country	Student Code	Theory	Experiment	Total	Class Teo	Class Exp
39	Australia	AUS-3	13,8	14,6	28,4	76	22
40	Georgia	GEO-4	15,8	12,6	28,4	49	51
41	I.R. of Iran	IRI-2	20,3	8,1	28,4	19	133
42	Romania	ROM-3	14,6	13,6	28,2	67	32
43	Australia	AUS-4	12,6	15,5	28,1	92	11
44	Hungary	HUN-1	15,5	12,5	28,0	53	53
45	Australia	AUS-1	12,4	15,4	27,8	93	14
46	Turkey	TUR-4	14,5	13,3	27,8	70	38
47	Romania	ROM-1	15,5	12,2	27,7	54	55
48	Australia	AUS-5	10,9	16,7	27,6	116	4
49	Singapore	SIN-4	14,4	13,0	27,4	71	46
50	Kazakhstan	KAZ-2	17,8	9,6	27,4	35	104
51	Singapore	SIN-3	13,5	13,8	27,3	82	28
52	Belarus	BLR-2	15,2	12,1	27,3	58	57
53	Estonia	EST-1	15,4	11,9	27,3	55	60
54	Germany	FRG-5	16,3	10,9	27,2	45	74
55	Vietnam	VIE-2	23,4	3,8	27,2	7	198
56	Australia	AUS-2	17,6	9,5	27,1	37	105
57	Bulgaria	BUL-2	13,8	13,2	27,0	77	39
58	Russia	RUS-3	17,3	9,7	27,0	38	100
59	Azerbaijan	AZE-2	18,7	8,3	27,0	28	126
60	Indonesia	INA-5	18,0	8,8	26,8	32	116
61	Slovakia	SVK-1	21,7	5,1	26,8	13	182
62	Russia	RUS-5	16,6	10,0	26,6	42	94
63	Hungary	HUN-4	15,0	11,3	26,3	62	69
64	Vietnam	VIE-5	16,6	9,5	26,1	43	106
65	Poland	POL-1	14,1	11,2	25,3	73	72
66	Canada	CAN-2	11,3	13,8	25,1	108	29
67	Belarus	BLR-5	14,7	10,2	24,9	65	91
68	Germany	FRG-4	12,1	12,7	24,8	96	49
69	Taiwan	TWN-5	15,0	9,8	24,8	63	99
70	Georgia	GEO-3	15,7	8,9	24,6	52	113
71	Poland	POL-2	14,8	9,7	24,5	64	101
72	Ukraine	UKR-5	19,2	5,3	24,5	24	179
73	Poland	POL-4	11,4	13,0	24,4	107	47
74	Czech Republic	CZE-2	13,1	11,3	24,4	88	70
75	Vietnam	VIE-3	15,9	8,4	24,3	48	121
76	Latvia	LAT-5	13,7	10,3	24,0	80	88
77	Canada	CAN-1	13,3	10,6	23,9	86	80

IPOH 2003 - PREMIADOS							
Rank	Country	Student Code	Theory	Experiment	Total	Class Teo	Class Exp
78	Poland	POL-5	10,3	13,5	23,8	127	34
79	Hungary	HUN-5	15,4	8,4	23,8	56	122
80	Czech Republic	CZE-3	16,0	7,8	23,8	47	136
81	Israel	ISA-3	16,4	7,3	23,7	44	146
82	Bulgaria	BUL-1	10,5	13,1	23,6	125	42
83	Ukraine	UKR-1	19,1	4,2	23,3	26	196
84	India	IND-2	10,6	12,6	23,2	123	52
85	Finland	FIN-4	10,8	12,4	23,2	118	54
86	Ukraine	UKR-4	12,7	10,5	23,2	91	82
87	Latvia	LAT-3	10,0	13,1	23,1	131	43
88	Singapore	SIN-5	9,3	13,6	22,9	138	33
89	Croatia	CRO-1	7,7	15,1	22,8	155	18
90	Indonesia	INA-4	10,7	11,7	22,4	121	63
91	Hungary	HUN-3	15,2	7,2	22,4	59	147
92	Ireland	IRL-3	10,1	12,0	22,1	129	58
93	Pakistan	PAK-1	10,5	11,6	22,1	126	64
94	Romania	ROM-5	13,8	8,3	22,1	78	127
95	Switzerland	SUI-2	12,0	10,0	22,0	99	95
96	Turkey	TUR-2	12,9	9,1	22,0	89	111
97	Serbia and Montenegro	SBM-4	13,8	8,2	22,0	79	129
98	Finland	FIN-2	11,2	10,3	21,5	111	89
99	Thailand	THA-5	11,5	10,0	21,5	106	96
100	Vietnam	VIE-1	13,7	7,8	21,5	81	137
101	Russia	RUS-2	13,4	7,8	21,2	83	138
102	Cuba	CUB-1	14,6	6,5	21,1	68	158
103	Belarus	BLR-4	14,6	6,5	21,1	69	159
104	Thailand	THA-3	10,6	10,4	21,0	124	85
105	Netherlands	NET-4	10,8	10,1	20,9	119	92
106	Norway	NOR-1	11,2	9,7	20,9	112	102
107	Israel	ISA-1	13,4	7,4	20,8	84	142
108	Estonia	EST-3	14,0	6,8	20,8	75	155
109	Germany	FRG-3	9,8	10,9	20,7	134	75
110	Kazakhstan	KAZ-1	12,4	8,2	20,6	94	130
111	Philippines	PHI-1	10,1	10,4	20,5	130	86
112	Czech Republic	CZE-5	11,3	9,2	20,5	109	110
113	Italy	ITA-2	9,0	11,3	20,3	142	71
114	India	IND-5	10,8	9,5	20,3	120	107
115	Armenia	ARM-1	11,9	8,3	20,2	100	128
116	Czech Republic	CZE-4	9,9	10,1	20,0	132	93

IPHO 2003 - PREMIADOS							
Rank	Country	Student Code	Theory	Experiment	Total	Class Teo	Class Exp
117	Turkey	TUR-1	11,8	8,2	20,0	104	131
118	Serbia and Montenegro	SBM-2	8,4	11,5	19,9	151	66
119	Italy	ITA-4	9,0	10,5	19,5	143	83
120	Netherlands	NET-5	6,2	13,2	19,4	173	40
121	Netherlands	NET-2	8,9	10,5	19,4	146	84
122	Denmark	DEN-2	11,3	8,1	19,4	110	134
123	India	IND-1	13,4	6,0	19,4	85	167
124	Norway	NOR-2	6,1	13,2	19,3	175	41
125	Kazakhstan	KAZ-3	11,1	8,2	19,3	113	132
126	Ireland	IRL-1	6,1	13,1	19,2	176	44
127	Singapore	SIN-2	8,6	10,6	19,2	150	81
128	Bulgaria	BUL-3	14,2	5,0	19,2	72	186
129	Brazil	BRA-3	5,1	14,0	19,1	189	25
130	Latvia	LAT-1	10,7	8,4	19,1	122	123
131	Singapore	SIN-1	9,0	10,0	19,0	144	97
132	Moldova	MDA-1	13,2	5,7	18,9	87	172
133	Denmark	DEN-4	8,7	10,0	18,7	147	98
134	Croatia	CRO-3	7,6	10,8	18,4	156	78
135	Serbia and Montenegro	SBM-1	11,9	6,1	18,0	101	165
136	Latvia	LAT-2	12,1	5,7	17,8	97	173
137	Belarus	BLR-1	14,1	3,6	17,7	74	202
138	Finland	FIN-3	11,1	6,5	17,6	114	160
139	Italy	ITA-1	8,7	8,7	17,4	148	118
140	Canada	CAN-4	11,9	5,4	17,3	102	178
141	Kazakhstan	KAZ-5	10,9	6,3	17,2	117	163
142	Israel	ISA-4	9,9	7,1	17,0	133	149
143	Romania	ROM-4	12,3	4,7	17,0	95	191
144	Pakistan	PAK-3	7,9	8,9	16,8	153	114
145	Switzerland	SUI-1	7,1	9,5	16,6	165	108
146	Israel	ISA-5	11,9	4,4	16,3	103	194
147	Thailand	THA-1	5,8	10,4	16,2	181	87
148	Hungary	HUN-2	7,5	8,6	16,1	160	119
149	Moldova	MDA-3	8,2	7,9	16,1	152	135
150	Denmark	DEN-1	9,0	7,1	16,1	145	150
151	Serbia and Montenegro	SBM-5	9,2	6,9	16,1	139	153
152	Turkey	TUR-3	11,8	4,3	16,1	105	195
153	Serbia and Montenegro	SBM-3	12,1	4,0	16,1	98	197

7.3. Classificação dos Premiados da IPhO de 2006

IPhO 2006 - Premiados							
No	Country	Student	Total (Theory)	Total (Expt)	Total	Class Teo	Class Exp
1	Indonesia	IDN4	29,7	17,5	47,2	3	1
2	China	CHN3	29,6	16,75	46,35	4	3
3	Hungary	HUN1	30	15,45	45,45	1	8
4	China	CHN2	29,1	15,6	44,7	7	7
5	United States	USA3	28,8	15,9	44,7	11	5
6	China	CHN5	28,8	14,1	42,9	12	18
7	Indonesia	IDN2	29,4	12,8	42,2	5	25
8	Korea, South	KOR3	27,1	14,2	41,3	21	17
9	Canada	CAN1	24,3	16,9	41,2	41	2
10	Korea, South	KOR4	26,5	14,65	41,15	24	12
11	Chinese Taipei	TPE1	28,9	12,05	40,95	10	38
12	United States	USA5	28,2	12,7	40,9	15	26
13	United States	USA4	29,1	11,3	40,4	8	48
14	China	CHN4	30	10,4	40,4	2	71
15	Poland	POL3	29,1	11	40,1	9	53
16	China	CHN1	24,8	15,3	40,1	35	9
17	Korea, South	KOR2	25,3	14,65	39,95	31	13
18	Chinese Taipei	TPE4	23,3	16,4	39,7	51	4
19	Chinese Taipei	TPE3	29,3	10,3	39,6	6	72
20	Germany	DEU3	27,4	12,15	39,55	19	37
21	Indonesia	IDN5	24,4	14,4	38,8	39	16
22	Russian Federation	RUS5	22,9	15,25	38,15	54	10
23	Korea, South	KOR1	24,7	13,3	38	37	20
24	Singapore	SGP4	25,6	12,25	37,85	28	34
25	India	IND5	27	10,75	37,75	22	59
26	Turkey	TUR4	25,4	12,3	37,7	30	33
27	Azerbaijan Republic	AZE1	28,5	9,15	37,65	13	102
28	Thailand	THA1	25,2	12,45	37,65	32	30
29	Romania	ROM1	28,3	9,2	37,5	14	100
30	United States	USA1	28,1	9,4	37,5	16	94
31	Russian Federation	RUS2	27,3	10,15	37,45	20	75
32	Iran, Islamic Republic Of	IRN1	28	9,25	37,25	17	98
33	Germany	DEU5	25,8	11,45	37,25	26	46
34	India	IND2	27,6	9,6	37,2	18	90
35	Canada	CAN2	24,2	12,95	37,15	42	24
36	Indonesia	IDN3	24,7	12,35	37,05	36	32
37	Australia	AUS5	24,4	12,65	37,05	40	28
38	France	FRA3	24,2	12,2	36,4	43	35
39	Chinese Taipei	TPE5	24,6	10,6	35,2	38	64
40	Austria	AUT2	23,7	11,35	35,05	48	47
41	United States	USA2	24,1	10,65	34,75	44	62
42	Turkey	TUR2	21,9	12,65	34,55	62	29
43	Iran, Islamic Republic Of	IRN2	23,5	10,95	34,45	50	56
44	Croatia, Republic of	HRV4	25,1	9,1	34,2	33	108
45	Russian Federation	RUS1	23,6	10,4	34	49	69

IPHO 2006 - Premiadados							
No	Country	Student	Total (Theory)	Total (Expt)	Total	Class Teo	Class Exp
46	Czech Republic	CZE3	22,4	11,6	34	57	44
47	Azerbaijan Republic	AZE5	26,8	7,1	33,9	23	171
48	Hungary	HUN2	26,4	6,9	33,3	25	174
49	Australia	AUS2	18,7	14,6	33,3	89	14
50	Hong Kong	HKG4	22,7	10,5	33,2	55	65
51	Israel	ISR3	23,8	9,3	33,1	47	96
52	Azerbaijan Republic	AZE4	25,7	7,35	33,05	27	161
53	Iran, Islamic Republic Of	IRN5	23	9,8	32,8	52	82
54	Thailand	THA5	21	11,75	32,75	69	42
55	Azerbaijan Republic	AZE3	25,4	7,3	32,7	29	162
56	Japan	JPN1	22	10,7	32,7	60	61
57	Iran, Islamic Republic Of	IRN3	24,8	7,55	32,35	34	154
58	Romania	ROM4	24	8,3	32,3	46	127
59	Hungary	HUN5	22	10,2	32,2	61	73
60	Indonesia	IDN1	22,1	9,7	31,8	59	88
61	Bulgaria	BGR4	21,6	10	31,6	66	77
62	Russian Federation	RUS4	19,5	12	31,5	80	39
63	Germany	DEU2	16,4	14,9	31,3	118	11
64	Slovakia	SVK3	22,3	8,9	31,2	58	115
65	Moldova	MDA2	20,2	10,95	31,15	76	57
66	Korea, South	KOR5	18,9	12,15	31,05	86	36
67	Romania	ROM5	21,7	9,3	31	64	97
68	Kazakhstan	KAZ3	23	7,75	30,75	53	150
69	Iran, Islamic Republic Of	IRN4	21	9,75	30,75	70	86
70	Thailand	THA4	20	10,65	30,65	77	63
71	Russian Federation	RUS3	20,8	9,8	30,6	71	83
72	Hungary	HUN3	22,5	7,6	30,1	56	153
73	Hong Kong	HKG3	20,5	9,4	29,9	74	93
74	Thailand	THA3	21,6	8,2	29,8	67	131
75	Mongolia	MNG4	21,8	7,8	29,6	63	149
76	France	FRA2	16,5	13,1	29,6	113	23
77	Thailand	THA2	17	12,4	29,4	109	31
78	Ukraine	UKR1	19,5	9,85	29,35	81	81
79	Israel	ISR1	17,7	11,6	29,3	99	45
80	Hungary	HUN4	17,5	11,75	29,25	103	43
81	Ukraine	UKR5	21,5	7,6	29,1	68	152
82	Ukraine	UKR2	19,4	9,7	29,1	83	89
83	Serbia, Republic of	SCG5	18,1	10,95	29,05	93	58
84	Hong Kong	HKG1	20,2	8,8	29	75	116
85	Singapore	SGP3	14,4	14,6	29	140	15
86	Ukraine	UKR4	20,7	8,2	28,9	72	132
87	Azerbaijan Republic	AZE2	24,1	4,6	28,7	45	233
88	United Kingdom	GBR1	20,7	7,8	28,5	73	144
89	Germany	DEU4	15,1	13,15	28,25	130	21
90	Vietnam	VNM2	17	11	28	110	54
91	Czech Republic	CZE2	16,1	11,9	28	120	40
92	Singapore	SGP1	16,5	11,2	27,7	114	49
93	Japan	JPN4	17,1	10,5	27,6	108	66

IPhO 2006 - Premiados							
No	Country	Student	Total (Theory)	Total (Expt)	Total	Class Teo	Class Exp
94	Belarus	BLR5	19,5	7,85	27,35	82	142
95	Turkey	TUR3	19,1	8,2	27,3	84	133
96	India	IND4	19,8	7,4	27,2	78	159
97	Italy	ITA3	18,1	9,05	27,15	94	110
98	Singapore	SGP5	17,3	9,8	27,1	104	84
99	Chinese Taipei	TPE2	17,8	9,25	27,05	97	99
100	Japan	JPN5	17,7	9,15	26,85	100	103
101	United Kingdom	GBR5	16,5	10	26,5	115	78
102	Vietnam	VNM4	15,1	11,2	26,3	131	50
103	India	IND1	18,5	7,5	26	92	156
104	Portugal	PRT2	14,9	11,1	26	136	52
105	Finland	FIN3	19,6	6,3	25,9	79	197
106	Canada	CAN3	15,8	10,05	25,85	123	76
107	Ukraine	UKR3	21,7	4	25,7	65	238
108	Vietnam	VNM5	15,7	10	25,7	125	79
109	Singapore	SGP2	9,8	15,8	25,6	211	6
110	Czech Republic	CZE1	16,8	8,5	25,3	111	120
111	Bulgaria	BGR3	16,6	8,45	25,05	112	121
112	Argentina	ARG4	18,8	6	24,8	88	205
113	Slovakia	SVK2	16,5	8,2	24,7	116	134
114	Belarus	BLR4	18,1	6,4	24,5	95	192
115	Lithuania	LTU5	17,6	6,9	24,5	102	176
116	Belarus	BLR2	17,2	7,2	24,4	106	165
117	Belarus	BLR1	18,9	5,3	24,2	87	222
118	Germany	DEU1	14,3	9,85	24,15	143	80
119	France	FRA5	13,7	10,4	24,1	151	70
120	Finland	FIN4	15,7	8,35	24,05	126	126
121	Lithuania	LTU2	14,9	9,1	24	137	106
122	Romania	ROM2	19	4,9	23,9	85	229
123	Israel	ISR2	17,7	6,2	23,9	101	200
124	Romania	ROM3	16	7,9	23,9	121	139
125	Hong Kong	HKG2	17,3	6,5	23,8	105	187
126	Denmark	DNK1	16,5	7,3	23,8	117	163
127	India	IND3	10,2	13,45	23,65	204	19
128	Australia	AUS4	10,8	12,7	23,5	193	27
129	United Kingdom	GBR2	18,6	4,85	23,45	90	230
130	Australia	AUS1	13,4	9,8	23,2	154	85
131	France	FRA4	15	7,9	22,9	134	140
132	Italy	ITA4	18	4,7	22,7	96	231
133	Bulgaria	BGR2	13,5	9,05	22,55	153	109
134	Netherlands	NLD2	11,5	10,75	22,25	186	60
135	Italy	ITA5	13,8	8,4	22,2	150	125
136	Mongolia	MNG5	10,3	11,85	22,15	203	41
137	Israel	ISR4	16,3	5,8	22,1	119	213
138	Czech Republic	CZE5	14,3	7,8	22,1	141	148
139	Bulgaria	BGR5	13,6	8,3	21,9	152	128
140	Slovenia	SVN4	11,7	10,2	21,9	181	74
141	Switzerland	CHE3	15,8	5,9	21,7	124	209

IPHO 2006 - Premiadados							
No	Country	Student	Total (Theory)	Total (Expt)	Total	Class Teo	Class Exp
142	Portugal	PRT5	15,3	6,3	21,6	129	198
143	Kyrgyzstan	KGZ2	15	6,6	21,6	135	182
144	Kyrgyzstan	KGZ5	12,5	9,1	21,6	166	104
145	Australia	AUS3	10,6	11	21,6	200	55
146	Japan	JPN3	15,1	6,5	21,6	133	185
147	Austria	AUT4	16	5,5	21,5	122	219
148	Switzerland	CHE2	12,3	9,2	21,5	170	101
149	Philippines	PHL1	18,6	2,85	21,45	91	246
150	Poland	POL1	17,8	3,6	21,4	98	241
151	Italy	ITA2	14,3	7,05	21,35	142	172
152	Vietnam	VNM3	14,4	6,9	21,3	139	175
153	Kazakhstan	KAZ4	17,2	4,1	21,3	107	236
154	Turkmenistan	TKM2	14,1	7,2	21,3	146	168
155	Switzerland	CHE4	13,4	7,85	21,25	155	143
156	Malaysia	MYS4	10,8	10,45	21,25	194	68
157	Mongolia	MNG2	13,3	7,9	21,2	156	141
158	Serbia, Republic of	SCG1	13	8,15	21,15	159	137
159	Macau	MAC3	15,4	5,7	21,1	128	214
160	France	FRA1	13,3	7,8	21,1	157	145
161	Colombia	COL1	12,3	8,8	21,1	171	117
162	Turkmenistan	TKM1	12,1	9	21,1	174	111
163	Latvia	LVA3	12	9,1	21,1	175	105
164	Netherlands	NLD1	10,6	10,5	21,1	201	67
165	United Kingdom	GBR4	7,9	13,15	21,05	237	22
166	Armenia	ARM2	11,6	9,45	21,05	184	92
167	Bulgaria	BGR1	14	7	21	148	173
168	United Kingdom	GBR3	11,7	9,3	21	182	95
169	Lithuania	LTU4	11,7	9,1	20,8	183	107
170	Japan	JPN2	15,7	4,9	20,6	127	228
171	Pakistan	PAK4	12,6	7,8	20,4	163	146
172	Albania	ALB3	12	8,25	20,25	176	130
173	Poland	POL2	13,9	6,3	20,2	149	199
174	Lithuania	LTU3	14,5	5,5	20	138	218
175	Turkey	TUR5	8,6	11,2	19,8	229	51
176	Slovenia	SVN3	13	6,75	19,75	160	181
177	Switzerland	CHE5	10,7	8,95	19,65	198	114
178	Hong Kong	HKG5	11,6	8	19,6	185	138
179	Latvia	LVA1	14,1	5,4	19,5	145	220
180	Slovakia	SVK4	13	6,4	19,4	161	194
181	Kazakhstan	KAZ5	11,2	8,2	19,4	189	135
182	Slovakia	SVK1	9,6	9,55	19,15	214	91
183	Slovenia	SVN5	11,2	7,65	18,85	190	151
184	Italy	ITA1	12,2	6,6	18,8	172	183
185	Poland	POL4	14,2	4,5	18,7	144	234
186	Slovakia	SVK5	9,9	8,8	18,7	208	118
187	Finland	FIN5	10,1	8,55	18,65	207	119
188	Czech Republic	CZE4	12	6,5	18,5	177	190
189	Brazil	BRA3	14,1	4,3	18,4	147	235

IPHO 2006 - Premiados							
No	Country	Student	Total (Theory)	Total (Expt)	Total	Class Teo	Class Exp
190	Lithuania	LTU1	10,8	7,55	18,35	195	155
191	Austria	AUT1	12,2	6	18,2	173	206
192	Slovenia	SVN1	12,6	5,3	17,9	164	223
193	Ireland	IRL2	12,4	5,3	17,7	167	224
194	Sweden	SWE4	10,8	6,85	17,65	196	178
195	Malaysia	MYS2	9,2	8,45	17,65	220	122
196	Argentina	ARG1	9,8	7,8	17,6	212	147
197	Greece	GRC1	10,8	6,5	17,3	197	188
198	Armenia	ARM3	15,1	1,8	16,9	132	250
199	Serbia, Republic of	SCG4	13,2	3,7	16,9	158	239
200	Denmark	DNK3	11,8	5,1	16,9	178	227
201	Slovenia	SVN2	9,5	7,35	16,85	217	160
202	Belarus	BLR3	8,3	8,45	16,75	233	123
203	Canada	CAN5	10,5	6,1	16,6	202	201
204	Netherlands	NLD4	10,2	6,4	16,6	205	193
205	Spain	ESP1	6,6	9,75	16,35	246	87
206	Austria	AUT3	12,6	3,7	16,3	165	240
207	Moldova	MDA5	10,2	6,1	16,3	206	202
208	Sri Lanka	LKA2	11,4	4,7	16,1	187	232
209	Argentina	ARG3	10,7	5,4	16,1	199	221
210	Philippines	PHL2	9,9	6,1	16	209	203
211	Georgia	GEO1	7,8	8,2	16	242	136
212	Israel	ISR5	12,4	3,5	15,9	168	242
213	Poland	POL5	8,9	6,85	15,75	225	177
214	Estonia	EST5	9,2	6,5	15,7	221	186
215	Cyprus	CYP1	8,5	7,15	15,65	231	169
216	Mexico	MEX2	8,5	7,15	15,65	232	170
217	Kyrgyzstan	KGZ4	8,2	7,4	15,6	235	158
218	Estonia	EST2	13	2,5	15,5	162	249
219	Albania	ALB1	9,9	5,6	15,5	210	217
220	Brazil	BRA1	9,6	5,9	15,5	215	210
221	Finland	FIN1	8,7	6,8	15,5	226	179
222	Estonia	EST4	9	6,45	15,45	223	191
223	Estonia	EST3	9,4	6	15,4	218	207
224	Estonia	EST1	9,6	5,65	15,25	213	216
225	Bosnia and Herzegovina	BIH2	12,4	2,8	15,2	169	247
226	Norway	NOR1	7,9	7,2	15,1	238	164
227	Brazil	BRA4	11	4,1	15,1	191	237
228	Austria	AUT5	9	6,1	15,1	224	204
229	Malaysia	MYS3	8,6	6,5	15,1	230	189
230	Brunei Darussalam	BRN1	7,9	7,2	15,1	239	166
231	Spain	ESP4	6,6	8,45	15,05	247	124
232	Belgium	BEL4	8,7	6,3	15	227	195
233	Ireland	IRL4	6	9	15	249	112
234	Moldova	MDA3	11,4	3,5	14,9	188	243
235	Belgium	BEL3	9,6	5,3	14,9	216	225
236	Armenia	ARM4	9,2	5,7	14,9	222	215
237	Bolivia	BOL4	11,8	3	14,8	180	245

IPhO 2006 - Premiados							
No	Country	Student	Total (Theory)	Total (Expt)	Total	Class Teo	Class Exp
238	Sweden	SWE5	7,9	6,8	14,7	240	180
239	Greece	GRC3	8,7	5,8	14,5	228	212
240	Portugal	PRT1	7,3	7,2	14,5	244	167
241	Iceland	ISL4	9,3	5,15	14,45	219	226
242	Macau	MAC5	11,8	2,6	14,4	179	248
243	Sweden	SWE2	6,1	8,3	14,4	248	129
244	Spain	ESP3	6,9	7,45	14,35	245	157
245	Latvia	LVA2	8,3	6	14,3	234	208
246	Cyprus	CYP4	5,3	9	14,3	250	113
247	Cambodia	KHM4	11	3,2	14,2	192	244
248	Turkey	TUR1	7,8	6,3	14,1	241	196
249	Spain	ESP2	7,5	6,55	14,05	243	184
250	Denmark	DNK4	8,1	5,9	14	236	211

7.4. Classificação dos Premiados da IPhO de 2008

IPhO 2008 - Premiados							
Index	Country	Code	Total mark	Total Theory	Total Exp.	Class Exp	Class Teo
1	China	CHN_S02	44,6	26,1	18,5	12	1
2	China	CHN_S01	42,55	24,3	18,25	17	2
3	China	CHN_S05	41,75	24	17,75	32	3
4	Korea, Republic of	KOR_S02	39,7	21,15	18,55	11	7
5	Moldova	MDA_S01	38,1	21,35	16,75	50	5
6	Canada	CAN_S05	38,1	20,1	18	23	8
7	Korea, Republic of	KOR_S03	37,7	21,55	16,15	61	4
8	Indonesia	INA_S02	37,5	18,5	19	4	12
9	Taiwan	TPE_S03	36,85	17,6	19,25	2	20
10	Taiwan	TPE_S01	36,6	17,6	19	5	21
11	Vietnam	VIE_S03	36,25	18,5	17,75	33	13
12	Russian Federation	RUS_S04	35,9	17,7	18,2	21	19
13	Vietnam	VIE_S02	35,68	17,9	17,78	31	16
14	Thailand	THA_S04	35,5	16,75	18,75	8	28
15	India	IND_S05	35,45	21,2	14,25	112	6
16	Germany	GER_S05	35,2	18,9	16,3	57	10
17	China	CHN_S04	34,7	19,95	14,75	96	9
18	Taiwan	TPE_S02	34,63	16,25	18,38	15	29
19	Korea, Republic of	KOR_S04	34,53	18,33	16,2	60	14
20	India	IND_S01	34,45	17,95	16,5	53	15
21	Czech Republic	CZE_S01	34,45	15,75	18,7	10	33
22	Czech Republic	CZE_S03	34,1	14,95	19,15	3	42

IPhO 2008 - Premiados							
Index	Country	Code	Total mark	Total Theory	Total Exp.	Class Exp	Class Teo
23	Bulgaria	BUL_S01	33,5	17,5	16	63	22
24	Korea, Republic of	KOR_S05	33,38	17,73	15,65	72	18
25	Hong Kong	HKG_S01	33,1	15,1	18	24	38
26	Russian Federation	RUS_S02	33,1	15,65	17,45	38	35
27	Japan	JPN_S04	33,05	14,15	18,9	7	47
28	United States	USA_S02	33	14,75	18,25	18	43
29	Vietnam	VIE_S01	32,95	17,75	15,2	85	17
30	Taiwan	TPE_S04	32,73	14,35	18,38	16	44
31	United States	USA_S05	32,7	16,2	16,5	54	31
32	United States	USA_S04	32,68	13,38	19,3	1	55
33	India	IND_S02	32,35	14,35	18	25	45
34	Vietnam	VIE_S04	32,18	15,38	16,8	49	37
35	Slovakia	SVK_S01	32	14,2	17,8	29	46
36	Romania	ROM_S01	31,9	13,5	18,4	14	53
37	Russian Federation	RUS_S03	31,9	16,95	14,95	93	25
38	France	FRA_S01	31,85	17,5	14,35	108	23
39	China	CHN_S03	31,78	15,03	16,75	51	40
40	Turkey	TUR_S04	31,55	16,05	15,5	75	32
41	Taiwan	TPE_S05	31,35	12,85	18,5	13	58
42	United States	USA_S01	31,15	16,9	14,25	113	26
43	Korea, Republic of	KOR_S01	31	18,6	12,4	165	11
44	Thailand	THA_S01	30,75	11,75	19	6	76
45	India	IND_S03	30,75	15,75	15	89	34
46	Thailand	THA_S05	30,75	12,5	18,25	19	65
47	Singapore	SGP_S01	30,65	12,65	18	26	61
48	Italy	ITA_S02	30,4	15,1	15,3	79	39
49	Spain	ESP_S01	30,3	12,65	17,65	35	62
50	Thailand	THA_S03	30,25	13,25	17	44	56
51	India	IND_S04	30,15	16,9	13,25	142	27
52	Poland	POL_S03	30	15	15	90	41
53	France	FRA_S03	29,75	11,8	17,95	28	73
54	Indonesia	INA_S03	29	15,5	13,5	129	36
55	United States	USA_S03	28,83	11,08	17,75	34	87
56	Ukraine	UKR_S01	28,7	17,2	11,5	185	24
57	Hungary	HUN_S05	28,3	12,8	15,5	76	59
58	Italy	ITA_S01	28,15	13,85	14,3	111	49
59	Poland	POL_S04	28,1	12,1	16	64	71
60	Turkmenistan	TKM_S02	28,05	10,05	18	27	103
61	Russian Federation	RUS_S05	28	9,8	18,2	22	108
62	Thailand	THA_S02	27,85	10,85	17	45	90
63	Canada	CAN_S01	27,7	11,7	16	65	80

IPhO 2008 - Premiados							
Index	Country	Code	Total mark	Total Theory	Total Exp.	Class Exp	Class Teo
64	Azerbaijan	AZE_S04	27,6	9,95	17,65	36	106
65	Poland	POL_S02	27,5	9,25	18,25	20	119
66	Bulgaria	BUL_S02	27,5	13,75	13,75	125	51
67	Indonesia	INA_S01	27,48	10,6	16,88	48	94
68	Finland	FIN_S01	27,45	10,1	17,35	40	102
69	Bulgaria	BUL_S04	27,05	11,8	15,25	82	74
70	France	FRA_S04	26,85	11,75	15,1	86	77
71	Israel	ISR_S03	26,75	12,25	14,5	101	69
72	Bosnia and Herzegovina	BIH_S01	26,7	12,2	14,5	102	70
73	Slovakia	SVK_S02	26,6	11,35	15,25	83	84
74	Estonia	EST_S05	26,55	9,4	17,15	43	115
75	Indonesia	INA_S04	26,55	12,3	14,25	114	68
76	Japan	JPN_S03	26,45	10,6	15,85	69	95
77	Romania	ROM_S04	26,45	13,85	12,6	159	50
78	Romania	ROM_S03	26,3	16,25	10,05	217	30
79	Singapore	SGP_S05	26,2	8,4	17,8	30	139
80	Brazil	BRA_S01	26,15	13,4	12,75	155	54
81	Singapore	SGP_S03	26,1	10,45	15,65	73	98
82	France	FRA_S05	26,05	9,15	16,9	47	120
83	Pakistan	PAK_S01	25,65	9,4	16,25	59	116
84	Germany	GER_S04	25,6	11,95	13,65	128	72
85	Ukraine	UKR_S03	25,55	11,6	13,95	124	83
86	Canada	CAN_S02	25,45	8,95	16,5	55	127
87	Turkey	TUR_S02	25,45	12,45	13	150	67
88	Romania	ROM_S02	25,4	14	11,4	194	48
89	Singapore	SGP_S02	25,4	9,3	16,1	62	118
90	Slovenia	SLO_S03	25,3	10,95	14,35	109	88
91	Malaysia	MAS_S03	25,3	8,7	16,6	52	129
92	Ukraine	UKR_S02	25,05	10,45	14,6	99	99
93	Australia	AUS_S02	24,95	6,2	18,75	9	177
94	Brazil	BRA_S04	24,9	11,65	13,25	143	81
95	Israel	ISR_S02	24,85	9,1	15,75	70	121
96	Serbia	SRB_S02	24,65	10,4	14,25	115	100
97	Belarus	BLR_S01	24,55	12,6	11,95	176	63
98	Iran	IRN_S04	24,5	11,75	12,75	156	78
99	Moldova	MDA_S02	24,5	11,25	13,25	144	85
100	Slovakia	SVK_S03	24,4	9,1	15,3	80	122
101	Russian Federation	RUS_S01	24,35	8	16,35	56	146
102	Slovenia	SLO_S02	24,35	6,75	17,6	37	159
103	Hong Kong	HKG_S04	24,3	8,3	16	66	143
104	Croatia	CRO_S05	24	9,75	14,25	116	109

IPhO 2008 - Premiadados							
Index	Country	Code	Total mark	Total Theory	Total Exp.	Class Exp	Class Teo
105	Estonia	EST_S01	23,95	7	16,95	46	154
106	Hong Kong	HKG_S02	23,85	12,6	11,25	195	64
107	Iran	IRN_S02	23,8	11,8	12	174	75
108	Iran	IRN_S03	23,75	11,75	12	175	79
109	Armenia	ARM_S01	23,7	8,7	15	91	130
110	Ukraine	UKR_S04	23,68	11,63	12,05	173	82
111	Vietnam	VIE_S05	23,6	13	10,6	208	57
112	Kyrgyzstan	KGZ_S01	23,55	8,45	15,1	87	138
113	United Kingdom (Great Britain)	UNK_S03	23,4	8,5	14,9	94	136
114	Belarus	BLR_S05	23,35	9,95	13,4	140	107
115	Austria	AUT_S01	23,3	6	17,3	42	182
116	Bulgaria	BUL_S03	23,2	12,7	10,5	210	60
117	Spain	ESP_S03	23,15	5,7	17,45	39	188
118	France	FRA_S02	23,1	10,6	12,5	162	96
119	Czech Republic	CZE_S05	23,1	9,7	13,4	141	110
120	Japan	JPN_S05	23,1	9	14,1	120	126
121	Israel	ISR_S05	23	10	13	151	105
122	Australia	AUS_S04	22,95	7,2	15,75	71	152
123	Hong Kong	HKG_S03	22,65	8,65	14	122	132
124	Slovenia	SLO_S01	22,65	7,35	15,3	81	150
125	Hong Kong	HKG_S05	22,58	9,08	13,5	130	124
126	Kazakhstan	KAZ_S05	22,5	9,6	12,9	154	112
127	Georgia	GEO_S01	22,5	10,7	11,8	178	93
128	Romania	ROM_S05	22,4	10,75	11,65	184	91
129	Iran	IRN_S05	22,35	9,35	13	152	117
130	Germany	GER_S03	22,3	8,8	13,5	131	128
131	Hungary	HUN_S04	22,25	6,25	16	67	175
132	Azerbaijan	AZE_S01	22,25	8,25	14	123	144
133	Hungary	HUN_S01	22,13	10,88	11,25	196	89
134	Spain	ESP_S02	22,05	6,6	15,45	77	164
135	Croatia	CRO_S04	21,9	9,65	12,25	166	111
136	Australia	AUS_S01	21,85	9,1	12,75	157	123
137	Sri Lanka	SRI_S02	21,8	10,05	11,75	179	104
138	Slovakia	SVK_S04	21,75	8,55	13,2	147	134
139	Iran	IRN_S01	21,73	13,6	8,13	233	52
140	Australia	AUS_S03	21,55	6,55	15	92	165
141	United Kingdom (Great Britain)	UNK_S01	21,5	7,35	14,15	118	151
142	Kazakhstan	KAZ_S01	21,38	10,73	10,65	207	92
143	Singapore	SGP_S04	21,3	5	16,3	58	203

IPhO 2008 - Premiados							
Index	Country	Code	Total mark	Total Theory	Total Exp.	Class Exp	Class Teo
144	Canada	CAN_S03	21,25	6,75	14,5	103	160
145	Indonesia	INA_S05	21,2	11,2	10	219	86
146	Croatia	CRO_S02	21,15	7,4	13,75	126	149
147	Lithuania	LTU_S04	21,1	10,6	10,5	211	97
148	Germany	GER_S02	20,8	5,25	15,55	74	196
149	Canada	CAN_S04	20,75	6,25	14,5	104	176
150	United Kingdom (Great Britain)	UNK_S02	20,73	3,38	17,35	41	222
151	Tajikistan	TJK_S01	20,55	9,05	11,5	186	125
152	Azerbaijan	AZE_S05	20,45	6,35	14,1	121	171
153	Israel	ISR_S01	20,3	8,05	12,25	167	145
154	Belarus	BLR_S03	20,25	12,5	7,75	234	66
155	Spain	ESP_S04	20,15	5,05	15,1	88	201
156	Pakistan	PAK_S03	20,1	5,35	14,75	97	192
157	United Kingdom (Great Britain)	UNK_S05	20,1	4,15	15,95	68	214
158	Ireland	IRL_S04	20	6,5	13,5	132	167
159	Argentina	ARG_S04	19,9	10,15	9,75	222	101
160	Ukraine	UKR_S05	19,85	9,6	10,25	213	113
161	Argentina	ARG_S01	19,85	6,85	13	153	156
162	Spain	ESP_S05	19,8	4,35	15,45	78	210
163	Germany	GER_S01	19,8	6,3	13,5	133	174
164	Philippines	PHI_S01	19,7	8,7	11	201	131
165	Estonia	EST_S04	19,65	5,5	14,15	119	191
166	Turkmenistan	TKM_S01	19,5	7,05	12,45	164	153
167	Serbia	SRB_S04	19,45	6,35	13,1	149	172
168	Hungary	HUN_S02	19,4	6,15	13,25	145	179
169	Slovenia	SLO_S04	19,35	6,8	12,55	160	157
170	Moldova	MDA_S04	19,2	5,7	13,5	134	189
171	Macau	MAC_S01	19,05	4,55	14,5	105	207
172	Denmark	DEN_S05	18,85	3,95	14,9	95	216
173	Austria	AUT_S05	18,8	4,2	14,6	100	213
174	Ireland	IRL_S02	18,8	5,3	13,5	135	194
175	Netherlands	NED_S05	18,7	3,45	15,25	84	221
176	Japan	JPN_S01	18,65	6,75	11,9	177	161
177	Kazakhstan	KAZ_S03	18,45	8,55	9,9	220	135
178	Mexico	MEX_S03	18,3	5,05	13,25	146	202
179	Slovenia	SLO_S05	18,25	5,7	12,55	161	190
180	Netherlands	NED_S02	18,25	5,75	12,5	163	185
181	Colombia	COL_S02	18,2	7,45	10,75	204	148
182	Poland	POL_S05	18,15	6,65	11,5	187	162

IPhO 2008 - Premiados							
Index	Country	Code	Total mark	Total Theory	Total Exp.	Class Exp	Class Teo
183	Austria	AUT_S03	18,1	3,6	14,5	106	219
184	Pakistan	PAK_S04	18,08	6,33	11,75	180	173
185	Czech Republic	CZE_S02	17,95	4,75	13,2	148	205
186	Belarus	BLR_S02	17,9	8,65	9,25	225	133
187	Turkey	TUR_S03	17,85	3,6	14,25	117	220
188	Sri Lanka	SRI_S03	17,8	3,05	14,75	98	224
189	Lithuania	LTU_S01	17,65	6,2	11,45	193	178
190	Portugal	POR_S01	17,55	6,8	10,75	205	158
191	Belgium	BEL_S01	17,1	6,5	10,6	209	168
192	Mongolia	MGL_S01	17,05	5,3	11,75	181	195
193	Serbia	SRB_S03	16,95	5,75	11,2	199	186
194	Poland	POL_S01	16,75	5,25	11,5	188	197
195	Australia	AUS_S05	16,65	6,4	10,25	214	170
196	Brazil	BRA_S02	16,6	8,35	8,25	231	140
197	United Kingdom (Great Britain)	UNK_S04	16,55	7,65	8,9	229	147
198	Pakistan	PAK_S05	16,5	4,75	11,75	182	206
199	Netherlands	NED_S04	16,5	2,75	13,75	127	227
200	Netherlands	NED_S01	16,45	4,95	11,5	189	204
201	Turkmenistan	TKM_S03	16,3	1,95	14,35	110	235
202	Ireland	IRL_S01	16,3	6,05	10,25	215	180
203	Czech Republic	CZE_S04	16,25	5,35	10,9	203	193
204	Malaysia	MAS_S04	16,1	2,6	13,5	136	229
205	Finland	FIN_S02	16,05	6	10,05	218	183
206	Switzerland	SUI_S05	16	4,5	11,5	190	209
207	Turkey	TUR_S05	16	5,75	10,25	216	187
208	Serbia	SRB_S05	15,95	6,05	9,9	221	181
209	Brazil	BRA_S03	15,9	6,65	9,25	226	163
210	Serbia	SRB_S01	15,9	3,75	12,15	171	218
211	Cyprus	CYP_S03	15,85	2,35	13,5	137	231
212	Turkey	TUR_S01	15,75	4,25	11,5	191	211
213	Switzerland	SUI_S01	15,75	2,25	13,5	138	232
214	Denmark	DEN_S04	15,6	5,85	9,75	223	184
215	Italy	ITA_S05	15,48	6,88	8,6	230	155
216	Kyrgyzstan	KGZ_S02	15,35	8,35	7	236	141
217	Sweden	SWE_S05	15,25	1,75	13,5	139	238
218	Turkmenistan	TKM_S05	15,1	4	11,1	200	215
219	Bosnia and Herzegovina	BIH_S02	15,05	3,8	11,25	197	217
220	Argentina	ARG_S02	15,05	4,55	10,5	212	208
221	Israel	ISR_S04	15	5,25	9,75	224	198
222	Finland	FIN_S03	14,95	4,25	10,7	206	212

IPhO 2008 - Premiados							
Index	Country	Code	Total mark	Total Theory	Total Exp.	Class Exp	Class Teo
223	Kazakhstan	KAZ_S02	14,9	8,5	6,4	237	137
224	Portugal	POR_S02	14,8	2,05	12,75	158	234
225	Mongolia	MGL_S03	14,7	6,45	8,25	232	169
226	Latvia	LAT_S04	14,7	0,2	14,5	107	239
227	Denmark	DEN_S02	14,55	2,4	12,15	172	230
228	Latvia	LAT_S02	14,45	5,2	9,25	227	200
229	Mexico	MEX_S02	14,4	2,65	11,75	183	228
230	Colombia	COL_S01	14,4	2,9	11,5	192	225
231	Austria	AUT_S02	14,35	8,35	6	238	142
232	Switzerland	SUI_S04	14,35	3,35	11	202	223
233	Cyprus	CYP_S01	14,35	2,1	12,25	168	233
234	Slovakia	SVK_S05	14,25	5,25	9	228	199
235	Latvia	LAT_S03	14,15	1,9	12,25	169	236
236	Belarus	BLR_S04	14,1	6,55	7,55	235	166
237	Ireland	IRL_S03	14,1	2,85	11,25	198	226
238	Belgium	BEL_S03	14,05	1,85	12,2	170	237
239	Cuba	CUB_S01	14	9,5	4,5	239	114

7.5. Classificação dos Premiados da IPhO de 2009

IPhO 2009 - Premiados						
Student	Country	Teo	Exp	Final	Class Exp	Class Teo
1	China	28,3	19,9	48,2	1	5
1	Chinese Taipei	28,9	19,25	48,15	2	4
1	Republic of Korea	29,5	17,05	46,55	9	1
2	China	27,6	18,2	45,8	4	6
3	China	27,55	17,7	45,25	7	7
1	Poland	25,43	18,25	43,68	3	13
1	Serbia	24,2	18	42,2	5	17
2	Republic of Korea	26,45	15	41,45	23	10
1	India	28,95	12,1	41,05	66	3
2	India	26,45	13,5	39,95	45	9
1	USA	24,4	15,4	39,8	19	15
1	Singapore	23,05	16,4	39,45	14	24
1	Japan	26,55	12,25	38,8	64	8
4	China	22,7	16	38,7	15	26
1	Israel	25,8	12,75	38,55	59	12
1	Indonesia	24,05	14,35	38,4	31	19
1	Kazakhstan	23,6	14,75	38,35	25	21
5	China	23,85	14,15	38	36	20
2	USA	19,5	18	37,5	6	43

IPhO 2009 - Premios						
Student	Country	Teo	Exp	Final	Class Exp	Class Teo
1	Romania	29,1	8,05	37,15	172	2
2	Japan	23,1	14	37,1	37	23
2	Romania	22,1	14,65	36,75	28	27
2	Chinese Taipei	26,25	10,1	36,35	103	11
1	Russia	21,45	14	35,45	38	30
1	Turkey	21,7	13,65	35,35	42	28
1	Hong Kong	20	15,1	35,1	22	37
1	Hungary	24,25	10,75	35	88	16
2	Singapore	18	16,9	34,9	10	56
3	Republic of Korea	21,2	13,6	34,8	44	31
2	Russia	18,8	15,8	34,6	17	45
3	USA	24,95	9,5	34,45	120	14
4	USA	19,35	15	34,35	24	44
3	Russia	20,6	13,65	34,25	43	36
3	Romania	24,1	10	34,1	104	18
3	India	19,65	14,35	34	32	40
2	Kazakhstan	17,15	16,75	33,9	11	64
3	Chinese Taipei	20,7	12,95	33,65	56	35
4	Republic of Korea	18,05	15,6	33,65	18	55
1	Slovakia	23	10,65	33,65	91	25
1	Thailand	18,7	14,75	33,45	26	48
4	India	23,45	9,95	33,4	109	22
1	Iran	16,5	16,75	33,25	12	75
2	Indonesia	16,1	16,5	32,6	13	83
4	Chinese Taipei	18,6	13,95	32,55	40	49
2	Thailand	18	14,25	32,5	34	57
3	Thailand	19,65	11,85	31,65	72	41
1	Brazil	21,45	10	31,5	105	29
1	France	18,18	13,16	31,34	53	54
5	India	18,25	12,85	31,1	58	52
4	Russia	18,75	11,9	30,65	71	46
2	Iran	15,2	15,25	30,45	20	94
1	Slovenia	19,8	10,45	30,25	94	39
1	Belarus	17,05	13	30,05	55	66
3	Indonesia	14,8	15,2	30	21	104
5	USA	16,7	13,25	29,95	51	69
2	Hungary	16,55	13,35	29,9	50	73
1	Italy	15,65	14,25	29,9	35	89
2	Hong Kong	21,1	8,6	29,7	151	33
5	Russia	15,2	14,4	29,6	30	95
4	Thailand	18,45	10,95	29,4	87	51
1	Vietnam	17,35	12,05	29,4	67	63
5	Republic of Korea	15,9	13,45	29,35	48	85
2	Turkey	14,8	14,3	29,1	33	106

IPhO 2009 - Premiados						
Student	Country	Teo	Exp	Final	Class Exp	Class Teo
1	Ukraine	13,9	14,75	28,65	27	113
1	Germany	12,71	15,85	28,56	16	133
1	Estonia	18,7	9,6	28,55	115	47
1	Canada	16,15	11,85	28	73	80
5	Chinese Taipei	16,6	11,3	27,9	78	72
2	Italy	15,1	12,75	27,85	60	97
2	Vietnam	13	14,5	27,5	29	128
3	Hungary	14,95	12,5	27,45	63	99
3	Vietnam	15,7	11,75	27,45	75	88
2	Germany	16,3	11,1	27,4	84	78
2	Ukraine	16,15	11,25	27,4	81	81
3	Germany	17,9	9,4	27,3	128	58
1	Great Britain	13,85	13,4	27,25	49	114
3	Singapore	10	17,1	27,1	8	175
2	France	16,05	11	27,05	86	84
3	France	12,9	13,9	26,8	41	131
4	Germany	18,55	8,25	26,8	161	50
4	Romania	21,15	5,65	26,8	209	32
2	Poland	14,78	12	26,78	68	107
5	Germany	16,5	10,25	26,75	99	74
3	Turkey	13,45	13,25	26,7	52	120
4	Singapore	13,45	13,15	26,6	54	119
1	Australia	15,7	10,65	26,35	92	87
2	Israel	17,45	8,9	26,35	141	62
3	Hong Kong	15	11,3	26,3	79	98
3	Iran	13,5	12,75	26,25	61	118
3	Japan	20,95	5,25	26,2	220	34
2	Belarus	17,45	8,6	26,05	152	61
5	Singapore	16,35	9,7	26,05	113	77
2	Great Britain	17,55	8,4	25,95	157	59
5	Romania	17,5	8,35	25,85	158	60
4	Vietnam	11,75	14	25,75	39	145
5	Vietnam	16,25	9,35	25,6	130	79
1	Bulgaria	14,25	11,3	25,55	80	110
1	Czech Republic	14,4	11,15	25,55	83	109
3	Ukraine	15,35	10,15	25,5	101	91
4	Indonesia	17	8,45	25,45	156	67
2	Bulgaria	14,8	10,6	25,4	93	103
3	Kazakhstan	15,25	10,15	25,4	102	93
2	Czech Republic	17,1	8,25	25,35	162	65
3	Belarus	14,1	11,2	25,3	82	112
2	Serbia	14,95	10,35	25,3	97	100
4	Kazakhstan	20	5,25	25,25	221	38
3	Great Britain	14,85	10,38	25,23	96	102

IPhO 2009 - Premios						
Student	Country	Teo	Exp	Final	Class Exp	Class Teo
4	Hungary	16,95	8,2	25,15	166	68
2	Brazil	19,55	5,55	25,1	211	42
1	Cuba	16,1	9	25,1	136	82
5	Thailand	18,2	6,9	25,1	189	53
4	Japan	10,75	13,5	24,25	46	165
1	Colombia	12,45	11,7	24,15	76	138
5	Hungary	11,15	12,9	24,05	57	155
3	Brazil	15,8	8,15	23,95	167	86
3	Italy	13,8	9,75	23,55	111	115
2	Estonia	11,45	11,98	23,43	69	149
3	Czech Republic	13,75	9,5	23,25	121	116
4	Czech Republic	13,2	10	23,2	106	124
3	Israel	12,25	10,75	23	89	140
3	Serbia	14,55	8,35	22,9	159	108
1	Portugal	16,65	5,5	22,15	212	71
1	Denmark	10,95	11,1	22,05	85	161
2	Australia	16,65	5,25	21,9	222	70
4	Italy	13,05	8,85	21,9	142	125
4	Belarus	13	8,75	21,75	146	126
5	Indonesia	15,5	6,25	21,75	203	90
3	Bulgaria	16,45	5,25	21,7	223	76
4	Iran	15,1	6,6	21,7	195	96
4	Brazil	12,95	8,5	21,45	153	129
5	Czech Republic	12,65	8,75	21,4	147	135
4	Israel	12,85	8,5	21,35	154	132
4	Great Britain	12,4	8,85	21,25	143	139
4	Hong Kong	10,95	10,3	21,25	98	162
1	Pakistan	12,95	8,1	21,05	169	130
1	Netherlands	9,19	11,85	21,04	74	197
3	Australia	9,2	11,5	20,7	77	196
1	Switzerland	8,1	12,55	20,65	62	203
2	Denmark	7,1	13,5	20,6	47	212
4	France	11,65	8,95	20,6	140	147
2	Switzerland	9,9	10,7	20,6	90	178
1	Tajikistan	14,15	6,45	20,6	200	111
4	Serbia	14,9	5,45	20,35	214	101
5	Great Britain	11,1	9,1	20,2	135	158
5	Serbia	12,5	7,7	20,2	177	137
1	Croatia	13,2	6,95	20,15	188	123
1	Belgium	11,35	8,75	20,1	148	150
1	Moldova	15,3	4,7	20	228	92
2	Slovakia	13,25	6,75	20	191	122
3	Slovakia	11,15	8,75	19,9	149	156
4	Slovakia	11,75	8,1	19,85	170	144

IPhO 2009 - Premios						
Student	Country	Teo	Exp	Final	Class Exp	Class Teo
4	Ukraine	10,7	9	19,7	137	166
3	Poland	10,03	9,5	19,53	122	174
2	Portugal	9,52	10	19,52	107	186
5	Belarus	11,65	7,85	19,5	174	146
2	Canada	9,6	9,9	19,5	110	185
5	Slovakia	10,45	9	19,45	138	169
4	Poland	9,8	9,6	19,4	116	179
4	Turkey	11,15	8,25	19,4	163	157
3	Denmark	9,75	9,5	19,25	123	180
5	Hong Kong	11,95	7,2	19,15	186	143
5	Israel	13,3	5,8	19,1	205	121
2	Netherlands	10,83	8,25	19,08	164	164
1	Austria	11,3	7,5	18,8	179	152
5	Italy	8,8	10	18,8	108	201
3	Portugal	9,37	9,4	18,77	129	193
5	France	6,55	12,15	18,7	65	220
4	Bulgaria	6,7	11,95	18,65	70	218
1	Lithuania	14,8	3,85	18,65	232	105
3	Canada	12	6,6	18,6	196	142
2	Slovenia	9,75	8,85	18,6	144	182
2	Lithuania	12,25	6,1	18,35	204	141
1	México	11,1	7,25	18,35	185	159
1	Nepal	9,3	9	18,3	139	195
3	Netherlands	8,8	9,45	18,25	126	202
2	Croatia	10,88	7,35	18,23	183	163
4	Canada	11,3	6,8	18,1	190	153
1	Armenia	12,65	5,3	17,95	218	134
2	Belgium	9,65	8,3	17,95	160	183
1	Argentina	9,14	8,8	17,94	145	198
1	Puerto Rico	12,64	5,3	17,94	219	136
4	Denmark	7,65	10,25	17,9	100	210
3	Slovenia	11,3	6,6	17,9	197	154
1	Georgia	13,58	4,25	17,83	231	117
5	Ukraine	10,7	7,1	17,8	187	167
5	Japan	8,05	9,6	17,65	117	204
2	México	9,05	8,5	17,55	155	199
1	Norway	7,85	9,7	17,55	114	207
2	Norway	9,4	8,1	17,5	171	190
2	Pakistan	10,08	7,4	17,48	181	173
1	Spain	9,5	7,65	17,15	178	187
5	Iran	10,15	6,65	16,8	194	170
3	Lithuania	11,35	5,35	16,7	215	151
1	Iceland	9,9	6,75	16,65	192	177
4	Lithuania	11	5,6	16,6	210	160

IPhO 2009 - Premios						
Student	Country	Teo	Exp	Final	Class Exp	Class Teo
1	Finland	7,03	9,25	16,28	132	213
3	Estonia	10,5	5,75	16,25	206	168
4	Estonia	9,75	6,4	16,15	202	181
1	Sweden	7,85	8,25	16,1	165	208
2	Colombia	6,75	9,25	16	133	217
4	Australia	9,4	6,55	15,95	199	189
2	Finland	6,2	9,35	15,55	131	222
5	Canada	13	2,5	15,5	235	127
5	Brazil	9,65	5,75	15,4	207	184
1	Ireland	5,7	9,6	15,3	118	226
2	Moldova	10,13	5,15	15,28	224	171
4	Netherlands	7,03	7,85	14,88	175	214
3	Croatia	10,1	4,75	14,85	227	172
5	Bulgaria	9,3	5,5	14,8	213	194
1	Bosnia and Herzegovina	7	7,75	14,75	176	215
5	Kazakhstan	11,65	3,1	14,75	234	148
3	Moldova	9,37	5,35	14,72	216	192
3	Switzerland	9,5	5	14,55	226	188
3	Norway	3,8	10,4	14,5	95	235
2	Ireland	4,4	9,75	14,2	112	230
3	Ireland	6,7	7,5	14,2	180	219
1	Latvia	4,55	9,6	14,15	119	229
1	Suriname	9,4	4,7	14,15	229	191
2	Armenia	5,85	8,15	14,1	168	225
5	Turkey	4,4	9,5	14	124	231
2	Iceland	7,4	6,45	13,9	201	211
3	Pakistan	5	8,7	13,85	150	228
2	Argentina	9,95	3,75	13,7	233	176
2	Bosnia and Herzegovina	4,15	9,5	13,7	125	234
3	Bosnia and Herzegovina	4,2	9,45	13,65	127	233
2	Spain	6,2	7,4	13,6	182	223
5	Lithuania	6,85	6,6	13,45	198	216
5	Poland	9,03	4,4	13,43	230	200
3	Belgium	4,25	9,13	13,38	134	232
3	Armenia	7,65	5,7	13,35	208	209
2	Latvia	8	5,35	13,35	217	206
4	Switzerland	5,95	7,35	13,3	184	224
5	Denmark	6,45	6,75	13,2	193	221
4	Pakistan	8,04	5,15	13,19	225	205
5	Netherlands	5,21	7,9	13,11	173	227

7.6. Classificação dos Premiados da IPhO de 2010

IPhO 2010 - Premiados						
N	Country	Theory	Experiment	Total	Class Exp	Class Teo
1	China	29,2	19,45	48,65	5	1
2	China	27,8	18,25	46,05	39	2
3	Germany	26,2	19,8	46	2	8
4	United States of America	26,7	18,45	45,15	32	3
5	Thailand	26,1	18,85	44,95	26	9
6	United Kingdom	24,8	19,7	44,5	4	15
7	Taiwan	26,3	17,6	43,9	50	5
8	Taiwan	24,6	19,1	43,7	19	17
9	China	26	17,5	43,5	52	10
10	China	26,45	16,4	42,85	77	4
11	Thailand	24,6	17,45	42,05	56	18
12	India	22,5	19,2	41,7	14	28
13	Russia	23	18,65	41,65	28	22
14	Thailand	25,5	15,9	41,4	90	12
15	Indonesia	23,5	17,45	40,95	57	21
16	China	26,3	14,45	40,75	128	6
17	Czech Republic	21	19,4	40,4	7	34
18	Indonesia	22,5	17,8	40,3	47	29
19	Germany	22,15	18	40,15	43	30
20	Singapore	21	19,15	40,15	17	35
21	Vietnam	26,25	13,8	40,05	142	7
22	Hungary	20	19,9	39,9	1	45
23	Taiwan	21,5	18,4	39,9	34	33
24	Taiwan	20,4	19,35	39,75	8	41
25	Indonesia	24,75	14,7	39,45	121	16
26	Thailand	20,45	18,9	39,35	25	40
27	Hungary	20,3	19	39,3	23	43
28	Hungary	21	17,9	38,9	45	36
29	Thailand	23	15,9	38,9	91	23
30	Korea, Republic of	25	13,85	38,85	141	13
31	Taiwan	19,9	18,95	38,85	24	49
32	Indonesia	24,6	14,2	38,8	134	19
33	Belarus	20	18,45	38,45	33	46
34	Hong Kong	18,9	19,3	38,2	11	61
35	Germany	19,3	18,8	38,1	27	53
36	United States of America	18,5	19,1	37,6	20	65
37	Italy	19,2	18,15	37,35	40	56
38	Canada	19,7	17,2	36,9	66	50
39	Ukraine	21,9	15	36,9	114	31
40	Italy	22,7	14,15	36,85	137	27

IPhO 2010 - Premiados						
N	Country	Theory	Experiment	Total	Class Exp	Class Teo
41	India	20,6	16,2	36,8	82	37
42	Lithuania	25,9	10,45	36,35	223	11
43	Korea, Republic of	17,2	19,15	36,35	18	74
44	Azerbaijan	21,7	14,5	36,2	126	32
45	United States of America	16,8	19,35	36,15	9	78
46	Vietnam	20	16,15	36,15	84	47
47	Azerbaijan	20,3	15,8	36,1	93	44
48	Bulgaria	22,8	12,95	35,75	161	24
49	Singapore	20,4	15,2	35,6	109	42
50	Ukraine	22,8	12,75	35,55	173	25
51	Singapore	18,1	17,3	35,4	62	69
52	Romania	20,5	14,85	35,35	116	38
53	India	23,7	11,55	35,25	206	20
54	Slovakia	15,8	19,45	35,25	6	93
55	Ukraine	24,9	10,25	35,15	224	14
56	France	15,9	19,2	35,1	15	91
57	Indonesia	18,1	17	35,1	69	70
58	France	18,95	16,15	35,1	85	60
59	Slovakia	18,9	16,1	35	86	62
60	India	19,4	15,5	34,9	101	52
61	Kazakhstan	22,8	11,8	34,6	201	26
62	Canada	15,3	19,05	34,35	22	101
63	Lithuania	18,9	15,45	34,35	103	63
64	Iran	15,1	19,2	34,3	16	102
65	Russia	16,5	17,75	34,25	48	82
66	Slovakia	16,9	17,25	34,15	63	77
67	Vietnam	19,3	14,7	34	122	54
68	Japan	15,4	18,5	33,9	31	98
69	Vietnam	19,2	14,5	33,7	127	57
70	Singapore	16,1	17,5	33,6	53	87
71	Moldova	19,2	14,2	33,4	135	58
72	Slovenia	14,1	19,3	33,4	12	118
73	Israel	16	17,25	33,25	64	88
74	Germany	13,4	19,8	33,2	3	127
75	Kazakhstan	19,95	12,9	32,85	168	48
76	Poland	19,3	13,5	32,8	148	55
77	Austria	15,4	17,4	32,8	59	99
78	Russia	16	16,7	32,7	73	89
79	Israel	14,7	17,95	32,65	44	106
80	United Kingdom	13,9	18,55	32,45	29	119
81	Slovakia	17,2	15,1	32,3	112	75
82	Hong Kong	16	16,3	32,3	79	90

IPhO 2010 - Premiados						
N	Country	Theory	Experiment	Total	Class Exp	Class Teo
83	Ukraine	16,45	15,55	32	98	83
84	Korea, Republic of	14,15	17,7	31,85	49	116
85	Kazakhstan	18,5	13,35	31,85	151	66
86	Israel	15,9	15,9	31,8	92	92
87	France	12,35	19,35	31,7	10	142
88	Estonia	14,2	17,5	31,7	54	115
89	Turkey	16,6	15,1	31,7	113	79
90	Kazakhstan	18,9	12,7	31,6	175	64
91	Turkey	19,6	11,95	31,55	196	51
92	Austria	12,9	18,55	31,45	30	133
93	Singapore	14,25	17,05	31,3	67	113
94	Russia	18,3	12,95	31,25	162	67
95	Finland	14,5	16,75	31,25	72	110
96	Ukraine	15,6	15,45	31,05	104	95
97	Israel	16,2	14,8	31	117	85
98	Canada	12,7	18,3	31	38	136
99	Kazakhstan	14,9	16,1	31	87	104
100	Canada	12,6	18,4	31	35	138
101	Serbia	20,5	10,5	31	221	39
102	Germany	11,6	19,3	30,9	13	157
103	United States of America	17	13,9	30,9	140	76
104	Italy	18,3	12,55	30,85	179	68
105	Serbia	16,55	14,2	30,75	136	81
106	Malaysia	12,6	18,1	30,7	41	139
107	Australia	15,5	15,2	30,7	110	97
108	United Kingdom	14,15	16,45	30,6	76	117
109	Bosnia and Herzegovina	12,1	18,4	30,5	36	148
110	Poland	17,7	12,5	30,2	181	72
111	Romania	13,25	16,9	30,15	70	129
112	Romania	14,5	15,55	30,05	99	111
113	Romania	15,6	14,4	30	129	96
114	Hong Kong	12,9	17,05	29,95	68	134
115	Korea, Republic of	11,8	18,1	29,9	42	154
116	Czech Republic	12	17,35	29,35	61	151
117	Bulgaria	12,9	16,4	29,3	78	135
118	Hungary	10	19,1	29,1	21	183
119	Turkey	16,3	12,6	28,9	177	84
120	Slovakia	11,4	17,45	28,85	58	159
121	Finland	11,3	17,5	28,8	55	162
122	Azerbaijan	19,1	9,7	28,8	234	59
123	Austria	11,1	17,6	28,7	51	166
124	Korea, Republic of	17,5	11,2	28,7	210	73

IPhO 2010 - Premiados						
N	Country	Theory	Experiment	Total	Class Exp	Class Teo
125	Serbia	14,6	13,2	27,8	156	108
126	Poland	13,3	14,4	27,7	130	128
127	Belarus	16,2	11,35	27,55	209	86
128	Israel	11,9	15,55	27,45	100	153
129	Japan	16,6	10,85	27,45	218	80
130	Cambodia	13,85	13,3	27,15	153	121
131	France	12,6	14,55	27,15	125	140
132	Netherlands	9,5	17,25	26,75	65	192
133	Romania	14,7	12	26,7	193	107
134	Hong Kong	11,05	15,5	26,55	102	169
135	Croatia	14,25	12,25	26,5	187	114
136	Iran	17,8	8,65	26,45	250	71
137	Canada	8,05	18,35	26,4	37	215
138	Iran	13,9	12,5	26,4	182	120
139	Sri Lanka	8,5	17,85	26,35	46	208
140	France	10,95	15,35	26,3	108	171
141	Russia	13,15	12,95	26,1	163	131
142	Lithuania	10,3	15,8	26,1	94	180
143	Mongolia	9,8	16,1	25,9	88	186
144	Vietnam	13,25	12,65	25,9	176	130
145	Japan	13,05	12,75	25,8	174	132
146	Turkey	14,6	11,2	25,8	211	109
147	Iran	13,5	12,15	25,65	189	126
148	United States of America	11,2	14,35	25,55	131	163
149	Estonia	8,55	16,85	25,4	71	206
150	Brazil	12,05	13,3	25,35	154	150
151	Japan	9,1	16,25	25,35	81	197
152	Turkmenistan	13,6	11,7	25,3	203	124
153	Bulgaria	8,9	16,2	25,1	83	199
154	Macao	10,35	14,75	25,1	119	179
155	India	12,1	12,95	25,05	164	149
156	Turkey	13,8	11	24,8	217	122
157	Cuba	12,3	12,5	24,8	183	144
158	Serbia	11,35	13,4	24,75	149	161
159	Australia	7,75	16,7	24,45	74	219
160	Brazil	12,2	12,2	24,4	188	146
161	Poland	12,3	12	24,3	194	145
162	Hungary	11,1	12,9	24	169	167
163	United Kingdom	7,7	16,3	24	80	220
164	United Kingdom	6,25	17,4	23,65	60	239
165	Czech Republic	8,75	14,8	23,55	118	203
166	Bulgaria	15,05	8,45	23,5	252	103

IPhO 2010 - Premiados						
N	Country	Theory	Experiment	Total	Class Exp	Class Teo
167	Norway	8,75	14,75	23,5	120	204
168	Poland	12	11,5	23,5	208	152
169	Georgia	6,9	16,6	23,5	75	232
170	Brazil	15,4	8,05	23,45	255	100
171	Estonia	11,4	12,05	23,45	191	160
172	Ireland	7,3	16,1	23,4	89	224
173	Belgium	10,1	13,3	23,4	155	182
174	Croatia	10,45	12,95	23,4	165	177
175	Serbia	9,55	13,8	23,35	143	191
176	Belarus	10,8	12,45	23,25	185	173
177	Finland	7,8	15,45	23,25	105	218
178	Macao	8,2	15	23,2	115	213
179	Portugal	12,35	10,8	23,15	219	143
180	Colombia	14,8	8,3	23,1	253	105
181	Lithuania	8,3	14,7	23	123	212
182	Australia	8,7	14,3	23	132	205
183	Slovenia	10	12,9	22,9	170	184
184	Lithuania	12,7	10,15	22,85	227	137
185	Brazil	9,6	13,2	22,8	157	190
186	Sri Lanka	10,95	11,85	22,8	200	172
187	Hong Kong	11,2	11,55	22,75	207	164
188	Iceland	11,5	11,2	22,7	212	158
189	Macao	13,7	8,95	22,65	242	123
190	Macao	7,2	15,4	22,6	106	227
191	Slovenia	6,75	15,8	22,55	95	236
192	Spain	9,5	13	22,5	160	193
193	Brazil	15,65	6,8	22,45	261	94
194	Czech Republic	12,2	10,25	22,45	225	147
195	Belgium	10,5	11,95	22,45	197	174
196	Mongolia	10,5	11,9	22,4	199	175
197	Bulgaria	9,3	13,1	22,4	159	195
198	Spain	13,6	8,75	22,35	247	125
199	Estonia	10,2	11,8	22	202	181
200	Netherlands	8,9	12,95	21,85	166	200
201	Sri Lanka	8,95	12,6	21,55	178	198
202	Georgia	12,4	8,75	21,15	248	141
203	Pakistan	5,85	15,2	21,05	111	243
204	Italy	9,9	11,1	21	215	185
205	Kyrgyzstan	11,65	9,1	20,75	240	156
206	Pakistan	6,65	13,7	20,35	146	237
207	Greece	7	13,35	20,35	152	230
208	Turkmenistan	11,2	8,9	20,1	244	165

IPhO 2010 - Premiados						
N	Country	Theory	Experiment	Total	Class Exp	Class Teo
209	Norway	7,3	12,8	20,1	172	225
210	Netherlands	5,8	14,25	20,05	133	244
211	Greece	11,05	8,95	20	243	170
212	Netherlands	4,55	15,4	19,95	107	252
213	Iceland	9,2	10,75	19,95	220	196
214	Estonia	7,05	12,85	19,9	171	229
215	Colombia	11,1	8,75	19,85	249	168
216	Moldova	9,7	10	19,7	230	188
217	Iran	11,7	7,95	19,65	256	155
218	Japan	3,95	15,65	19,6	96	257
219	Australia	5,65	13,8	19,45	144	245
220	Italy	9,45	10	19,45	231	194
221	Switzerland	8,9	10,5	19,4	222	201
222	Spain	4,6	14,6	19,2	124	250
223	Belarus	7,2	11,95	19,15	198	228
224	Mongolia	14,3	4,75	19,05	262	112
225	Denmark	5,2	13,4	18,6	150	247
226	Australia	6,5	12	18,5	195	238
227	Argentina	7,25	11,15	18,4	213	226
228	Argentina	10,5	7,75	18,25	257	176
229	Austria	4	14	18	139	256
230	Finland	4,15	13,75	17,9	145	255
231	Cambodia	8,5	9,3	17,8	239	209
232	Croatia	6,1	11,65	17,75	204	241
233	Slovenia	8,1	9,6	17,7	236	214
234	Denmark	8	9,7	17,7	235	217
235	Spain	1,9	15,6	17,5	97	262
236	Kyrgyzstan	7,6	9,85	17,45	232	221
237	Greece	9,65	7,75	17,4	258	189
238	Mongolia	10,45	6,9	17,35	260	178
239	Turkmenistan	8,5	8,85	17,35	245	210
240	Latvia	5,3	12,05	17,35	192	246
241	Latvia	6,2	11,15	17,35	214	240
242	Belarus	8,35	9	17,35	241	211
243	Mexico	5,1	12,15	17,25	190	249
244	Pakistan	8,55	8,65	17,2	251	207
245	Switzerland	3,6	13,55	17,15	147	260
246	Colombia	9,8	7,3	17,1	259	187
247	Georgia	7,6	9,5	17,1	237	222
248	Malaysia	3,9	13,2	17,1	158	258
249	Iceland	4,6	12,45	17,05	186	251
250	Ireland	6	11,05	17,05	216	242

IPhO 2010 - Premiados						
N	Country	Theory	Experiment	Total	Class Exp	Class Teo
251	Finland	2,95	14,05	17	138	261
252	Czech Republic	6,85	10,15	17	228	233
253	Latvia	8,9	8,1	17	254	202
254	Armenia	4,45	12,55	17	180	253
255	Nepal	6,8	10,2	17	226	234
256	Slovenia	6,8	10,1	16,9	229	235
257	Greece	8,05	8,8	16,85	246	216
258	Mexico	3,9	12,95	16,85	167	259
259	Nigeria	7	9,85	16,85	233	231
260	Greece	5,2	11,6	16,8	205	248
261	Belgium	7,45	9,35	16,8	238	223
262	Denmark	4,3	12,5	16,8	184	254

7.7. Classificação dos Premiados da IPhO de 2011

IPhO 2011 - Premiados						
N	Country	Teo	Exp	Total	Class Exp	Class Teo
1	Taiwan	30	18,6	48,6	1	1
2	Thailand	29,74	18,5	48,2	2	8
3	Taiwan	29,9	17,7	47,6	8	4
4	Taiwan	29,8	17,7	47,5	9	5
5	China	30	17,5	47,5	10	2
6	Taiwan	28,6	18,14	46,7	3	24
7	Taiwan	29,8	16,56	46,3	18	6
8	USA	28,76	17,3	46	12	23
9	China	29,3	16,7	46	16	11
10	Korea,	28	18	46	5	33
11	India	28,8	17	45,8	13	22
12	Singapore	27,6	18	45,6	6	37
13	Singapore	27,46	18,1	45,5	4	41
14	China	29,1	16,4	45,5	20	16
15	Hong_Kong	29,6	15,7	45,3	27	9
16	Israel	29,5	15,8	45,3	26	10
17	Singapore	29,3	15,6	44,9	32	12
18	France	27,4	17	44,4	14	42
19	Korea,	28,4	15,9	44,3	24	28
20	Korea,	28,6	15,7	44,3	28	25
21	China	29,3	14,8	44,1	46	13
22	Thailand	29,02	14,9	43,9	44	18
23	China	27,8	16,1	43,9	23	36
24	Korea,	28,1	15	43,1	39	31

IPhO 2011 - Premiados						
N	Country	Teo	Exp	Total	Class Exp	Class Teo
25	Thailand	28,94	14,1	43	58	20
26	Kazakhstan	30	13	43	80	3
27	Kazakhstan	28,4	14,55	42,9	49	29
28	Kazakhstan	29,8	13,1	42,9	78	7
29	Hong_Kong	27,25	15,4	42,6	33	46
30	India	27,3	15,2	42,5	34	44
31	USA	28,5	14	42,5	62	26
32	Japan	26,16	16,3	42,4	22	61
33	Turkey	27,5	14,96	42,4	43	39
34	Russia	28,9	13,5	42,4	67	21
35	Japan	27,1	15,1	42,2	37	47
36	Hong_Kong	29,2	12,8	42	86	15
37	Singapore	25,1	16,9	42	15	78
38	Singapore	27,6	14,3	41,9	54	38
39	Vietnam	24,5	17,36	41,8	11	91
40	Belarus	26,62	15,2	41,8	35	55
41	Germany	25,42	16,4	41,8	21	70
42	Malaysia	25,14	16,6	41,7	17	77
43	Japan	29,02	12,56	41,5	98	19
44	India	26,4	15,1	41,5	38	58
45	Indonesia	27,04	14,4	41,4	52	49
46	Estonia	26,9	14,4	41,3	53	51
47	Brazil	28,29	13	41,2	81	30
48	Slovakia	27,92	13,37	41,2	71	34
49	Slovakia	27,26	14,02	41,2	61	45
50	Romania	28,06	13,2	41,2	75	32
51	Slovakia	26,18	15	41,1	40	60
52	Israel	26,54	14,6	41,1	48	57
53	Korea,	29,3	11,8	41,1	117	14
54	Romania	26,1	15	41,1	41	64
55	Iran	27,5	13,4	40,9	69	40
56	USA	23,06	17,8	40,8	7	105
57	Germany	24,54	15,9	40,44	25	90
58	Hong_Kong	24,5	15,7	40,2	29	92
59	Estonia	27,4	12,8	40,2	87	43
60	India	24,36	15,6	39,96	31	93
61	Turkey	29,1	10,8	39,9	146	17
62	USA	26,96	12,7	39,66	92	50
63	Japan	23,94	15,7	39,64	30	98
64	Thailand	25,4	14,1	39,5	59	73
65	Japan	24,92	14,5	39,42	50	84
66	Hungary	26,3	13	39,3	82	59

IPhO 2011 - Premiados						
N	Country	Teo	Exp	Total	Class Exp	Class Teo
67	Hungary	25,3	14	39,3	63	75
68	Indonesia	25,06	14,2	39,26	56	81
69	Russia	26,9	12,3	39,2	102	52
70	Iran	27,1	12	39,1	108	48
71	Romania	25,94	13	38,94	83	65
72	USA	25,8	12,8	38,6	88	68
73	Iran	26,6	11,8	38,4	118	56
74	Israel	24,77	13,6	38,37	66	87
75	France	23,1	15,2	38,3	36	104
76	Iran	23,8	14,3	38,1	55	99
77	Kazakhstan	27,8	10,3	38,1	159	35
78	Ukraine	28,48	9,6	38,08	190	27
79	Germany	24,6	12,9	37,5	85	89
80	Canada	25,8	11,6	37,4	128	69
81	Iran	25,4	11,7	37,1	120	72
82	Poland	22,92	14,1	37,02	60	107
83	India	24,9	12,1	37	105	85
84	Bulgaria	25,2	11,7	36,9	121	76
85	Turkey	24,2	12,6	36,8	97	94
86	Hong_Kong	20,2	16,5	36,7	19	138
87	Belarus	22,64	13,7	36,34	65	111
88	Turkey	23,5	12,8	36,3	89	101
89	Vietnam	23,5	12,7	36,2	93	102
90	Belarus	21,2	14,9	36,1	45	128
91	Romania	24,9	11,1	36	136	86
92	Serbia	21,74	14,2	35,94	57	122
93	Czech_Republic	26,7	9,2	35,9	206	54
94	United_Kingdom	26,74	9,1	35,84	209	53
95	Czech_Republic	26,1	9,7	35,8	182	63
96	Israel	22,46	13,3	35,76	72	114
97	Romania	24,03	11,7	35,73	122	97
98	Germany	23,61	12	35,61	109	100
99	Canada	24,1	11,5	35,6	130	95
100	Moldova	22,4	13,2	35,6	76	115
101	Turkmenistan	25,92	9,6	35,52	191	66
102	Germany	25,9	9,6	35,5	188	67
103	Russia	24,1	11,4	35,5	132	96
104	Australia	22,17	13,3	35,47	73	117
105	Ukraine	25,42	9,9	35,32	173	71
106	Mongolia	22,96	12,3	35,26	103	106
107	Vietnam	21,8	13,4	35,2	70	120
108	Ukraine	25,01	10,1	35,11	167	83

IPhO 2011 - Premiados						
N	Country	Teo	Exp	Total	Class Exp	Class Teo
109	United_Kingdom	21,6	13,5	35,1	68	124
110	Turkey	25,1	10	35,1	169	79
111	France	25,4	9,7	35,1	183	74
112	Bulgaria	20,3	14,7	35	47	137
113	Czech_Republic	23,4	11,6	35	129	103
114	Spain	21,95	13	34,95	84	118
115	Serbia	21,8	13,1	34,9	79	119
116	Hungary	22,4	12,5	34,9	99	116
117	Russia	24,7	10,1	34,8	166	88
118	Slovakia	22,7	12	34,7	110	110
119	Ukraine	26,16	8,5	34,6	232	62
120	Sri_Lanka	25,04	9,6	34,6	192	82
121	United_Kingdom	22,6	12	34,6	111	112
122	Cambodia	22,6	11,9	34,5	114	113
123	Poland	21,52	11,9	33,4	115	125
124	Brazil	21,7	11	32,7	139	123
125	Poland	20	12,7	32,7	94	142
126	Russia	22,8	9,8	32,6	175	109
127	Slovenia	21,32	11	32,3	140	127
128	Netherlands	17,42	14,5	31,9	51	176
129	Hungary	20,2	11,7	31,9	123	139
130	Thailand	19,42	12,4	31,8	101	149
131	Kazakhstan	22,82	8,9	31,7	217	108
132	Brazil	21,8	9,8	31,6	176	121
133	Czech_Republic	20,95	10,5	31,4	154	130
134	Poland	20,52	10,9	31,4	144	136
135	Moldova	19,8	11,3	31,1	133	144
136	Ukraine	25,06	6	31	273	80
137	Israel	20,75	10,3	31	160	132
138	Vietnam	18,6	12,3	30,9	104	161
139	Belarus	19,14	11,7	30,8	124	155
140	Iceland	18,7	12,1	30,8	106	159
141	Brazil	19,7	10,9	30,6	145	145
142	Indonesia	20,14	10,4	30,5	156	140
143	Estonia	21,5	9	30,5	212	126
144	Brazil	19,3	11,1	30,4	137	152
145	Sri_Lanka	20,7	9,7	30,4	184	133
146	Belgium	15,2	15	30,2	42	207
147	Canada	19,5	10,7	30,2	150	147
148	Slovakia	19,2	10,7	29,9	151	154
149	Finland	20,96	8,9	29,8	222	129
150	Netherlands	18,65	11,04	29,6	138	160

IPhO 2011 - Premiados						
N	Country	Teo	Exp	Total	Class Exp	Class Teo
151	Philippines	17,23	12,1	29,3	107	177
152	Austria	16,72	12,5	29,2	100	186
153	Bulgaria	18,8	10,4	29,2	157	157
154	Australia	16,26	12,8	29	90	195
155	Finland	20,12	8,9	29	218	141
156	Turkmenistan	19,64	9,3	28,9	204	146
157	Moldova	19,4	9,5	28,9	197	151
158	Georgia	18,49	10,3	28,7	161	162
159	Philippines	16,65	12	28,6	112	187
160	Belarus	19,02	9,6	28,6	193	156
161	United_Kingdom	14,54	14	28,5	64	209
162	Denmark	18,72	9,8	28,5	177	158
163	Hungary	17,06	11,2	28,2	134	183
164	United_Kingdom	19,3	8,9	28,2	219	153
165	Greece	16,29	11,8	28	119	194
166	Serbia	20,7	7,3	28	252	134
167	Colombia	17,82	10,1	27,9	168	169
168	Mongolia	16,2	11,7	27,9	125	196
169	Bulgaria	17,6	10,3	27,9	162	171
170	Serbia	18,1	9,7	27,8	185	166
171	Georgia	17,44	10,2	27,6	164	175
172	Austria	17,9	9,6	27,5	189	167
173	France	16,4	11	27,4	141	192
174	Vietnam	17,8	9,6	27,4	194	170
175	Greece	17,19	10,2	27,39	165	179
176	Tajikistan	20,6	6,7	27,3	265	135
177	Italy	16,8	10,35	27,15	158	185
178	Bulgaria	19,44	7,6	27,04	251	148
179	Indonesia	19,94	7,1	27,04	257	143
180	Australia	13,6	13,3	26,9	74	228
181	Finland	13,8	13,1	26,9	77	222
182	Mexico	14	12,8	26,8	91	216
183	Australia	14,2	12,6	26,8	95	214
184	Turkmenistan	20,92	5,8	26,72	276	131
185	Estonia	15,6	11	26,6	142	202
186	Sri_Lanka	17,56	9	26,56	213	173
187	France	15,6	10,8	26,4	147	201
188	Poland	16,32	9,7	26,02	186	193
189	Cambodia	17,2	8,8	26	223	178
190	Macao	16,45	9,5	25,95	198	191
191	Moldova	16	9,8	25,8	178	198
192	Italy	14	11,7	25,7	126	217

IPhO 2011 - Premiados						
N	Country	Teo	Exp	Total	Class Exp	Class Teo
193	Indonesia	18,28	7,3	25,58	253	165
194	Lithuania	15,6	9,9	25,5	174	203
195	Moldova	15,9	9,6	25,5	195	199
196	Mexico	13,5	11,9	25,4	113	231
197	Ireland	15,88	9,5	25,38	199	200
198	Denmark	18,4	6,9	25,3	262	163
199	Nepal	16,6	8,62	25,22	227	188
200	Italy	14,4	10,8	25,2	148	211
201	Latvia	16,48	8,7	25,18	224	190
202	Croatia	15,5	9,5	25	200	204
203	Mexico	12,4	12,6	25	96	245
204	Pakistan	13,6	11,4	25	131	229
205	Switzerland	15,5	9,5	25	201	205
206	Pakistan	14,2	10,66	24,86	153	215
207	Estonia	17,14	7,7	24,84	249	180
208	Macao	14	10,8	24,8	149	218
209	Spain	18,36	6,4	24,76	269	164
210	Czech_Republic	16,9	7,8	24,7	247	184
211	Kyrgyzstan	17,5	7,2	24,7	254	174
212	Mexico	13,78	10,9	24,68	143	224
213	Nigeria	17,84	6,8	24,64	263	168
214	Latvia	15,12	9,5	24,62	202	208
215	Macao	19,42	5,2	24,62	279	150
216	Slovenia	17,6	6	23,6	274	172
217	Latvia	13,72	9,8	23,52	179	225
218	Cambodia	17,1	6,4	23,5	270	181
219	Belgium	13,6	9,7	23,3	187	227
220	Finland	14,5	8,6	23,1	228	210
221	Italy	13,92	9,1	23,02	210	219
222	Nepal	14,4	8,6	23	229	212
223	Norway	16,6	6,3	22,9	271	189
224	Lithuania	17,1	5,8	22,9	275	182
225	Canada	12,2	10	22,2	170	247
226	Georgia	14,3	7,9	22,2	244	213
227	Mongolia	13,7	8,3	22	236	226
228	Kyrgyzstan	15,35	6,5	21,85	267	206
229	Lithuania	16,02	5,6	21,62	277	197
230	Bosnia_and_Herzegovina	13,3	8,2	21,5	240	235
231	Ireland	9,5	11,9	21,4	116	272
232	Slovenia	13	8,4	21,4	235	240
233	Slovenia	9,7	11,7	21,4	127	269
234	Netherlands	12,5	8,7	21,2	225	244

IPhO 2011 - Premiados						
N	Country	Teo	Exp	Total	Class Exp	Class Teo
235	Lithuania	13,22	7,9	21,1	245	237
236	Colombia	11,5	9,6	21,1	196	251
237	Iceland	11	10	21	171	256
238	Azerbaijan	11,92	8,9	20,8	220	248
239	Bosnia_and_Herzegovina	11,62	9,2	20,8	207	250
240	Finland	13,02	7,8	20,8	248	239
241	Greece	13,9	6,75	20,6	264	220
242	Slovenia	12,29	8,2	20,4	241	246
243	Argentina	9,9	10,5	20,4	155	267
244	Portugal	10,6	9,8	20,4	180	258
245	Bosnia_and_Herzegovina	13,3	7,1	20,4	255	233
246	Georgia	12,7	7,7	20,4	250	242
247	Georgia	13,4	7	20,4	259	232
248	Spain	13,25	7,1	20,3	256	236
249	Norway	13,3	7	20,3	260	234
250	Spain	13,54	6,5	20	268	230
251	Norway	11,22	8,6	19,8	230	254
252	Bosnia_and_Herzegovina	11,3	8,5	19,8	233	252
253	Pakistan	12,6	7	19,6	261	243
254	Switzerland	8,7	10,7	19,4	152	280
255	Portugal	8,95	10,3	19,2	163	278
256	Kyrgyzstan	10,3	8,9	19,2	221	261
257	Netherlands	9,2	10	19,2	172	275
258	Bangladesh	9,8	9,3	19,1	205	268
259	Iceland	10,46	8,6	19	231	260
260	Azerbaijan	13,9	5,1	19	280	221
261	Malaysia	10,9	8,1	19	242	257
262	Croatia	10,6	8,3	18,9	237	259
263	Portugal	10,2	8,7	18,9	226	262
264	Pakistan	9,4	9,4	18,8	203	274
265	Italy	9,6	9,1	18,7	211	271
266	Bangladesh	8,7	9,8	18,5	181	281
267	Sri_Lanka	9,5	9	18,5	214	273
268	Switzerland	10,05	8,3	18,3	238	264
269	Belgium	11,2	7,1	18,3	258	255
270	Portugal	10	8,3	18,3	239	265
271	Croatia	9,7	8,45	18,1	234	270
272	Bosnia_and_Herzegovina	8,94	9,2	18,1	208	279
273	El_Salvador	9,1	9	18,1	215	276
274	Norway	13,1	4,92	18	281	238
275	Denmark	9,92	8,1	18	243	266
276	Armenia	13,8	4,2	18	282	223

IPhO 2011 - Premiados						
N	Country	Teo	Exp	Total	Class Exp	Class Teo
277	Austria	11,3	6,7	18	266	253
278	Belgium	10,1	7,9	18	246	263
279	Croatia	9	9	18	216	277
280	Saudi_Arabia	6,8	11,2	18	135	282
281	Portugal	11,9	6,1	18	272	249
282	Turkmenistan	12,8	5,2	18	278	241

7.8. Classificação dos Premiados da IPhO de 2012

IPhO 2012 - Premiados							
País	Code	Teo	Experimental	TOTAL	Class Teo	Class Exp	Class Final
Hungary	HUN_S05	28,4	17,4	45,8	1	4	1
People's Republic of China	CHN_S03	25,5	17	42,5	5	5	2
People's Republic of China	CHN_S02	26,9	15,3	42,2	2	12	3
Taiwan	TWN_S05	25,7	15,6	41,3	4	11	4
Taiwan	TWN_S01	21,7	18,4	40,1	15	1	5
Thailand	THA_S03	24,9	14,3	39,2	6	20	6
United States of America	USA_S02	25,8	12,7	38,5	3	42	7
Taiwan	TWN_S02	23,7	14,6	38,3	10	17	8
People's Republic of China	CHN_S05	20,2	17,9	38,1	28	3	9
People's Republic of China	CHN_S04	23,9	14,2	38,1	9	22	10
Korea, Republic of	KOR_S03	24,7	13,1	37,8	7	35	11
People's Republic of China	CHN_S01	24,4	13,2	37,6	8	32	12
Taiwan	TWN_S04	21,5	15,9	37,4	16	9	13
Taiwan	TWN_S03	21,1	16,2	37,3	17	7	14
India	IND_S05	23,4	13,5	36,9	11	30	15
Russia	RUS_S02	19,5	16,4	35,9	39	6	16
Romania	ROU_S01	20,6	14,9	35,5	24	16	17
Japan	JPN_S03	20,1	15,2	35,3	29	13	18
United States of America	USA_S01	19,6	15,7	35,3	38	10	19
Russia	RUS_S05	21,1	13,9	35	18	24	20
Republic of Singapore	SGP_S05	21,1	13,8	34,9	19	26	21
Hong Kong	HKG_S01	21	13,8	34,8	21	27	22
Korea, Republic of	KOR_S02	19,9	14,3	34,2	31	21	23

IPHO 2012 - Premiados							
País	Code	Teo	Experimental	TOTAL	Class Teo	Class Exp	Class Final
Korea, Republic of	KOR_S04	20,4	13,6	34	25	28	24
Germany	DEU_S04	19,9	13,4	33,3	32	31	25
Russia	RUS_S01	15,3	18	33,3	100	2	26
Germany	DEU_S01	19,5	13,6	33,1	40	29	27
Poland	POL_S02	20,1	13	33,1	30	36	28
Indonesia	IDN_S05	20,3	12,4	32,7	27	48	29
Belarus	BLR_S02	22,3	10,4	32,7	13	92	30
Thailand	THA_S02	22,7	9,9	32,6	12	105	31
Estonia	EST_S01	18	14,5	32,5	52	18	32
Thailand	THA_S05	19,8	12,3	32,1	34	50	33
Vietnam	VNM_S05	19,7	12,4	32,1	36	49	34
Belarus	BLR_S01	21	11	32	22	73	35
Japan	JPN_S01	21,1	10,9	32	20	76	36
Brazil	BRA_S04	19,5	12,3	31,8	41	51	37
Bulgaria	BGR_S03	19,2	12,6	31,8	43	45	38
Kazakhstan	KAZ_S02	21,8	9,9	31,7	14	106	39
United States of America	USA_S05	17,2	14,5	31,7	71	19	40
Republic of Singapore	SGP_S04	17,4	14,2	31,6	67	23	41
Hong Kong	HKG_S04	18,6	12,9	31,5	44	39	42
Republic of Singapore	SGP_S02	19,9	11,2	31,1	33	64	43
Republic of Singapore	SGP_S01	15,1	15,9	31	106	8	44
Vietnam	VNM_S01	18,4	12,6	31	45	46	45
India	IND_S01	17,8	13,1	30,9	55	33	46
Russia	RUS_S04	17,8	13,1	30,9	56	34	47
India	IND_S02	17,4	13	30,4	68	37	48
Hungary	HUN_S03	17,6	12,6	30,2	64	44	49
Romania	ROU_S02	19,8	10,1	29,9	35	99	50
Islamic Republic of Iran	IRN_S04	18,2	11,6	29,8	47	61	51
Ukraine	UKR_S03	17,5	12,2	29,7	66	53	52
Germany	DEU_S02	14,6	15	29,6	115	14	53
India	IND_S03	20,4	9	29,4	26	124	54
Japan	JPN_S04	18,1	11	29,1	49	74	55
Ukraine	UKR_S01	20,8	8,3	29,1	23	147	56
Russia	RUS_S03	17,8	11,2	29	57	65	57
Ukraine	UKR_S02	19,4	9,5	28,9	42	113	58
France	FRA_S04	17,1	11,7	28,8	73	58	59
Kazakhstan	KAZ_S03	19,6	9	28,6	37	125	60
Korea, Republic of	KOR_S01	17,7	10,9	28,6	62	77	61
Czech Republic	CZE_S01	17,7	10,7	28,4	63	85	62
Vietnam	VNM_S02	16,2	12,2	28,4	83	54	63
Czech Republic	CZE_S02	18,1	10,1	28,2	50	100	64

IPHO 2012 - Premiados							
País	Code	Teo	Experimental	TOTAL	Class Teo	Class Exp	Class Final
Czech Republic	CZE_S03	17,2	10,9	28,1	70	78	65
Thailand	THA_S01	18,2	9,8	28	48	110	66
Korea, Republic of	KOR_S05	17,6	10,3	27,9	65	93	67
Bulgaria	BGR_S02	17,8	9,9	27,7	58	104	68
Japan	JPN_S05	17,7	10	27,7	61	101	69
Belarus	BLR_S03	16,2	11,5	27,7	84	62	70
Slovakia	SVK_S01	16,9	10,7	27,6	74	86	71
Hong Kong	HKG_S03	13,6	13,9	27,5	127	25	72
Israel	ISR_S01	15,9	11,2	27,1	91	66	73
Japan	JPN_S02	16,8	10,1	26,9	75	97	74
Belarus	BLR_S05	16	10,9	26,9	89	79	75
Estonia	EST_S02	18,3	8,5	26,8	46	141	76
Poland	POL_S04	17,8	9	26,8	59	126	77
Lithuania	LTU_S03	15,9	10,9	26,8	92	81	78
United States of America	USA_S04	15,5	11,2	26,7	99	67	79
Bulgaria	BGR_S01	16,1	10,6	26,7	87	89	80
Estonia	EST_S04	15,6	10,9	26,5	98	80	81
Germany	DEU_S05	13,6	12,9	26,5	126	40	82
Ukraine	UKR_S05	15,2	11,2	26,4	105	68	83
Estonia	EST_S03	16,3	9,8	26,1	81	107	84
France	FRA_S01	13,4	12,7	26,1	134	43	85
Turkey	TUR_S03	14,8	11,1	25,9	108	70	86
Latvia	LVA_S02	16,1	9,7	25,8	86	111	87
United States of America	USA_S03	15,3	10,5	25,8	101	90	88
Canada	CAN_S04	14,7	11,1	25,8	112	71	89
Austria	AUT_S01	16,4	9,2	25,6	79	117	90
Slovakia	SVK_S02	14,8	10,8	25,6	109	84	91
Czech Republic	CZE_S05	14,2	11,2	25,4	118	69	92
Islamic Republic of Iran	IRN_S03	17,8	7,6	25,4	60	165	93
Slovakia	SVK_S03	16,6	8,6	25,2	78	137	94
Serbia	SRB_S03	12,3	12,8	25,1	155	41	95
Turkey	TUR_S01	14,7	10,3	25	113	94	96
Israel	ISR_S04	16,4	8,5	24,9	80	142	97
France	FRA_S02	15,7	9,1	24,8	96	122	98
Republic of Singapore	SGP_S03	12,3	12,5	24,8	156	47	99
Finland	FIN_S02	13,4	11,4	24,8	135	63	100
Kazakhstan	KAZ_S05	16,7	8,1	24,8	76	153	101
Turkey	TUR_S05	15,9	8,9	24,8	93	131	102
Hong Kong	HKG_S02	16,1	8,6	24,7	88	138	103
Hungary	HUN_S04	13,6	11	24,6	128	75	104
Romania	ROU_S04	18	6,6	24,6	53	198	105
United Kingdom	GBR_S04	11,5	13	24,5	179	38	106

IPHO 2012 - Premiados							
País	Code	Teo	Experimental	TOTAL	Class Teo	Class Exp	Class Final
Kazakhstan	KAZ_S04	17,9	6,5	24,4	54	200	107
United Kingdom	GBR_S01	12,1	12,3	24,4	164	52	108
Lithuania	LTU_S05	14,9	9,4	24,3	107	115	109
France	FRA_S03	12,4	11,9	24,3	153	57	110
Iceland	ISL_S02	14,1	10,1	24,2	119	98	111
Macao, China	MAC_S04	13,9	10	23,9	124	102	112
Estonia	EST_S05	12,8	11,1	23,9	146	72	113
Hungary	HUN_S01	14,3	9,6	23,9	117	112	114
Romania	ROU_S03	14,7	9,2	23,9	111	119	115
Switzerland	CHE_S05	8,9	15	23,9	229	15	116
Montenegro	MNE_S01	16,7	7	23,7	77	182	117
Serbia	SRB_S02	16,3	7,4	23,7	82	174	118
Moldova	MDA_S01	16,2	7,3	23,5	85	176	119
Australia	AUS_S03	12,8	10,6	23,4	147	87	120
Turkey	TUR_S02	16	7,4	23,4	90	170	121
Turkey	TUR_S04	14,8	8,5	23,3	110	143	122
Ukraine	UKR_S04	15,3	7,8	23,1	102	159	123
Slovakia	SVK_S04	17,3	5,7	23	69	222	124
United Kingdom	GBR_S02	11,3	11,7	23	182	59	125
Vietnam	VNM_S03	14	9	23	122	127	126
Kazakhstan	KAZ_S01	18,1	4,8	22,9	51	248	127
Israel	ISR_S02	17,2	5,7	22,9	72	224	128
Netherlands	NLD_S05	12,2	10,4	22,6	161	91	129
Australia	AUS_S02	10,9	11,6	22,5	190	60	130
Islamic Republic of Iran	IRN_S01	13,7	8,6	22,3	125	139	131
Thailand	THA_S04	15,3	6,9	22,2	104	185	132
Poland	POL_S05	13	9	22	145	128	133
Sweden	SWE_S01	12,1	9,8	21,9	168	108	134
Finland	FIN_S01	11	10,8	21,8	187	82	135
Islamic Republic of Iran	IRN_S02	13,3	8,4	21,7	137	146	136
Iceland	ISL_S01	11,6	10	21,6	177	103	137
Canada	CAN_S05	12,1	9,4	21,5	165	116	138
Italy	ITA_S02	14,1	7,4	21,5	120	173	139
France	FRA_S05	9,4	12,1	21,5	221	55	140
Vietnam	VNM_S04	14,7	6,7	21,4	114	191	141
Austria	AUT_S02	13,3	8	21,3	138	154	142
India	IND_S04	13,4	7,9	21,3	136	158	143
Islamic Republic of Iran	IRN_S05	15,7	5,6	21,3	97	225	144
Poland	POL_S03	13,1	8,1	21,2	141	151	145
Israel	ISR_S03	11,9	9,2	21,1	171	118	146
United Kingdom	GBR_S05	9,1	12	21,1	225	56	147

IPHO 2012 - Premiados							
País	Code	Teo	Experimental	TOTAL	Class Teo	Class Exp	Class Final
Germany	DEU_S03	11,8	9,1	20,9	173	123	148
Serbia	SRB_S01	15,9	5	20,9	94	243	149
Italy	ITA_S01	12,3	8,5	20,8	157	144	150
Australia	AUS_S05	9,9	10,8	20,7	207	83	151
Portugal	PRT_S01	13,5	7,2	20,7	129	178	152
Bulgaria	BGR_S05	15,9	4,7	20,6	95	252	153
Austria	AUT_S05	9,9	10,6	20,5	208	88	154
Czech Republic	CZE_S04	13,3	7,1	20,4	139	181	155
Belarus	BLR_S04	11,1	9,2	20,3	184	120	156
Switzerland	CHE_S01	10,5	9,8	20,3	194	109	157
Canada	CAN_S01	12,3	7,9	20,2	158	156	158
Netherlands	NLD_S03	12,1	8,1	20,2	163	152	159
Slovenia	SVN_S01	12,2	8	20,2	162	155	160
Canada	CAN_S02	13,5	6,6	20,1	130	199	161
Moldova	MDA_S02	11,9	8,2	20,1	170	148	162
Israel	ISR_S05	12,6	7,4	20	149	171	163
Macao, China	MAC_S02	13,1	6,9	20	140	186	164
Austria	AUT_S03	10,3	9,5	19,8	197	114	165
Brazil	BRA_S05	15,3	4,5	19,8	103	256	166
Armenia	ARM_S03	13	6,7	19,7	142	192	167
Georgia	GEO_S03	12,1	7,6	19,7	166	164	168
Turkmenistan	TKM_S02	13	6,7	19,7	143	193	169
Canada	CAN_S03	9,4	10,2	19,6	218	96	170
Indonesia	IDN_S02	11,7	7,6	19,3	175	166	171
Spain	ESP_S05	8,9	10,3	19,2	228	95	172
Hong Kong	HKG_S05	14,3	4,8	19,1	116	250	173
Moldova	MDA_S04	12,4	6,7	19,1	154	196	174
Australia	AUS_S01	14	5	19	123	244	175
Mexico	MEX_S05	11,7	7,2	18,9	176	179	176
Romania	ROU_S05	13,5	5,4	18,9	131	234	177
Italy	ITA_S03	12,6	6,1	18,7	150	209	178
Serbia	SRB_S04	11,5	7,2	18,7	180	180	179
Bosnia and Herzegovina	BIH_S01	11	7,6	18,6	188	167	180
Armenia	ARM_S01	13	5,5	18,5	144	227	181
Austria	AUT_S04	10,3	7,9	18,2	198	157	182
Georgia	GEO_S04	11,9	6	17,9	172	215	183
Switzerland	CHE_S03	8,7	9,2	17,9	232	121	184
Georgia	GEO_S02	12	5,8	17,8	169	220	185
Netherlands	NLD_S02	9	8,8	17,8	226	133	186
Hungary	HUN_S02	13,5	4,2	17,7	132	257	187
Serbia	SRB_S05	13,5	4,2	17,7	133	259	188
Azerbaijan	AZE_S01	14,1	3,5	17,6	121	267	189
Moldova	MDA_S03	12,2	5,4	17,6	160	235	190
Saudi Arabia	SAU_S02	12,5	5,1	17,6	151	242	191
Mexico	MEX_S02	9,4	8,2	17,6	222	149	192
Brazil	BRA_S03	11,2	6,3	17,5	183	206	193
Brazil	BRA_S02	12,1	5,4	17,5	167	230	194

IPHO 2012 - Premiados							
País	Code	Teo	Experimental	TOTAL	Class Teo	Class Exp	Class Final
Georgia	GEO_S01	12,3	5,2	17,5	159	241	195
Greece	GRC_S04	11,4	6,1	17,5	181	210	196
Macao, China	MAC_S03	10,8	6,7	17,5	192	194	197
Pakistan	PAK_S04	11,6	5,9	17,5	178	217	198
Moldova	MDA_S05	10	7,4	17,4	204	172	199
Mongolia	MNG_S04	11,8	5,6	17,4	174	226	200
Spain	ESP_S02	8,6	8,8	17,4	234	132	201
Bangladesh	BGD_S03	12,5	4,8	17,3	152	249	202
Croatia	HRV_S01	12,7	4,6	17,3	148	254	203
Netherlands	NLD_S01	8,3	9	17,3	237	129	204
Belgium	BEL_S02	9,7	7,5	17,2	214	169	205
Macao, China	MAC_S01	11,1	6,1	17,2	185	211	206
Tajikistan	TJK_S03	11,1	6,1	17,2	186	212	207
United Kingdom	GBR_S03	9,9	7,3	17,2	209	177	208
Finland	FIN_S03	9,5	7,5	17	216	168	209
Georgia	GEO_S05	10,4	6,4	16,8	195	204	210
Australia	AUS_S04	8	8,7	16,7	242	134	211
Portugal	PRT_S05	10	6,6	16,6	205	197	212
Lithuania	LTU_S02	9,2	7,3	16,5	224	175	213
Syrian Arab Republic	SYR_S02	9,8	6,5	16,3	211	201	214
Malaysia	MYS_S04	8,5	7,7	16,2	235	161	215
Denmark	DNK_S02	7,7	8,4	16,1	250	145	216
Indonesia	IDN_S03	10,3	5,8	16,1	199	221	217
Malaysia	MYS_S03	7,9	8,2	16,1	244	150	218
Switzerland	CHE_S02	6,9	9	15,9	260	130	219
Croatia	HRV_S02	10,3	5,5	15,8	200	228	220
Poland	POL_S01	10,3	5,4	15,7	201	231	221
Bangladesh	BGD_S04	10,3	5,4	15,7	202	236	222
Saudi Arabia	SAU_S05	8,8	6,8	15,6	231	188	223
Mongolia	MNG_S05	9,4	6,1	15,5	219	208	224
Lithuania	LTU_S01	9,9	5,4	15,3	210	232	225
Bosnia and Herzegovina	BIH_S03	9,8	5,2	15	212	240	226
Bangladesh	BGD_S05	8,2	6,8	15	241	190	227
Finland	FIN_S04	8,4	6,4	14,8	236	205	228
Azerbaijan	AZE_S04	10,7	3,9	14,6	193	263	229
Greece	GRC_S02	7,8	6,7	14,5	249	195	230
Belgium	BEL_S01	10,4	4,1	14,5	196	262	231
Croatia	HRV_S04	10,9	3,6	14,5	191	266	232
Armenia	ARM_S02	10,3	4,1	14,4	203	260	233
Mongolia	MNG_S01	9	5,4	14,4	227	233	234
Mongolia	MNG_S02	7,5	6,9	14,4	252	187	235
Slovenia	SVN_S05	9,5	4,9	14,4	217	246	236
Syrian Arab Republic	SYR_S04	8	6,4	14,4	243	202	237
Mongolia	MNG_S03	5,7	8,6	14,3	268	136	238
Greece	GRC_S05	9,3	4,9	14,2	223	247	239

IPhO 2012 - Premiados							
País	Code	Teo	Experimental	TOTAL	Class Teo	Class Exp	Class Final
Denmark	DNK_S01	7,3	6,8	14,1	254	189	240
Italy	ITA_S05	7,7	6,4	14,1	251	203	241
Iceland	ISL_S05	9,4	4,6	14	220	255	242
Italy	ITA_S04	11	2,8	13,8	189	270	243
Belgium	BEL_S05	8,3	5,3	13,6	238	237	244
Finland	FIN_S05	5,9	7,7	13,6	265	160	245
Macao, China	MAC_S05	5,8	7,7	13,5	266	162	246
Saudi Arabia	SAU_S03	9,8	3,7	13,5	213	265	247
Slovenia	SVN_S04	4,9	8,6	13,5	270	140	248
Bulgaria	BGR_S04	7,9	5,5	13,4	245	229	249
Malaysia	MYS_S02	7,2	6	13,2	255	216	250
Portugal	PRT_S02	7,9	5,3	13,2	248	238	251
Switzerland	CHE_S04	4,5	8,7	13,2	271	135	252
Croatia	HRV_S05	7,2	5,8	13	256	219	253
Portugal	PRT_S04	7,1	5,9	13	257	218	254
Netherlands	NLD_S04	6,7	6,2	12,9	261	207	255
Denmark	DNK_S03	5,9	6,9	12,8	264	184	256
Indonesia	IDN_S01	5,8	7	12,8	267	183	257
Kyrgyzstan	KGZ_S02	6,7	6,1	12,8	262	213	258
Latvia	LVA_S01	6,7	6,1	12,8	263	214	259
Ireland	IRL_S02	5,1	7,7	12,8	269	163	260
Saudi Arabia	SAU_S04	7,9	4,8	12,7	246	251	261
Spain	ESP_S03	7	5,7	12,7	259	223	262
Colombia	COL_S02	7,9	4,7	12,6	247	253	263
Armenia	ARM_S04	10	2,6	12,6	206	271	264
Montenegro	MNE_S04	8,7	3,9	12,6	233	264	265
Indonesia	IDN_S04	9,6	2,9	12,5	215	269	266
Mexico	MEX_S01	8,3	4,2	12,5	239	258	267
Turkmenistan	TKM_S03	8,3	4,1	12,4	240	261	268
Latvia	LVA_S05	7,4	5	12,4	253	245	269
Iceland	ISL_S04	7,1	5,3	12,4	258	239	270
Syrian Arab Republic	SYR_S01	8,9	3,5	12,4	230	268	271

7.9. Classificação dos Premiados da IPhO de 2015

IPhO 2015 - Premiados						
Country	Theory	Expt	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
Republic of Korea	30,000	18,300	48,300	1	11	1
People's Republic of China	29,600	18,500	48,100	3	5	2
People's Republic of China	29,600	18,400	48,000	4	8	3
Republic of Korea	29,000	19,000	48,000	12	1	4
Republic of Singapore	29,100	18,700	47,800	11	3	5
People's Republic of China	29,300	18,200	47,500	7	12	6

IPHO 2015 - Premiaados						
Country	Theory	Expt	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
Chinese Taipei	28,800	18,500	47. 3	13	6	7
Russia	29,200	18,000	47,200	8	13	8
Republic of Korea	28,300	17,800	46,100	19	16	9
Republic of Korea	28,100	17,900	46,000	20	14	10
United States of America	27,600	18,400	46,000	28	9	11
People's Republic of China	28,100	17,700	45,800	21	17	12
Japan	28,600	17,000	45,600	16	26	13
Vietnam	28,500	17,000	45,500	17	27	14
United States of America	26,900	18,500	45,400	37	7	15
Chinese Taipei	27,800	17,200	45,000	26	21	16
Islamic Republic of Iran	27,300	17,700	45,000	30	18	17
Romania	29,800	15,100	44,900	2	46	18
People's Republic of China	29,400	15,500	44,900	6	43	19
Chinese Taipei	27,000	17,200	44,200	34	22	20
Chinese Taipei	28,100	15,700	43,800	22	38	21
Hong Kong	26,400	17,200	43,600	45	23	22
Thailand	27,200	16,300	43,500	31	32	23
Islamic Republic of Iran	26,700	16,500	43,200	42	30	24
Russia	24,400	18,800	43,200	65	2	25
Poland	27,800	15,300	43,100	27	44	26
Russia	24,500	18,600	43,100	62	4	27
Hong Kong	29,500	13,400	42,900	5	100	28
Vietnam	29,200	13,600	42,800	9	93	29
Hong Kong	26,800	15,800	42,600	41	37	30
Republic of Kazakhstan	26,100	16,500	42,600	51	31	31
Romania	27,900	14,600	42,500	24	60	32
Vietnam	29,200	13,300	42,500	10	102	33
Belarus	25,300	17,100	42,400	58	25	34
United States of America	28,700	13,600	42,300	14	94	35
Estonia	23,800	18,400	42,200	74	10	36
Russia	27,100	15,100	42,200	32	47	37
United States of America	27,000	15,200	42,200	35	45	38
United States of America	25,400	16,600	42,000	57	29	39
Hungary	25,600	16,300	41,900	54	33	40
Russia	26,900	15,000	41,900	38	48	41
Chinese Taipei	27,100	14,700	41,800	33	58	42
Hong Kong	24,100	17,300	41,400	69	20	43
Republic of Singapore	27,400	13,800	41,200	29	82	44
Republic of Singapore	26,900	14,200	41,100	39	75	45
Republic of Singapore	26,400	14,600	41,000	46	61	46
India	26,300	14,600	40,900	48	62	47

IPHO 2015 - Premiaados						
Country	Theory	Expt	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
Republic of Korea	24,900	16,000	40,900	60	36	48
Canada	22,900	17,900	40,800	87	15	49
Ukraine	26,300	14,400	40,700	49	64	50
Vietnam	26,200	14,400	40,600	50	65	51
Islamic Republic of Iran	26,700	13,700	40,400	43	85	52
Hong Kong	26,500	13,900	40,400	44	77	53
Romania	24,200	16,100	40,300	66	35	54
Islamic Republic of Iran	28,500	11,200	39,700	18	137	55
Thailand	25,800	13,900	39,700	52	78	56
Germany	24,500	14,900	39,400	63	51	57
Islamic Republic of Iran	25,600	13,600	39,200	55	95	58
Indonesia	26,400	12,100	38,500	47	120	59
Thailand	23,800	14,700	38,500	75	59	60
Hungary	22,500	15,700	38,200	88	39	61
Armenia	22,400	15,700	38,100	91	40	62
India	27,900	10,100	38,000	25	162	63
Republic of Singapore	24,100	13,900	38,000	70	79	64
Ukraine	24,200	13,800	38,000	67	83	65
India	28,700	9,100	37,800	15	190	66
Armenia	23,500	14,300	37,800	79	70	67
Thailand	23,600	14,100	37,700	78	76	68
Indonesia	25,200	11,900	37,100	59	125	69
Hungary	19,700	17,200	36,900	116	24	70
Thailand	23,200	13,700	36,900	81	86	71
United Kingdom	23,100	13,700	36,800	83	87	72
Japan	27,000	9,500	36,500	36	176	73
Romania	24,800	11,700	36,500	61	129	74
Bosnia and Herzegovina	18,800	17,600	36,400	130	19	75
Belarus	23,700	12,500	36,200	76	111	76
Vietnam	23,000	12,800	35,800	84	108	77
Israel	19,900	15,600	35,500	113	41	78
Israel	20,400	14,800	35,200	107	56	79
Italy	20,700	14,400	35,100	102	66	80
United Kingdom	25,600	9,500	35,100	56	177	81
Czech Republic	20,200	14,400	34,600	109	67	82
Czech Republic	20,700	13,700	34,400	103	88	83
Italy	23,000	11,400	34,400	85	136	84
Czech Republic	22,200	12,100	34,300	92	121	85
Japan	26,900	7,300	34,200	40	226	86
Indonesia	20,500	13,600	34,100	105	96	87
France	21,700	12,200	33,900	94	118	88
Hungary	24,000	9,900	33,900	71	169	89

IPHO 2015 - Premiados						
Country	Theory	Expt	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
Slovakia	20,500	13,400	33,900	106	101	90
Germany	21,400	12,400	33,800	96	115	91
Bulgaria	19,500	14,300	33,800	120	71	92
Ukraine	20,100	13,500	33,600	111	98	93
Germany	21,000	12,400	33,400	99	116	94
Turkey	23,500	9,900	33,400	80	170	95
Israel	18,900	14,400	33,300	125	68	96
Turkey	24,200	9,100	33,300	68	191	97
Bulgaria	23,900	9,300	33,200	72	183	98
India	28,100	5,100	33,200	23	256	99
Turkey	21,200	12,000	33,200	97	123	100
Lithuania	19,800	13,300	33,100	115	103	101
France	16,200	16,800	33,000	159	28	102
Australia	19,100	13,500	32,800	124	99	103
Estonia	20,900	11,900	32,800	100	126	104
Israel	19,600	13,100	32,700	117	106	105
Indonesia	23,900	8,700	32,600	73	201	106
France	19,200	12,800	32,000	122	109	107
Poland	17,100	14,900	32,000	149	52	108
Germany	15,600	16,300	31,900	168	34	109
Armenia	19,200	12,500	31,700	123	112	110
Finland	19,600	12,100	31,700	118	122	111
Croatia	20,800	10,800	31,600	101	146	112
Denmark	20,000	11,500	31,500	112	135	113
Romania	25,800	5,500	31,300	53	251	114
Serbia	23,700	7,600	31,300	77	220	115
Bulgaria	16,800	14,500	31,300	151	63	116
Italy	17,300	13,900	31,200	145	80	117
Hungary	23,000	8,000	31,000	86	213	118
United Kingdom	16,000	14,900	30,900	161	53	119
Brazil	22,500	8,200	30,700	89	210	120
Turkey	23,200	7,300	30,500	82	227	121
Bulgaria	18,900	11,600	30,500	126	134	122
France	19,600	10,900	30,500	119	144	123
Ukraine	20,300	10,200	30,500	108	159	124
Armenia	24,500	5,600	30,100	64	249	125
Germany	15,200	14,400	29,600	172	69	126
Bosnia and Herzegovina	13,900	15,600	29,500	192	42	127
Bulgaria	19,900	9,600	29,500	114	173	128
Slovenia	16,300	13,200	29,500	156	104	129
Finland	17,400	12,000	29,400	144	124	130
Slovenia	17,600	11,800	29,400	142	127	131

IPHO 2015 - Premiados						
Country	Theory	Expt	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
Belarus	14,500	14,800	29,300	183	57	132
Australia	18,600	10,700	29,300	133	147	133
Poland	15,700	13,600	29,300	166	97	134
Poland	18,600	10,700	29,300	134	148	135
Australia	14,900	14,300	29,200	177	72	136
Republic of Kazakhstan	18,000	11,000	29,000	138	141	137
Latvia	18,800	10,100	28,900	131	163	138
India	22,500	6,100	28,600	90	244	139
Azerbaijan	21,500	7,000	28,500	95	234	140
Cuba	17,700	10,700	28,400	141	149	141
Indonesia	18,900	9,500	28,400	127	178	142
Slovakia	17,800	10,300	28,100	139	157	143
Italy	16,300	11,700	28,000	157	130	144
Japan	18,900	8,900	27,800	128	198	145
Lithuania	12,800	15,000	27,800	212	49	146
Moldova	20,600	6,900	27,500	104	237	147
Czech Republic	17,000	10,400	27,400	150	153	148
Moldova	16,300	11,100	27,400	158	139	149
Belarus	15,000	12,300	27,300	175	117	150
Turkey	22,000	5,200	27,200	93	255	151
Ukraine	18,700	8,400	27,100	132	207	152
Czech Republic	21,200	5,800	27,000	98	247	153
Mexico	16,200	10,600	26,800	160	151	154
Sweden	15,800	11,000	26,800	164	142	155
United Kingdom	19,500	7,300	26,800	121	228	156
Spain	16,400	10,200	26,600	155	160	157
Croatia	20,200	6,300	26,500	110	242	158
Finland	13,200	13,200	26,400	206	105	159
Armenia	15,900	10,300	26,200	163	158	160
United Kingdom	16,700	9,400	26,100	152	180	161
Canada	16,000	10,000	26,000	162	166	162
Canada	17,300	8,700	26,000	146	202	163
Croatia	18,100	7,800	25,900	137	217	164
Austria	16,700	9,100	25,800	153	192	165
Austria	18,400	7,400	25,800	135	224	166
France	11,400	14,300	25,700	233	73	167
Pakistan	11,800	13,800	25,600	229	84	168
Slovakia	11,300	14,300	25,600	237	74	169
Israel	17,600	7,800	25,400	143	218	170
Australia	14,700	10,400	25,100	181	154	171
Sri Lanka	14,100	11,000	25,100	186	143	172
Slovakia	14,900	10,100	25,000	178	164	173

IPhO 2015 - Premiados						
Country	Theory	Expt	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
Brazil	18,900	6,000	24,900	129	246	174
Finland	13,100	11,800	24,900	208	128	175
Serbia	15,400	9,400	24,800	170	181	176
Slovenia	10,900	13,900	24,800	242	81	177
Slovenia	12,200	12,500	24,700	222	113	178
Switzerland	11,000	13,700	24,700	240	89	179
Cambodia	14,900	9,700	24,600	179	172	180
Slovenia	12,900	11,700	24,600	210	131	181
Portugal	11,900	12,500	24,400	226	114	182
Belgium	9,400	14,900	24,300	255	54	183
Serbia	15,000	9,300	24,300	176	184	184
Belarus	17,300	6,900	24,200	147	238	185
Macao-China	13,100	11,100	24,200	209	140	186
Netherlands	12,500	11,700	24,200	216	132	187
Japan	17,200	6,900	24,100	148	239	188
Spain	13,500	10,600	24,100	200	152	189
Bangladesh	15,400	8,600	24,000	171	204	190
Switzerland	14,900	9,100	24,000	180	193	191
Brazil	14,700	9,300	24,000	182	185	192
Latvia	14,000	10,000	24,000	188	167	193
Mexico	9,100	14,900	24,000	257	55	194
Turkmenistan	17,800	6,200	24,000	140	243	195
Italy	15,200	8,600	23,800	173	205	196
Spain	8,600	15,000	23,600	261	50	197
Mongolia	9,800	13,700	23,500	251	90	198
Netherlands	10,700	12,800	23,500	244	110	199
Switzerland	13,300	10,200	23,500	204	161	200
Estonia	13,800	9,600	23,400	193	174	201
Belgium	9,600	13,700	23,300	252	91	202
Netherlands	11,000	12,200	23,200	241	119	203
Republic of Kazakhstan	14,000	9,200	23,200	189	188	204
Spain	13,700	9,500	23,200	196	179	205
Moldova	12,100	10,900	23,000	224	145	206
Republic of Kazakhstan	14,300	8,700	23,000	185	203	207
Tajikistan	15,700	7,300	23,000	167	229	208
Sweden	8,800	13,700	22,500	259	92	209
Macedonia	13,300	9,100	22,400	205	194	210
Serbia	13,400	8,900	22,300	202	199	211
Mongolia	15,100	7,100	22,200	174	233	212
Canada	11,400	10,700	22,100	234	150	213
Bosnia and Herzegovina	10,300	11,700	22,000	249	133	214
Greece	14,100	7,900	22,000	187	216	215

IPHO 2015 - Premiados						
Country	Theory	Expt	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
Lithuania	14,400	7,600	22,000	184	221	216
Saudi Arabia	12,800	9,200	22,000	213	189	217
Serbia	18,200	3,600	21,800	136	262	218
Slovakia	13,700	8,000	21,700	197	214	219
Syria	14,000	7,500	21,500	190	222	220
Georgia	12,500	8,900	21,400	217	200	221
Belgium	12,100	9,100	21,200	225	195	222
Estonia	10,000	11,200	21,200	250	138	223
Brazil	11,800	9,300	21,100	230	186	224
Nigeria	12,500	8,600	21,100	218	206	225
Saudi Arabia	11,800	9,300	21,100	231	187	226
Turkmenistan	13,600	7,300	20,900	199	230	227
Malaysia	10,400	10,400	20,800	247	155	228
Pakistan	12,500	8,300	20,800	219	208	229
Austria	13,400	7,300	20,700	203	231	230
Netherlands	12,200	8,300	20,500	223	209	231
Croatia	12,700	7,800	20,500	214	219	232
Puerto Rico	15,800	4,400	20,200	165	260	233
Bosnia and Herzegovina	9,600	10,400	20,000	253	156	234
Portugal	10,900	9,000	19,900	243	196	235
Belgium	10,400	9,400	19,800	248	182	236
Canada	11,400	8,200	19,600	235	211	237
Tajikistan	13,800	5,800	19,600	194	248	238
Macao-China	15,500	4,000	19,500	169	261	239
Sweden	6,400	13,100	19,500	263	107	240
Iceland	9,300	10,000	19,300	256	168	241
Georgia	12,300	7,000	19,300	221	235	242
Switzerland	11,900	7,400	19,300	227	225	243
Georgia	13,500	5,500	19,000	201	252	244
Australia	8,800	10,100	18,900	260	165	245
Switzerland	11,300	7,500	18,800	238	223	246
Denmark	13,200	5,500	18,700	207	253	247
Lithuania	10,500	8,200	18,700	246	212	248
Saudi Arabia	11,900	6,800	18,700	228	240	249
South Africa	12,600	6,100	18,700	215	245	250
Bangladesh	10,600	8,000	18,600	245	215	251
Saudi Arabia	14,000	4,600	18,600	191	258	252
Kyrgyzstan	9,500	9,000	18,500	254	197	253
Macao-China	11,300	7,200	18,500	239	232	254
Poland	8,900	9,600	18,500	258	175	255
Portugal	13,700	4,800	18,500	198	257	256
Nepal	11,400	7,000	18,400	236	236	257

IPhO 2015 - Premiados						
Country	Theory	Expt	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
Netherlands	8,500	9,800	18,300	262	171	258
Portugal	13,800	4,500	18,300	195	259	259
Mongolia	12,900	5,300	18,200	211	254	260
Brazil	16,500	1,700	18,200	154	263	261
Cambodia	11,500	6,500	18,000	232	241	262
Turkmenistan	12,400	5,600	18,000	220	250	263

7.10. Classificação dos Premiados da IPhO de 2016

IPhO 2016 - Premiados							
Class	Country	Teo	Exp	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
1	<u>CHN</u>	28,600	19,500	48,100	5	2	1
2	<u>CHN</u>	29,400	18,400	47,800	2	23	2
2	<u>KOR</u>	28,700	19,100	47,800	4	10	3
4	<u>KOR</u>	28,500	19,200	47,700	6	5	4
5	<u>RUS</u>	29,600	17,300	46,900	1	55	5
6	<u>IDN</u>	28,000	18,600	46,600	8	18	6
7	<u>CHN</u>	29,200	17,300	46,500	3	56	7
8	<u>JPN</u>	26,700	19,500	46,200	11	3	8
9	<u>KOR</u>	26,500	19,300	45,800	13	4	9
10	<u>SGP</u>	26,600	18,700	45,300	12	15	10
11	<u>UKR</u>	28,500	16,600	45,100	7	74	11
12	<u>THA</u>	25,800	19,200	45,000	17	6	12
13	<u>CHN</u>	26,400	18,400	44,800	14	24	13
14	<u>KOR</u>	26,000	18,700	44,700	15	16	14
15	<u>CHN</u>	25,800	18,300	44,100	18	27	15
16	<u>USA</u>	25,600	18,300	43,900	19	28	16
17	<u>THA</u>	25,900	17,900	43,800	16	38	17
17	<u>USA</u>	24,800	19,000	43,800	25	11	18
19	<u>ROU</u>	25,500	18,100	43,600	20	34	19
20	<u>TWN</u>	24,300	19,200	43,500	31	7	20
21	<u>HKG</u>	28,000	15,400	43,400	9	102	21
22	<u>JPN</u>	24,700	18,600	43,300	29	19	22
23	<u>TWN</u>	24,400	18,600	43,000	30	20	23
24	<u>SGP</u>	24,800	18,000	42,800	26	35	24
25	<u>TWN</u>	22,800	19,700	42,500	45	1	25
26	<u>BLR</u>	25,000	17,200	42,200	24	58	26
27	<u>HUN</u>	25,200	16,900	42,100	23	64	27
28	<u>TWN</u>	23,100	18,900	42,000	42	12	28
29	<u>ARM</u>	23,900	17,500	41,400	34	49	29
29	<u>RUS</u>	23,600	17,800	41,400	37	42	30
31	<u>RUS</u>	22,600	18,400	41,000	48	25	31
32	<u>VNM</u>	23,900	17,000	40,900	35	62	32

IPHO 2016 - Premiados							
Class	Country	Teo	Exp	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
33	<u>IND</u>	23,000	17,800	40,800	44	43	33
33	<u>VNM</u>	22,800	18,000	40,800	46	36	34
35	<u>BRA</u>	25,300	15,300	40,600	22	106	35
35	<u>TWN</u>	23,900	16,700	40,600	36	67	36
37	<u>DEU</u>	23,200	17,200	40,400	38	59	37
37	<u>IND</u>	21,200	19,200	40,400	55	8	38
37	<u>LTU</u>	25,500	14,900	40,400	21	114	39
40	<u>ROU</u>	23,100	17,200	40,300	43	60	40
41	<u>IRN</u>	27,500	12,700	40,200	10	176	41
42	<u>JPN</u>	21,200	18,900	40,100	56	13	42
43	<u>IND</u>	22,200	17,800	40,000	50	44	43
43	<u>RUS</u>	22,700	17,300	40,000	47	57	44
45	<u>IRN</u>	24,800	15,100	39,900	27	109	45
45	<u>SRB</u>	23,200	16,700	39,900	39	68	46
47	<u>KOR</u>	24,100	15,700	39,800	33	94	47
48	<u>HKG</u>	20,200	18,700	38,900	63	17	48
49	<u>RUS</u>	20,600	17,900	38,500	61	39	49
50	<u>USA</u>	19,900	18,300	38,200	64	29	50
51	<u>POL</u>	23,200	14,800	38,000	40	116	51
52	<u>IND</u>	21,800	16,100	37,900	53	85	52
53	<u>EST</u>	24,300	13,500	37,800	32	153	53
53	<u>USA</u>	19,900	17,900	37,800	65	40	54
55	<u>SGP</u>	19,400	18,300	37,700	73	30	55
56	<u>ROU</u>	19,900	17,500	37,400	66	50	56
57	<u>THA</u>	18,800	18,500	37,300	78	21	57
58	<u>HUN</u>	21,200	15,900	37,100	57	90	58
59	<u>FIN</u>	18,700	17,900	36,600	81	41	59
59	<u>SGP</u>	19,200	17,400	36,600	75	52	60
61	<u>IDN</u>	19,600	16,700	36,300	70	69	61
61	<u>VNM</u>	23,200	13,100	36,300	41	161	62
63	<u>IND</u>	20,700	15,400	36,100	60	103	63
63	<u>ISR</u>	17,600	18,500	36,100	98	22	64
65	<u>BIH</u>	17,400	18,300	35,700	101	31	65
65	<u>HKG</u>	17,700	18,000	35,700	96	37	66
67	<u>SVK</u>	18,800	16,700	35,500	79	70	67
68	<u>BIH</u>	16,200	18,200	34,400	115	32	68
68	<u>ISR</u>	22,500	11,900	34,400	49	195	69
68	<u>SAU</u>	18,200	16,200	34,400	86	84	70
71	<u>ROU</u>	18,000	16,100	34,100	90	86	71
72	<u>ROU</u>	19,900	14,100	34,000	67	134	72
73	<u>ARM</u>	20,800	13,000	33,800	59	165	73
73	<u>BRA</u>	19,100	14,700	33,800	77	120	74
75	<u>THA</u>	17,100	16,600	33,700	103	75	75
75	<u>THA</u>	18,100	15,600	33,700	87	97	76
75	<u>USA</u>	17,200	16,500	33,700	102	77	77
78	<u>AUT</u>	16,900	16,600	33,500	105	76	78
78	<u>TUR</u>	19,800	13,700	33,500	69	143	79

IPHO 2016 - Premiaados							
Class	Country	Teo	Exp	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
78	<u>UKR</u>	21,900	11,600	33,500	51	201	80
81	<u>IDN</u>	19,900	13,500	33,400	68	154	81
81	<u>IDN</u>	18,000	15,400	33,400	91	104	82
81	<u>KAZ</u>	21,100	12,300	33,400	58	187	83
84	<u>VNM</u>	18,500	14,800	33,300	85	117	84
85	<u>DEU</u>	17,100	15,700	32,800	104	95	85
86	<u>IDN</u>	18,700	14,000	32,700	82	137	86
87	<u>AUS</u>	14,400	18,200	32,600	144	33	87
87	<u>SGP</u>	15,800	16,800	32,600	126	65	88
89	<u>HKG</u>	15,500	17,000	32,500	129	63	89
89	<u>HUN</u>	18,700	13,800	32,500	83	140	90
89	<u>IRN</u>	24,800	7,700	32,500	28	274	91
92	<u>SRB</u>	20,500	11,800	32,300	62	198	92
93	<u>MDA</u>	15,900	16,300	32,200	122	81	93
94	<u>DEU</u>	17,900	14,200	32,100	95	132	94
94	<u>JPN</u>	17,500	14,600	32,100	99	123	95
96	<u>FRA</u>	16,100	15,900	32,000	118	91	96
96	<u>GBR</u>	18,600	13,400	32,000	84	155	97
98	<u>GBR</u>	15,200	16,700	31,900	133	71	98
99	<u>AUS</u>	14,100	17,700	31,800	150	46	99
100	<u>GBR</u>	15,300	16,300	31,600	132	82	100
101	<u>BLR</u>	15,400	16,100	31,500	130	87	101
101	<u>ISR</u>	16,200	15,300	31,500	116	107	102
103	<u>TUR</u>	16,400	15,000	31,400	109	111	103
104	<u>ARM</u>	18,000	13,300	31,300	92	156	104
104	<u>KAZ</u>	19,200	12,100	31,300	76	191	105
104	<u>LVA</u>	13,700	17,600	31,300	157	48	106
104	<u>UKR</u>	17,700	13,600	31,300	97	148	107
104	<u>UKR</u>	18,100	13,200	31,300	88	159	108
109	<u>FIN</u>	15,400	15,800	31,200	131	92	109
109	<u>HUN</u>	13,800	17,400	31,200	154	53	110
109	<u>KAZ</u>	18,800	12,400	31,200	80	183	111
112	<u>DEU</u>	14,600	16,500	31,100	140	78	112
112	<u>DEU</u>	12,300	18,800	31,100	185	14	113
112	<u>FRA</u>	13,300	17,800	31,100	165	45	114
112	<u>NLD</u>	13,400	17,700	31,100	164	47	115
116	<u>MNG</u>	15,600	15,400	31,000	128	105	116
116	<u>TUR</u>	16,900	14,100	31,000	106	135	117
118	<u>BGR</u>	16,300	14,600	30,900	112	124	118
118	<u>FIN</u>	11,700	19,200	30,900	194	9	119
120	<u>MAC</u>	16,200	14,600	30,800	117	125	120
121	<u>ESP</u>	13,200	17,500	30,700	168	51	121
122	<u>IRN</u>	21,900	8,500	30,400	52	260	122
123	<u>SVK</u>	14,200	16,100	30,300	148	88	123
124	<u>FRA</u>	16,400	13,700	30,100	110	144	124
124	<u>SRB</u>	19,600	10,500	30,100	71	230	125

IPHO 2016 - Premiados							
Class	Country	Teo	Exp	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
126	<u>AUS</u>	16,300	13,700	30,000	113	145	126
126	<u>IRN</u>	21,800	8,200	30,000	54	268	127
126	<u>ITA</u>	16,000	14,000	30,000	120	138	128
129	<u>SVK</u>	17,500	12,400	29,900	100	184	129
130	<u>SRB</u>	19,400	10,400	29,800	74	232	130
131	<u>BGR</u>	18,000	11,600	29,600	93	202	131
131	<u>ISR</u>	16,700	12,900	29,600	107	168	132
133	<u>EST</u>	16,100	13,300	29,400	119	157	133
134	<u>SVK</u>	16,000	13,100	29,100	121	162	134
135	<u>JPN</u>	15,900	13,100	29,000	123	163	135
136	<u>CAN</u>	14,500	14,400	28,900	142	128	136
136	<u>CZE</u>	13,300	15,600	28,900	166	98	137
138	<u>CAN</u>	10,400	18,400	28,800	217	26	138
139	<u>AUS</u>	11,600	17,100	28,700	197	61	139
140	<u>ARM</u>	14,800	13,700	28,500	137	146	140
140	<u>HUN</u>	16,300	12,200	28,500	114	189	141
142	<u>SVN</u>	14,400	13,800	28,200	145	141	142
143	<u>DNK</u>	13,100	15,000	28,100	171	112	143
144	<u>TUR</u>	15,000	13,000	28,000	135	166	144
145	<u>FIN</u>	12,100	15,500	27,600	188	100	145
145	<u>MKD</u>	16,400	11,200	27,600	111	216	146
145	<u>SVK</u>	14,700	12,900	27,600	139	169	147
148	<u>CAN</u>	10,000	17,400	27,400	223	54	148
148	<u>UKR</u>	19,600	7,800	27,400	72	272	149
150	<u>CZE</u>	13,700	13,600	27,300	158	149	150
150	<u>POL</u>	10,600	16,700	27,300	212	72	151
152	<u>BRA</u>	14,400	12,800	27,200	146	172	152
152	<u>MAC</u>	11,500	15,700	27,200	200	96	153
154	<u>HKG</u>	10,500	16,500	27,000	214	79	154
155	<u>LKA</u>	14,900	12,000	26,900	136	193	155
156	<u>EST</u>	10,300	16,300	26,600	218	83	156
156	<u>HRV</u>	15,900	10,700	26,600	124	226	157
156	<u>SRB</u>	15,100	11,500	26,600	134	206	158
159	<u>BRA</u>	12,400	14,000	26,400	184	139	159
160	<u>CZE</u>	13,800	12,500	26,300	155	181	160
161	<u>AUT</u>	9,400	16,800	26,200	237	66	161
162	<u>MNG</u>	14,200	11,900	26,100	149	196	162
162	<u>SVN</u>	10,900	15,200	26,100	207	108	163
162	<u>VNM</u>	18,000	8,100	26,100	94	269	164
165	<u>BLR</u>	13,300	12,700	26,000	167	177	165
165	<u>ISL</u>	13,600	12,400	26,000	160	185	166
167	<u>SWE</u>	9,800	16,000	25,800	229	89	167
168	<u>MNG</u>	16,500	9,200	25,700	108	253	168
169	<u>COL</u>	11,000	14,600	25,600	205	126	169
169	<u>FRA</u>	10,000	15,600	25,600	224	99	170
169	<u>SLV</u>	14,100	11,500	25,600	151	207	171
172	<u>AZE</u>	15,900	9,600	25,500	125	248	172

IPHO 2016 - Premiados							
Class	Country	Teo	Exp	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
172	<u>ITA</u>	11,800	13,700	25,500	192	147	173
174	<u>AUS</u>	12,500	12,900	25,400	181	170	174
175	<u>ESP</u>	14,300	11,000	25,300	147	221	175
175	<u>GBR</u>	14,500	10,800	25,300	143	225	176
177	<u>BGD</u>	12,600	12,300	24,900	179	188	177
177	<u>SAU</u>	13,600	11,300	24,900	161	214	178
177	<u>SAU</u>	13,200	11,700	24,900	169	200	179
180	<u>BGR</u>	11,700	13,100	24,800	195	164	180
180	<u>LTU</u>	13,600	11,200	24,800	162	217	181
182	<u>AZE</u>	10,300	14,300	24,600	219	129	182
183	<u>POL</u>	14,800	9,700	24,500	138	245	183
183	<u>SWE</u>	9,400	15,100	24,500	238	110	184
185	<u>KGZ</u>	12,800	11,600	24,400	175	203	185
186	<u>CAN</u>	11,600	12,700	24,300	198	178	186
186	<u>POL</u>	11,700	12,600	24,300	196	179	187
188	<u>HRV</u>	12,500	11,500	24,000	182	208	188
188	<u>MNG</u>	11,100	12,900	24,000	204	171	189
190	<u>CHE</u>	9,300	14,600	23,900	241	127	190
191	<u>AUT</u>	7,300	16,500	23,800	268	80	191
192	<u>ITA</u>	13,000	10,700	23,700	172	227	192
192	<u>SVN</u>	11,600	12,100	23,700	199	192	193
194	<u>FRA</u>	11,200	12,400	23,600	203	186	194
195	<u>EGY</u>	6,800	16,700	23,500	272	73	195
195	<u>LKA</u>	11,300	12,200	23,500	202	190	196
195	<u>LTU</u>	14,100	9,400	23,500	152	249	197
198	<u>CAN</u>	11,900	11,500	23,400	191	209	198
199	<u>BRA</u>	12,300	11,000	23,300	186	222	199
199	<u>LTU</u>	10,700	12,600	23,300	211	180	200
199	<u>MDA</u>	13,200	10,100	23,300	170	237	201
202	<u>BLR</u>	8,900	14,300	23,200	247	130	202
202	<u>LVA</u>	9,600	13,600	23,200	233	150	203
202	<u>SWE</u>	8,200	15,000	23,200	255	113	204
202	<u>TJK</u>	12,900	10,300	23,200	174	235	205
206	<u>TUR</u>	13,700	9,400	23,100	159	250	206
207	<u>AUT</u>	7,500	15,500	23,000	264	101	207
207	<u>ITA</u>	18,100	4,900	23,000	89	284	208
207	<u>MYS</u>	10,500	12,500	23,000	215	182	209
207	<u>SVN</u>	15,700	7,300	23,000	127	280	210
207	<u>TJK</u>	12,600	10,400	23,000	180	233	211
212	<u>EGY</u>	11,000	11,900	22,900	206	197	212
213	<u>BGR</u>	10,000	12,800	22,800	225	173	213
213	<u>GBR</u>	13,500	9,300	22,800	163	252	214
213	<u>KAZ</u>	13,800	9,000	22,800	156	258	215
216	<u>DNK</u>	9,500	13,200	22,700	235	160	216
216	<u>KAZ</u>	14,600	8,100	22,700	141	270	217
216	<u>MAC</u>	7,800	14,900	22,700	259	115	218
216	<u>MAC</u>	8,000	14,700	22,700	258	121	219

IPHO 2016 - Premiados							
Class	Country	Teo	Exp	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
220	<u>COL</u>	9,500	13,000	22,500	236	167	220
221	<u>ISR</u>	12,700	9,700	22,400	177	246	221
222	<u>CHE</u>	7,400	14,800	22,200	266	118	222
222	<u>MEX</u>	12,100	10,100	22,200	189	238	223
224	<u>NLD</u>	7,400	14,700	22,100	267	122	224
225	<u>CHE</u>	7,700	14,300	22,000	263	131	225
225	<u>COL</u>	12,300	9,700	22,000	187	247	226
225	<u>MDA</u>	6,200	15,800	22,000	278	93	227
228	<u>NLD</u>	9,100	12,800	21,900	243	174	228
229	<u>AZE</u>	10,600	11,000	21,600	213	223	229
230	<u>KGZ</u>	10,100	11,400	21,500	220	211	230
230	<u>MEX</u>	13,000	8,500	21,500	173	261	231
232	<u>CHE</u>	6,500	14,800	21,300	277	119	232
233	<u>BGR</u>	12,800	8,300	21,100	176	265	233
233	<u>CZE</u>	10,800	10,300	21,100	210	236	234
235	<u>NLD</u>	6,800	14,100	20,900	273	136	235
236	<u>KGZ</u>	12,100	8,700	20,800	190	259	236
237	<u>SWE</u>	6,900	13,800	20,700	271	142	237
238	<u>MEX</u>	13,900	6,700	20,600	153	281	238
239	<u>BIH</u>	9,400	11,100	20,500	239	219	239
240	<u>HRV</u>	12,700	7,600	20,300	178	276	240
240	<u>NLD</u>	6,100	14,200	20,300	279	133	241
242	<u>DNK</u>	8,800	11,300	20,100	249	215	242
242	<u>ISL</u>	8,500	11,600	20,100	251	204	243
242	<u>SYR</u>	9,400	10,700	20,100	240	228	244
245	<u>BGD</u>	9,300	10,500	19,800	242	231	245
246	<u>ESP</u>	8,100	11,500	19,600	257	210	246
247	<u>ESP</u>	6,700	12,800	19,500	274	175	247
248	<u>FIN</u>	10,900	8,500	19,400	208	262	248
248	<u>PAK</u>	5,800	13,600	19,400	282	151	249
250	<u>SAU</u>	8,200	11,100	19,300	256	220	250
250	<u>SVN</u>	7,500	11,800	19,300	265	199	251
252	<u>BEL</u>	7,800	11,400	19,200	260	212	252
253	<u>HRV</u>	12,500	6,600	19,100	183	282	253
253	<u>LVA</u>	9,100	10,000	19,100	244	240	254
253	<u>SAU</u>	10,000	9,100	19,100	226	257	255
256	<u>ESP</u>	7,000	12,000	19,000	270	194	256
256	<u>GEO</u>	9,800	9,200	19,000	230	254	257
258	<u>BLR</u>	11,400	7,400	18,800	201	278	258
258	<u>HRV</u>	9,000	9,800	18,800	246	242	259
260	<u>BEL</u>	8,900	9,800	18,700	248	243	260
261	<u>ITA</u>	10,900	7,700	18,600	209	275	261
262	<u>CZE</u>	9,100	9,400	18,500	245	251	262
262	<u>SLV</u>	10,100	8,400	18,500	221	264	263
264	<u>BEL</u>	10,100	8,300	18,400	222	266	264
264	<u>EST</u>	7,800	10,600	18,400	261	229	265
264	<u>NGA</u>	8,500	9,900	18,400	252	241	266

IPHO 2016 - Premiados							
Class	Country	Teo	Exp	Total	Class Teo	Class Exp	Class Final
264	<u>PRT</u>	9,900	8,500	18,400	228	263	267
268	<u>LVA</u>	4,900	13,300	18,200	283	158	268
269	<u>GEO</u>	8,300	9,800	18,100	253	244	269
269	<u>PRT</u>	9,800	8,300	18,100	231	267	270
271	<u>NPL</u>	7,800	10,100	17,900	262	239	271
271	<u>PRT</u>	10,500	7,400	17,900	216	279	272
273	<u>CHE</u>	6,600	11,200	17,800	276	218	273
273	<u>MKD</u>	8,600	9,200	17,800	250	255	274
275	<u>BGD</u>	6,100	11,600	17,700	280	205	275
275	<u>CRI</u>	6,700	11,000	17,700	275	224	276
275	<u>CYP</u>	11,800	5,900	17,700	193	283	277
278	<u>CYP</u>	9,600	8,000	17,600	234	271	278
278	<u>NPL</u>	4,000	13,600	17,600	284	152	279
280	<u>AUT</u>	7,100	10,400	17,500	269	234	280
280	<u>GRC</u>	10,000	7,500	17,500	227	277	281
280	<u>LTU</u>	8,300	9,200	17,500	254	256	282
280	<u>MEX</u>	9,700	7,800	17,500	232	273	283
280	<u>QAT</u>	6,100	11,400	17,500	281	213	284

7.11. Notas dos Alunos da Escola A na OBF 2016

Alunos da Escola A				
ALUNO	SÉRIE	EXP	TEÓRICA	Média Final
1	1	14,00	33,75	25,85
2	1	15,00	46,25	33,75
3	1	2,00	35,00	21,80
4	1	9,00	17,50	14,10
5	1	14,00	61,25	42,35
6	1	3,00	10,00	7,20
7	1	0,00	6,25	3,75
8	1	4,00	38,75	24,85
9	1	6,00	30,00	20,40
10	1	0,00	7,50	4,50
11	1	5,00	26,25	17,75
12	1	0,00	5,00	3,00
13	1			
14	1	42,00	40,00	40,80
15	1	3,00	12,50	8,70
16	1	8,00	71,25	45,95
17	1	3,00	2,50	2,70

Alunos da Escola A				
ALUNO	SÉRIE	EXP	TEÓRICA	Média Final
18	1	0,00	38,75	23,25
19	1	2,00	5,00	3,80
20	1	0,00	13,75	8,25
21	1	0,00	20,00	12,00
22	1	8,00	40,00	27,20
23	1	3,00	7,50	5,70
24	1	8,00	25,00	18,20
25	1	2,00	31,25	19,55
26	1	2,00	13,75	9,05
27	1	2,00	10,00	6,80
28	1	3,00	12,50	8,70
29	1	0,00	6,25	3,75
30	1	5,00	3,75	4,25
31	1	2,00	8,75	6,05
32	1	14,00	15,00	14,60
33	1	2,00	0,00	0,80
34	1	4,00	7,50	6,10
35	1	4,00	11,25	8,35
36	1	4,00	27,50	18,10
37	1	0,00	23,75	14,25
38	1	0,00	8,75	5,25
39	1	0,00	36,25	21,75
40	1	35,00	12,50	21,50
41	1	0,00	17,50	10,50
42	1	2,00	7,50	5,30
43	1	22,00	58,75	44,05
44	1	2,00	30,00	18,80
45	1	8,00	30,00	21,20
46	1			
47	2	4,00	15,00	10,60
48	2	22,00	62,50	46,30
49	2	25,00	58,75	45,25
50	2	10,00	46,25	31,75
51	2	7,00	2,50	4,30
52	2	12,00	20,00	16,80
53	2	14,00	12,50	13,10
54	2	10,00	17,50	14,50
55	2	3,00	32,50	20,70

Alunos da Escola A				
ALUNO	SÉRIE	EXP	TEÓRICA	Média Final
56	2	30,00	42,50	37,50
57	2	11,00	21,25	17,15
58	2	13,00	65,00	44,20
59	2	3,00	23,75	15,45
60	2	12,00	78,75	52,05
61	2	4,00	17,50	12,10
62	2	8,00	11,25	9,95
63	2	1,00	38,75	23,65
64	2	21,00	71,25	51,15
65	2	15,00	36,25	27,75
66	2	32,00	81,25	61,55
67	2	5,00	16,25	11,75
68	2	8,00	50,00	33,20
69	2	9,00	25,00	18,60
70	2	17,00	47,50	35,30
71	2	5,00	8,75	7,25
72	2	0,00	6,25	3,75
73	2	23,00	36,25	30,95
74	2	7,00	25,00	17,80
75	2	2,00	12,50	8,30
76	2	14,00	15,00	14,60
77	3			
78	3	0,00	15,00	15,00
79	3	0,00	38,75	38,75
80	3	0,00	38,75	38,75
81	3	0,00	25,00	25,00
82	3	0,00	45,00	45,00
83	3	0,00	35,00	35,00
84	3	0,00	45,00	45,00
85	3	0,00	17,50	17,50
86	3	0,00	52,50	52,50
87	3	0,00	15,00	15,00
88	3	0,00	40,00	40,00
89	3	0,00	16,25	16,25
90	3	0,00	35,00	35,00
91	3	0,00	43,75	43,75
92	3	0,00	55,00	55,00
93	3	0,00	13,75	13,75

Alunos da Escola A				
ALUNO	SÉRIE	EXP	TEÓRICA	Média Final
94	3	0,00	10,00	10,00
95	3	0,00	43,75	43,75
96	3	0,00	41,25	41,25
97	3	0,00	25,00	25,00
98	3	0,00	35,00	35,00
99	8	17,00	7,50	11,30
100	8	0,00	6,25	3,75
101	8	6,00	30,00	20,40
102	9	11,00	22,50	17,90
103	9	46,00	32,50	37,90
104	9	1,00	27,50	16,90
105	9	38,00	58,75	50,45
106	9	3,00	10,00	7,20
107	9			
108	9	13,00	17,50	15,70
109	9	6,00	12,50	9,90
110	9	1,00	13,75	8,65

8. APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL

**TÓPICOS DE FÍSICA EXPERIMENTAL
PARA OLIMPÍADAS DE FÍSICA E PARA O
ENSINO MÉDIO**

Leonardo Bruno Pedroza Pontes Lima

FORTALEZA

2017

8.1.INTRODUÇÃO E APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A Física pode ser dividida em duas correntes de trabalho: Experimental e Teórica. A Física experimental investiga as propriedades da matéria e de suas transformações, por meio de experimentos e medidas geralmente realizadas em condições laboratoriais universalmente repetíveis. A Física Teórica sistematiza os resultados experimentais, estabelece relações entre conceitos e grandezas físicas e permite prever fenômenos inéditos. A Física se desenvolve em função da necessidade do homem de conhecer o mundo natural e controlar e reproduzir as forças da natureza em seu benefício.

Analisando a literatura disponível e que é direcionada aos estudantes de ensino médio, podemos constatar que existem muitas opções de material didático abordando os conceitos de Física Teórica, mas por outro lado há uma enorme escassez para a Física Experimental. Além disso, muitas escolas no Brasil não realizam nenhuma atividade que envolva os conceitos de Física Experimental. A falta de laboratórios de Física nas escolas de ensino médio agrava o problema.

Assim, o objetivo central deste trabalho é a construção de uma guia para professores e alunos do ensino médio na preparação para as provas Experimentais da Olimpíada Brasileira de Física. Esta obra servirá como material de apoio aos professores na construção de suas aulas, bem como material didático aos alunos durante seus estudos.

Iremos abordar os conceitos necessários sempre buscando utilizar uma linguagem que seja acessível aos alunos de ensino médio. Teremos como guia o programa Experimental da OBF disponibilizado em seu regulamento. Todos os conceitos necessários para que o procedimento experimental seja compreendido e executado corretamente serão apresentados e discutidos.

Sugerimos que seja feita a leitura na ordem em que as ideias são apresentadas ao longo do texto. Sempre após apresentados os conceitos, serão apresentados exemplos de ilustração com o objetivo de assegurar a correta compreensão. Para um melhor proveito desta obra, é recomendado que o leitor refaça paralelamente os exemplos discutidos, se possível coletando os dados novamente. Caso não seja, os dados fornecidos podem ser assumidos como verdadeiros, de modo que apenas os passos seguintes sejam refeitos.

8.2.O primeiro passo: Aprendendo a efetuar medidas

A principal diferença existente entre as provas teóricas e as provas experimentais é que alguns dados que geralmente são fornecidos nos enunciados das questões da prova teórica não são na prova experimental, pois na prova experimental eles terão que ser medidos!

No geral, estamos muito acostumados a receber “de bandeja” os valores, por exemplo, das massas e das demais medidas necessárias para resolver os problemas propostos. Na prova experimental muitos desses valores terão que ser medidos. E essa medição precisa ser feita da forma correta, pois caso contrário, mesmo que os passos seguintes estejam certos, provavelmente o resultado final estará errado.

Pelo exposto, iremos então dedicar uma atenção especial ao aprendizado de como devem ser feitas e representadas as medições que serão efetuadas ao longo de um experimento.

8.2.1. O Primeiro Exemplo

Iremos agora fazer um exercício muito simples. Iremos primeiramente medir a largura de uma folha de papel, que pode ser essa mesma folha que estamos lendo ou uma folha de papel tamanho A4 qualquer. Para isso precisaremos de uma régua.

Qual régua utilizaremos? A régua mais comumente utilizada é a régua milimetrada.

Por que uma régua é chamada de milimetrada? Porque ela possui uma marcação a cada milímetro. Ou seja, a distância entre duas marcações vizinhas é 1 mm (um milímetro).

De modo análogo, o que seria uma régua centimetrada ou decimetrada? São, respectivamente, réguas que possuem marcações a cada centímetro e a cada décimo.

Na figura abaixo, temos um comparativo entre as três régua.

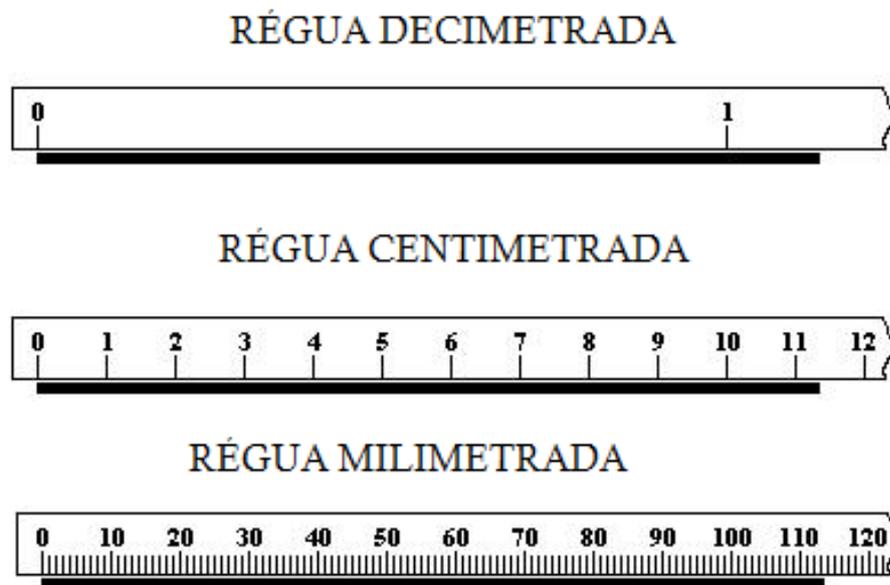


Figura 9: Comparação entre as régua milimetrada, centimetrada e decimetrada

Qual importância de sabermos qual a régua que estamos utilizando?

A precisão da medida que iremos efetuar depende do instrumento que utilizaremos. Em linhas gerais, quanto mais preciso o instrumento maior será a precisão da medida realizada. Mas para isso é necessário saber ler corretamente o que estamos medindo.

Iremos então aprender a utilizar e ler corretamente as indicações nestas três régua.

8.2.1.1. Régua Milimetrada

Iremos primeiramente medir a largura de uma folha de papel A4 com uma régua milimetrada. Vamos posicionar de modo que o zero se alinhe com o lado esquerdo da folha, conforme indicado na figura abaixo.

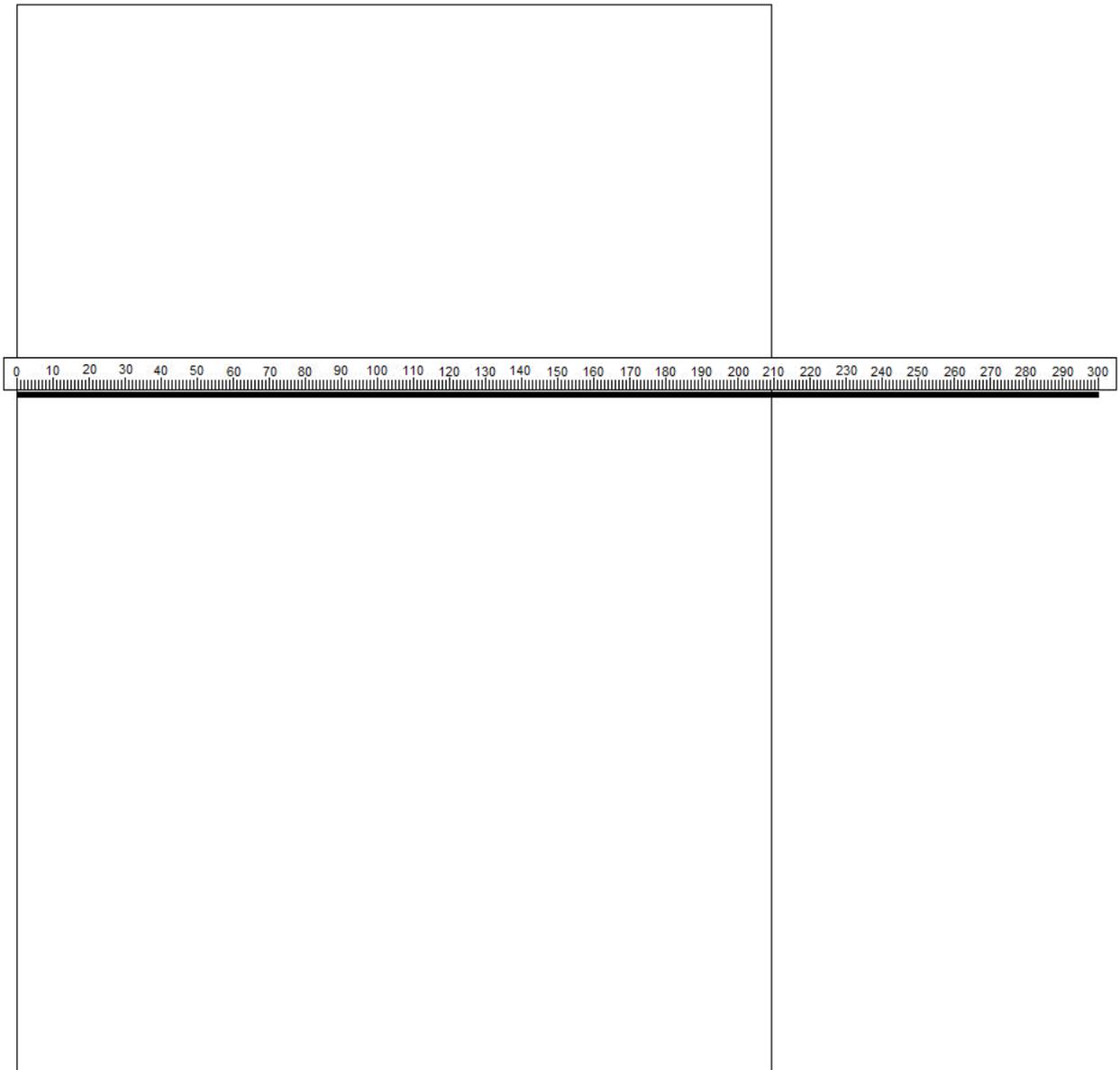
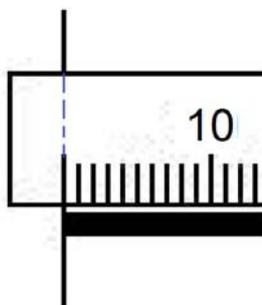
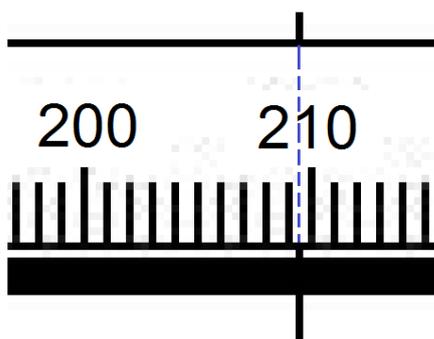


Figura 10: Medindo a largura de uma folha A4 com régua milimetrada

Ampliando vemos que o lado esquerdo da folha deve estar alinhado com a linha do zero.



Ao olhar o lado direito, iremos ler a medida da largura da Folha.



Assim, podemos perceber pela leitura da régua que a largura da folha de papel é maior do que 209 mm e menor do que 210 mm. Então como devemos representá-la?

Se dissermos que será 209 mm estaremos cometendo um erro pois há uma pequena parte da folha que não estaríamos representando, mas por outro lado este instrumento não tem precisão suficiente para medirmos quanto seria exatamente a largura desta folha. Assim, a forma correta de representar é por exemplo:

209,5 mm

Este algarismo a mais que colocamos (o algarismo 5) é chamado de algarismo duvidoso. Devemos acrescentá-lo para indicar que além do 209 há uma parte que existe e que não conseguimos indicar com certeza absoluta. O algarismo duvidoso tem que estar presente em todas as medidas que são feitas. Assim, o último algarismo de uma medida sempre será o duvidoso e os algarismos de ordem maior serão os algarismos corretos.

Como eu sei nesse caso que o duvidoso vale exatamente 5? Na verdade, o duvidoso tem que ser uma aproximação intuitiva. Muitos físicos chamariam de chute!

Então nesse caso cada pessoa que for medir pode escrever essa leitura com um duvidoso diferente? Sim, o algarismo duvidoso por não ser exato pode ter variações de acordo com o leitor. Assim, também estaria correto afirmar que a largura seria 209,3 mm ou 209,6 mm por exemplo.

Caso eu fosse medir a folha e a sua lateral estivesse exatamente em cima da marcação do 209, de modo que eu acreditasse que não haveria nenhum pedaço faltando ou sobrando, como eu deveria representar a largura? A largura deveria ser representada assim:

209,0 mm

Isso mesmo! O duvidoso está presente em todas as medidas. E o fato de acreditarmos que a folha passa exatamente em cima do 209 mm, isso também é um chute. Ou seja, estamos chutando que o duvido é zero!

Logo, sempre que formos medir qualquer dimensão com uma régua milimetrada, deveremos representar todos os algarismos que podemos ler, ou seja, até a casa dos milímetros, e acrescentarmos mais uma casa decimal (décimo de milímetros) que será a do algarismo duvidoso.

Assim, a precisão do instrumento com que uma medida foi efetuada sempre é determinada pela penúltima casa decimal, pois a última sempre é do algarismo duvidoso.

8.2.1.2. Régua Centimetrada

Agora iremos realizar o mesmo exercício, só que com uma régua centimetrada. Caso você não tenha uma régua centimetrada, basta fingir que os pequenos traços não existem, e olhar apenas para os maiores que são feitos a cada 10 mm. Assim, o número 210 representa o marco de 21 cm.

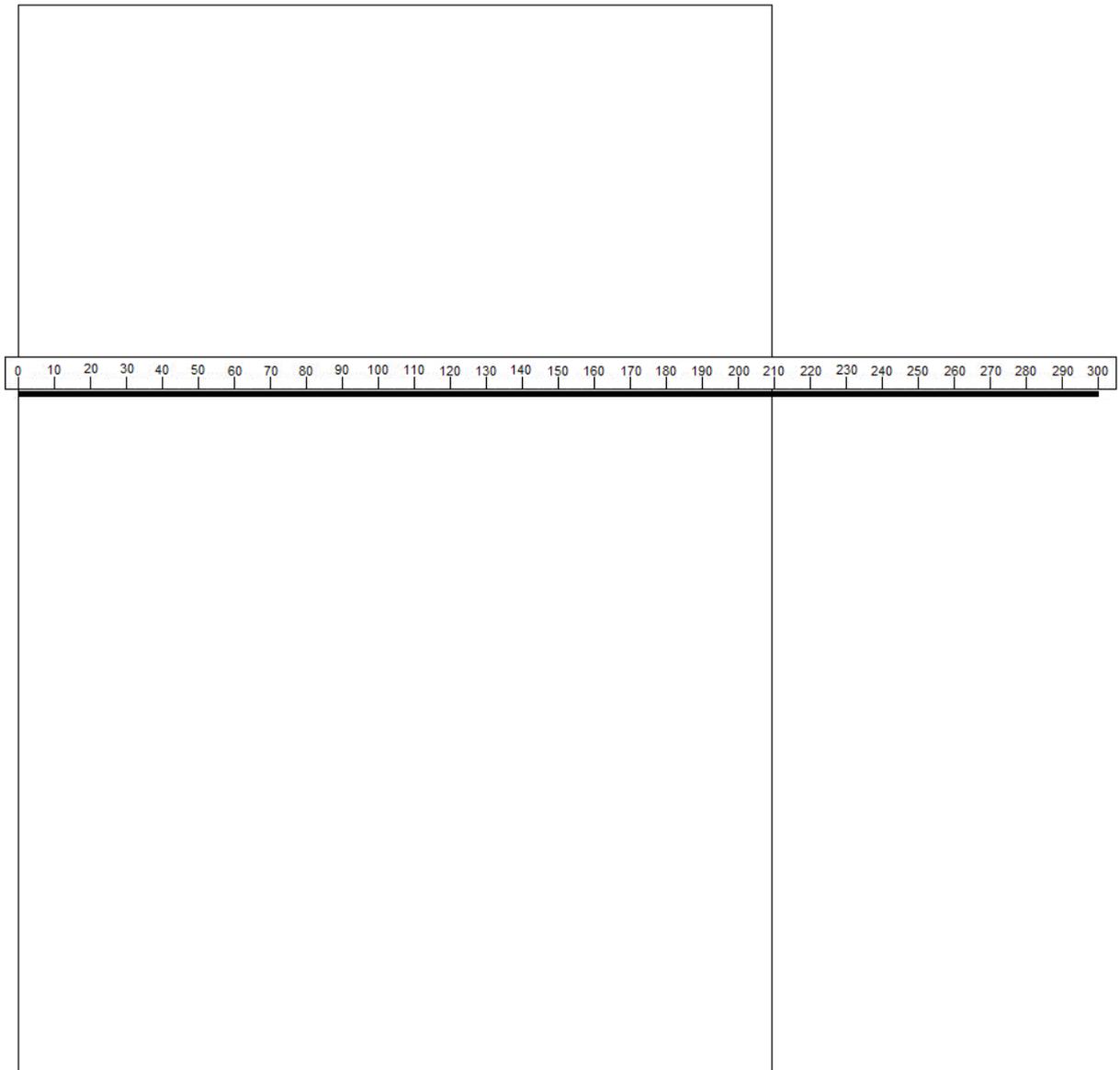
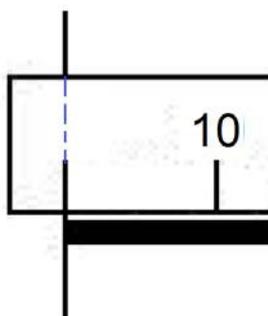
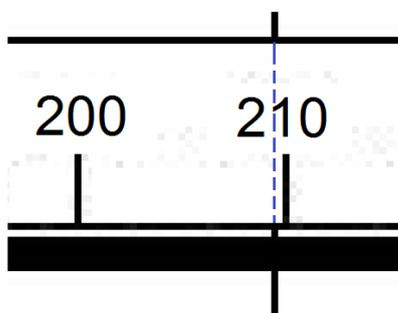


Figura 11: Medindo a largura de uma folha A4 com régua centimetrada

Devemos, primeiramente, alinhar o lado esquerdo da folha com o zero com muito cuidado:



Então, iremos observar o lado direito:



Com uma régua centimetrada, que possui marcações a cada centímetro, podemos concluir que a largura da folha é maior que 20 cm e menor que 21 cm. Nesse caso podemos perceber facilmente que essa largura será próxima de 21 cm, mas também podemos perceber de modo tão claro quanto que ela é menor que 21. Assim, podemos afirmar que a largura da folha A4 será 20 cm mais alguma coisa. Com esse instrumento, não temos como afirmar precisamente quanto seria esse algo a mais, então devemos estimá-lo. Para ter mais certeza de quanto seria esse algo a mais, deveríamos utilizar um instrumento mais preciso, que tivesse divisões menores (foi o que fizemos com a régua milimetrada!). Assim, pela leitura que fizemos a largura da folha de papel pode ser:

$$20,8 \text{ cm} = 208 \text{ mm}$$

Assim, o algarismo 8 será o duvidoso. Lembremos que também poderíamos ter escolhido outros algarismos como duvidoso, de modo que leituras como 20,9 cm ou até 21,0 cm são aceitáveis.

Notemos que a medida feita com a régua milimetrada tinha 4 algarismos, enquanto que a medida feita com a régua centimetrada tem 3 algarismos. Tendo menos algarismos, teremos menos precisão.

8.2.1.3. Régua Decimetrada

Agora iremos realizar o mesmo exercício, só que com uma régua decimetrada. Caso você não tenha uma régua decimetrada, basta fingir que os pequenos traços não existem, e olhar apenas para os maiores que são feitos a cada 100 mm (10 cm). Assim, o número 200 representa o marco de 2 dm (dois decímetros).

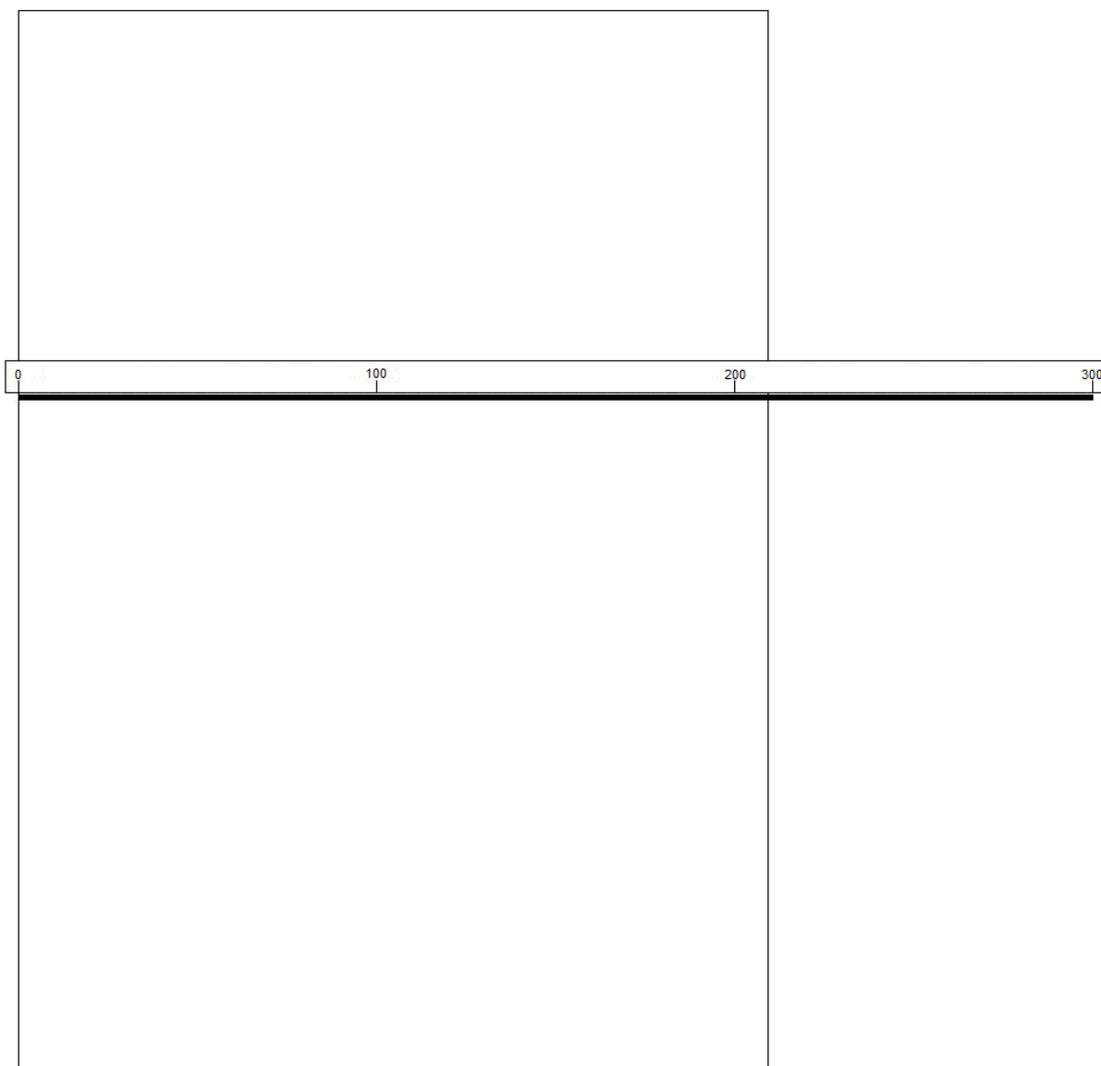
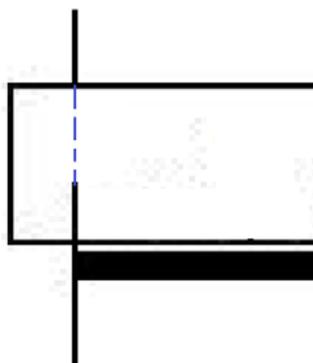
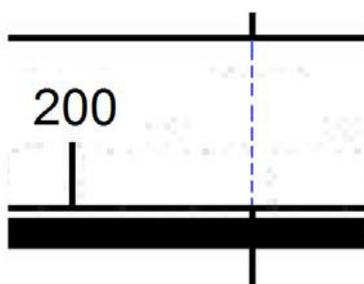


Figura 12: Medindo a largura de uma folha A4 com régua decimetrada

Devemos, primeiramente, alinhar o lado esquerdo da folha com o zero com muito cuidado:



Então, iremos observar o lado direito:



Como a régua decimetrada possui marcações a cada décímetro, podemos concluir que a largura da folha está entre 2 dm e 3 dm. Analisando com cuidado, podemos perceber que ela está mais próxima de 2 dm do que de 3 dm. Assim, podemos afirmar após esta leitura que a largura da folha A4 é igual a 2 dm mais alguma coisa. Essa alguma coisa a mais não pode ser determinada exatamente com o instrumento que estamos utilizando agora, então devemos estimar! Essa estimativa será representada com o algarismo duvidoso. Logo, podemos afirmar que a largura da folha de papel medida com uma régua decimetrada será:

$$2,2 \text{ dm} = 22 \text{ cm}$$

Notemos que nesse caso estimamos que o duvidoso seria 2, mas medidas como 2,1 dm ou 2,4 dm também seriam aceitáveis.

8.2.1.4. Comparando os resultados

Assim, realizamos a mesma medida só que utilizando instrumentos com precisões diferentes. Ao realizarmos medidas, a forma mais indicada para apresentar estes dados sempre é através de uma tabela. Então, sempre que possível o faremos.

Instrumento Utilizado	Largura da Folha A4
Régua Milimetrada	20,95 cm = 209,5 mm
Régua Centimetrada	2,08 dm = 20,8 cm = 208 mm
Régua Decimetrada	2,2 dm = 22 cm

Podemos perceber que independentemente da unidade que utilizamos (milímetro, centímetro ou decímetro) cada medida sempre é representada com a mesma quantidade de algarismos. Também podemos perceber que ao utilizar instrumentos mais precisos, ou seja, quando temos medidas mais precisas a quantidade de algarismos é maior. Por exemplo, ao usarmos a régua decimetrada, só tínhamos certeza do algarismo 2 na casa decimal dos decímetros, o próximo algarismo (casa decimal dos centímetros) teve que ser estimado.

Já quando utilizamos a régua centimetrada, o algarismo da casa decimal dos centímetros não precisou ser estimado pois o instrumento nos indicava que esse algarismo na verdade era 0, e não 2 como havíamos estimado.

De modo análogo, ao usar a régua centimetrada tivemos que estimar o algarismo da cada decimal dos milímetros, e estimamos como 8. Porém, ao efetuar a medida com uma régua milimetrada (que é mais precisa que a régua centimetrada) descobrimos que na verdade este algarismo era 9.

8.2.2. Algarismos Significativos

Assim, pelo exercício que acabamos de analisar, podemos perceber que quanto mais algarismos uma medida tiver, mais precisa ela será. Então, faremos uma pergunta:

5,00 cm é igual a 5,0 cm ?

A resposta correta é não! Essas duas medições possuem o mesmo valor numérico, mas o **significado** de precisão delas é diferente! A primeira medida é mais precisa do que a segunda, pois possui três algarismos enquanto que a segunda possui apenas dois. Dizemos então que a primeira medida tem três algarismos significativos e a segunda possui dois algarismos significativos.

Para duas medidas serem iguais elas precisam ter o mesmo valor numérico e a mesma quantidade de algarismos significativos. Por isso 5,00 cm é diferente de 5,0 cm. Apesar do valor numérico ser igual, a primeira medida é mais precisa por possuir três algarismos significativos enquanto a segunda medida possui apenas dois algarismos significativos

Com qual instrumento a medida de 5,00 cm foi feita? Como o último algarismo sempre é o duvidoso, o último algarismo correto está na penúltima casa decimal (dos milímetros nesse caso), então a menor divisão do instrumento utilizado era um milímetro, ou seja, foi utilizada uma régua milimetrada.

E com qual instrumento foi feita a medida de 5,0 cm? Como o algarismo duvidoso está na casa decimal dos milímetros, o último algarismo correto estará na casa decimal dos centímetros. Logo podemos concluir que a menor divisão do instrumento utilizado era um centímetro, ou seja, foi utilizada uma régua centimetrada.

8.2.2.1. Regras Para Um Algarismo Ser Significativo

Todos os algarismos de um número sempre são significativos? A resposta correta é não, mas vamos entender porque.

Todos os algarismos de um número possuem valor numérico? Ou seja, quanto acrescentamos ou tiramos aquele algarismo o valor numérico da medida é alterado? Por exemplo, no número 5,00 se retirarmos o último zero teremos o número 5,0 que possui o mesmo valor. Assim, podemos concluir que esses zeros depois da vírgula não alteram o valor do número, pois isso vamos dizer que eles não possuem valor numérico.

Mas porque então os escrevemos? Porque eles possuem um significado de precisão daquela medida que o número está representando. Ao retirarmos o último zero o valor não se altera, mas a precisão sim. Por isso não podemos retirá-los.

E quanto ao número 052? Podemos retirar este zero? Sim! Este zero à esquerda não representa nenhum valor e nenhum significado de precisão, por isso não costumamos escrevê-lo. Ou seja, 052 e 52 são exatamente o mesmo número em valor e significado.

E quanto ao número 0,052? Estes zeros agora que estão à esquerda, por convenção, não representam significados de precisão, mas se forem retirados o valor do número será alterado, pois 0,052 é diferente de 0,52.

E quanto ao número 5200? Por convenção, o zero a direita também não será significativo, apenas irá representar uma potência de 10. Ou seja, $5200 = 52 \cdot 10^2$. Algo similar ocorreu no exemplo anterior, pois $0,052 = 5,2 \cdot 10^{-2}$. Por isso tanto o 5200 quanto o 0,052 são números com apenas dois algarismos significativos.

É muito importante sabermos disso para conseguirmos ler corretamente um número e para conseguirmos escrever corretamente também. Estes exemplos podem parecer um pouco confusos. Por isso iremos sintetizar **3 regras** para sabermos identificar a quantidade de algarismos significativos de um número.

REGRA 1

- **Todos os algarismos diferentes de Zero, ou seja, os algarismos de 1 a 9, sempre são significativos.**

REGRA 2

- **O primeiro algarismo significativo de qualquer número, ou seja, o de maior ordem, não pode ser o zero.**

REGRA 3

- **Obedecendo a regra anterior, o zero será significativo em dois casos: quando estiver à direita da vírgula ou quando estiver entre dois algarismos significativos.**

8.2.2.2. Exemplos de Aplicação das Regras

- a) Pela regra 3 podemos perceber que os zeros que estão entre dois algarismos significativos também serão significativos. Por exemplo, no número

0,00538002600

Quais os algarismos que são significativos?

Pela regra 1, todos os algarismos diferentes de zero são significativos, logo os algarismos 5, 3, 8, 2 e 6 são significativos. Iremos sublinha-los:

0,00538002600

Agora, aplicando a regra 2, podemos perceber que o primeiro algarismo significativo deverá ser o 5. Então os zeros a esquerda dele não poderão ser significativos. Por isso, apenas os zeros a direita do algarismo 5 é que podem ser significativos.

Aplicando a regra 3, dentre os que podem ser significativos, os dois zeros que estão entre os algarismos 8 e 2 (0,00538 00 2600) serão significativos pois estão entre dois algarismos significativos. Além disso, todos os zeros que estão a direita da vírgula (0,00538 00 26 00) também serão. Ou seja, os dois zeros que estão entre o 8 e o 2 são significativos pelos dois motivos.

Assim, o número analisado possui 9 algarismos significativos:

$$0,00538002600 = 5,38002600.10^{-3}$$

- b) Vamos agora analisar o número 036002500. Quais são os algarismos significativos?

Primeiro, aplicando a REGRA 1, temos que os algarismos 3, 6, 2 e 5 são significativos:

036002500

Aplicando a REGRA 2, podemos perceber que o primeiro zero, à esquerda do 3, não pode ser significativo. Apenas os 4 zeros a direita do 3 é que podem ser. Para sabermos quais serão vamos aplicar a REGRA 3. Assim, os zeros entre 6 e 2 (036 00 2500) serão significativos. Os dois zeros do final?

Estão entre dois significativos? Não!

Estão à direita da vírgula? Também não!

Então eles não são significativos. Neste número teremos apenas 6 algarismos significativos (que estão sublinhados):

$$\underline{036002500} = \underline{36002500} = \underline{360025} \cdot 10^2 = \underline{3,60025} \cdot 10^7$$

- c) Vamos agora analisar o número 036002500,0. Quais são os algarismos significativos?

Analogamente ao exemplo anterior, pela REGRA 1, os algarismos 3, 6, 2 e 5 são significativos. Pela REGRA 2 apenas os zeros a direita do 3 poderão ser significativos.

Pela REGRA 3, os zeros entre 6 e 2 (036 00 2500,0) serão significativos. Além disso, o último zero (036002500,0) está depois da vírgula, então ele será significativo. Como este zero é significativo, os outros dois neste exemplo também serão pois eles estarão entre dois significativos (0360025 00 ,0).

Portanto, neste caso o número analisado terá 9 algarismos significativos:

$$\underline{036002500,0} = \underline{36002500,0} = \underline{360025,000} \cdot 10^2 = \underline{3,60025000} \cdot 10^7$$

8.2.3. Medidas Indiretas

Agora iremos entender a diferença entre medidas diretas e medidas indiretas. Por exemplo, se fossemos calcular a área de uma folha de papel A4, como faríamos? Não temos um instrumento que mede diretamente área de uma folha de papel, mas sabemos que a área que buscamos é o produto da largura pelo comprimento da folha. Então, para determinarmos a área, precisaremos primeiro medir a largura e altura para depois através da multiplicação conseguirmos determinar a área que estamos buscando. Por isso podemos afirmar que a área não será obtida por uma medição direta, mas sim indiretamente.

Então, iremos agora determinar a área. Primeiro deveremos utilizar a medida da largura e da altura. A largura já foi medida anteriormente. De modo análogo iremos medir a altura. Neste exemplo utilizaremos a régua milimetrada na medição da largura e a régua centimetrada na medição da altura.

Tabela 18: Medidas das dimensões de uma folha de A4

Lado	Medição	Instrumento Utilizado
Largura (L)	20,95 cm	Régua Milimetrada
Altura (H)	29,8 cm	Régua Centimetrada

Neste caso, não há dúvidas que a utilização da régua milimetrada é mais adequada do que a régua centimetrada. Apenas usaremos a centimetrada para trabalharmos com medidas de diferentes números significativos e enriquecermos o exemplo.

Agora iremos determinar a **ÁREA** (A)

$$A = L \cdot H$$

$$A = 20,95 \text{ cm} \cdot 29,8 \text{ cm}$$

$$A = 624,31 \text{ cm}^2$$

Então, conseguimos calcular a área. Nesse caso o resultado que encontramos tinha apenas 5 algarismos. Mas caso essa multiplicação tivesse apresentado muitos algarismos, com quantos deveríamos representar o número? Com quantos algarismos significativos o resultado deve ser representado?

No caso de medidas diretas, o número de significativos é determinado pela precisão do instrumento. Por isso a Largura tem 4 algarismos significativos e a Altura tem 3. Mas no caso de medidas indiretas como saberemos essa quantidade?

Para resolver este problema há algumas regras que serão explicadas a seguir, mas já adiantando a resposta para este caso, a área deve ser representada com 3 algarismos significativos. Por que? Como a área é obtida através da multiplicação da Largura e da Altura, devemos observar quantos algarismos significativos possui cada fator dessa multiplicação. Sabemos que a Altura tem 3 e a Largura tem 4. Desses fatores qual o que tem a menor quantidade, ou seja, qual o mais pobre em algarismos significativos? O que tiver a menor quantidade irá determinar a quantidade de algarismos significativos da resposta final.

Como o fator mais pobre em algarismos significativos é a Altura com 3, a resposta, ou seja, a Área deverá ser representada com 3 também. Então deveremos aproximar a área para que ela fique com 3 algarismos significativos. Nesse caso, temos que ter cuidado com as regras de aproximação que serão também explicadas a seguir, pois a área está entre dois números com 3 algarismos significativos:

$$624 \text{ cm}^2 < 624,31 \text{ cm}^2 < 625 \text{ cm}^2$$

Nesse caso podemos perceber que 624,31 está mais próximo do 624, logo:

$$\mathbf{A = 624 \text{ cm}^2}$$

8.2.4. Operações com Algarismos Significativos

Agora iremos apresentar as regras que utilizaremos para determinar a quantidade de algarismos significativos após efetuarmos operações de produto, divisão, soma e subtração.

8.2.4.1. Produto e Divisão

A regra para o produto e divisão é uma só, e já adiantamos o conceito no comentário do exemplo anterior.

- **O resultado obtido através de um produto e/ou divisão de uma série de fatores deve ter a mesma quantidade de algarismos significativos do fator mais pobre em quantidade de algarismos significativos.**

Assim, por exemplo, seja a Grandeza N:

$$N = \frac{F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \dots}{f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \dots}$$

A grandeza N é obtida pela operação acima representada que envolve a multiplicação e divisão de diversos fatores ($F_1, F_2, F_3, \dots, f_1, f_2, f_3 \dots$). Deveremos primeiro identificar a quantidade de algarismos significativos de cada um desses fatores. Depois, identificamos o fator que tem a menor quantidade de algarismos significativos. A grandeza N terá a mesma quantidade do fator mais pobre. **Se houver uma diferença muito grande entre o fator mais pobre e os demais, é aceitável representar a grandeza N com um significativo a mais do que o mais pobre.**

8.2.4.2. Soma e Subtração

Para determinarmos a quantidade de significativos de uma grandeza obtida através da soma e/ou subtração deveremos observar que um algarismo duvidoso ao ser somado com outro algarismo gerará um resultado duvidoso. Assim, iremos efetuar a soma ou subtração e observar os reflexos nos resultados. Por exemplo, iremos fazer uma operação de soma e sublinhar o duvidoso:

$$\begin{array}{r} +2,03\underline{5} \\ +1,022\underline{5} \\ -0,10010\underline{1} \\ = 3,15760\underline{1} \end{array}$$

Os últimos algarismos de cada número são os duvidosos. Assim como no primeiro número o 5 é duvidoso, o algarismo 7 no resultado também será. Como o 5 do segundo número é duvidoso, o algarismo 6 do resultado também será. Como o algarismo 1 do terceiro número é duvidoso, o algarismo 1 do resultado final também será.

$$\begin{array}{r} +2,03\underline{5} \\ +1,022\underline{5} \\ -0,10010\underline{1} \\ = 3,157\underline{601} \end{array}$$

Assim, no resultado final podemos observar que os algarismos 7, 6 e 1 são duvidosos. Mas um número só pode ter um algarismo duvidoso. Então devemos aproximá-lo para que ele fique apenas com um algarismo duvidoso. Nesse caso, ficará apenas o algarismo duvidoso de maior ordem.

$$3,157 < 3,157\underline{601} < 3,158$$

Nesse caso o nosso resultado está mais próximo de 3,158.

8.2.4.3. Aproximação de Números

Em diversas situações teremos que aproximar números para que eles fiquem com uma determinada quantidade de algarismos significativos. Nesse caso, sempre escolheremos o número que tem a quantidade de algarismos significativos desejado e que esteja mais próximo do número não aproximado. Mas como iremos determinar essa proximidade?

Primeiro: Iremos determinar os dois números que possuem a quantidade de algarismos significativos desejados. Um será menor e o outro maior do que o número não aproximado.

Segundo: Iremos escolher um desses dois números. Ou seja, temos que decidir se aproximaremos para baixo ou para cima. A regra é escolher o mais próximo. O Meio do caminho é determinado pela média aritmética das duas possibilidades. Ou seja, exatamente o número que está no meio entre as duas possibilidades.

Vejamos um exemplo. O número 2,7 precisa ser aproximado para 1 algarismo significativo.

$$2 < 2,7 < 3$$

As possibilidades são 2 e 3. O que irá definir é onde o número se encontra.

Se ele for menor que $\frac{2+3}{2} = 2,5$, então aproximaremos para baixo.

Se ele for maior que $\frac{2+3}{2} = 2,5$, então aproximaremos para cima.

E se ele por coincidência estiver exatamente no meio das duas possibilidades?

Nesse caso iremos usar a convenção de sempre aproximar para cima.

8.2.5. Notação Científica

Para simplificarmos o uso de algarismos significativos foi padronizada uma forma de escrever um número onde todos os algarismos escritos são necessariamente significativos. Esse formato foi batizado de notação científica e segue o seguinte padrão:

$$N \cdot 10^X, \text{ onde } 1 \leq N < 10 \text{ e } X \in \mathbb{Z}$$

Como o número N será maior ou igual a 1 e menor do que 10, o primeiro algarismo nunca será o zero. Então, os zeros que existirem estarão à direita da vírgula, e, portanto, serão significativos.

Alguns exemplos:

$$2560,25 = 2,56025 \cdot 10^3$$

$$0,025470 = 2,5470 \cdot 10^{-2}$$

$$45802000 = 4,5802 \cdot 10^7$$

8.2.6. Principais dificuldades em efetuar medições

No nosso primeiro exemplo, a tarefa era medir a largura de uma folha de papel. Esta tarefa não apresenta grandes dificuldades, pois podemos facilmente e calmamente alinhar o zero com o lado esquerdo, depois calmamente observar o alinhamento do lado direito da folha com as marcações do instrumento de medida.

Mas vamos supor que nós tivéssemos que executar esta tarefa dentro de um ônibus que está percorrendo, em uma razoavelmente alta velocidade, uma estrada cheia de buracos, de modo que o ônibus balance constantemente. Com certeza a nossa tarefa seria muito mais difícil de ser executada.

Ou imaginemos que algum colega seu irá tampar os seus olhos de modo que você só poderia olhar a leitura da régua durante um piscar de olhos. Com certeza teríamos dúvidas sobre o valor que acabamos de ler. E provavelmente se pedíssemos que várias pessoas informassem o valor da leitura sob as mesmas condições teríamos muitos valores diferentes.

Assim, as condições em que efetuamos a leitura interfere na confiabilidade das medidas que estamos efetuando. E quanto menor a confiabilidade dessas medidas, ou mesmo quanto menor a precisão com que estamos efetuando estas medidas, para termos mais certeza, devemos **repetir o processo de medição muitas vezes**. Teoricamente,

para termos certeza absoluta, deveríamos medir um número infinito de vezes, mas sabemos que isso não seria possível.

Assim, o procedimento experimental, em regra geral, exige como primeiro conceito a repetição das medições feitas. E esse é um passo muito importante em qualquer prova experimental. **Sempre devemos repetir as medidas efetuadas e apresentar os dados obtidos em uma tabela.**

Agora, iremos discutir mais detalhadamente as situações onde deveremos ter cuidado em repetir as medidas para nos assegurar que o valor que estamos coletando tem precisão suficiente para não comprometer os dados finais.

8.2.6.1. Precisão Insuficiente do instrumento Utilizado

Quando formos efetuar alguma medida, o ideal é que o instrumento seja preciso o suficiente de modo que quando formos estimar o duvidoso a diferença entre a maior possibilidade e menor seja desprezível quando comparado com o valor médio dessas duas medidas. Ou seja, nós praticamente não veremos diferença entre o maior e menor valor possível. Mas há casos em que isso infelizmente não é possível. Assim, deveremos repetir a medida algumas vezes (em geral pelo menos 3 ou 5) para nos certificarmos do valor medido. **No fim, o valor que consideraremos será a média aritmética das medidas coletadas.**

Por exemplo, quando medimos a largura de uma folha de papel A4 com uma régua decimetrada, podemos perceber que esta largura está entre 2,0 dm e 3,0 dm. A diferença D entre o maior e menor valor possível é

$$D = 3,0 \text{ dm} - 2,0 \text{ dm} = 1,0 \text{ dm}$$

Já o valor médio M entre o maior e menor valor é

$$M = \frac{3,0 \text{ dm} + 2,0 \text{ dm}}{2} = 1,5 \text{ dm}$$

Podemos facilmente perceber que a diferença D não é desprezível quando comparável com o valor médio M, pois D é aproximadamente 67% de M.

$$\frac{D}{M} = \frac{1,0 \text{ dm}}{1,5 \text{ dm}} = 0,67$$

Assim, podemos concluir que a precisão deste instrumento não é adequada para efetuarmos esta medida. A razão máxima aceitável seria 20%.

Para contornarmos o problema podemos pensar em duas ideias que podem amenizar o problema.

- 1) Repetir a medida várias vezes, em vários pontos diferentes da página. Se possível essas medidas podem ser feitas por pessoas diferentes, pois cada um terá uma opinião diferente sobre o duvidoso. Essa ideia na verdade não é a mais viável pois em uma prova experimental, que geralmente é individual, isso não seria possível.
- 2) A diferença D entre o maior e menor valor medido nesse caso sempre será a menor divisão do instrumento. Por isso não conseguiremos diminuir o valor de D . Então a saída para diminuir a razão D/M é aumentar o M . Mas como poderemos fazer isso? No lugar de medir o valor de uma Largura L , podemos colocar por exemplo cinco folhas em paralelo e medir o valor da largura das 5 folhas, ou seja, vamos medir $5L$. Nesse caso, O valor de $5L$ estaria entre 10,0 dm e 11,0 dm. Assim, o novo valor de M seria 10,5 dm. A razão $\frac{D}{M} = \frac{1,0 \text{ dm}}{10,5 \text{ dm}} = 0,095$. Ou seja, seria de aproximadamente 9,5%. O que já seria muito bom! Notemos que além disso, se $5L=10,5\text{dm}$, $L=2,10\text{dm}$. Ou seja, ganharíamos mais um algarismo significativo.

DESAFIO: Medir a largura de uma folha de A4 com a mesma precisão de 3 algarismos significativos tendo apenas uma régua decimetrada e uma única folha de papel.

Outro exemplo seria se tivéssemos que medir a espessura de uma folha de papel A4. Mesmo com uma régua milimetrada isso não é possível, pois essa espessura (e) é bem menor que a menor divisão da régua. Então como faríamos? Usaríamos a ideia (2). Já que não conseguimos medir a espessura e de uma folha, iremos medir a espessura de 100 folhas. Assim, ao colocar 100 folhas uma em cima da outra iremos medir **100e**. Nesse caso já será possível usar a régua milimetrada. Depois, basta dividir o valor encontrado por 100, daí teremos o valor da espessura de uma folha.

8.2.6.2. Pouco tempo disponível para efetuar a coleta da medição

A) QUEDA LIVRE DE UMA BOLINHA

Em algumas situações o que queremos medir ocorre apenas em alguns poucos instantes de modo que através de uma simples observação é bem difícil de medir o que se deseja.

Por exemplo, vamos analisar a queda livre de uma bolinha de uma altura de 1,5 m. A ideia é medir o tempo de queda. Precisamos disparar o cronômetro no exato instante em que a bolinha é abandonada e precisamos travar o cronômetro no exato instante em que a bolinha chega ao solo.

Com certeza será difícil ter um sincronismo perfeito entre a partida da bolinha e o disparo do cronômetro, bem como entre a chegada da bolinha e o travamento do cronômetro. Assim, teremos que medir algumas vezes, e muito provavelmente cada vez que medirmos encontraremos resultados diferentes apresentados pelo cronômetro.

Nesse caso, repare que o problema não será devido à falta de precisão do instrumento. Podemos afirmar que provavelmente a precisão deve ser bem maior do que a que seria necessária, uma vez que vários cronômetros têm precisão de centésimos de segundo. Aqui a dificuldade está concentrada na pouca disponibilidade do evento que queremos observar, pois não podemos dar “pause” e “start” para observar o que desejamos.

Uma possível saída para ter uma medição muito precisa seria filmar em câmera lenta a queda e através do registro do tempo no vídeo fazer as medições necessárias. Mas geralmente esta é uma alternativa que não seria viável em uma prova. Por isso, iremos nos concentrar nos métodos mais manuais e possíveis de serem aplicados em uma prova experimental.

Assim, nesse caso a ideia seria:

- **Medir várias vezes o tempo de queda**
- **Descartar, se houver, os valores que estão muito diferentes dos demais**
- **Apresentar estes dados em uma tabela**
- **Assumir como valor médio do tempo buscado a média aritmética das medições efetuadas.**

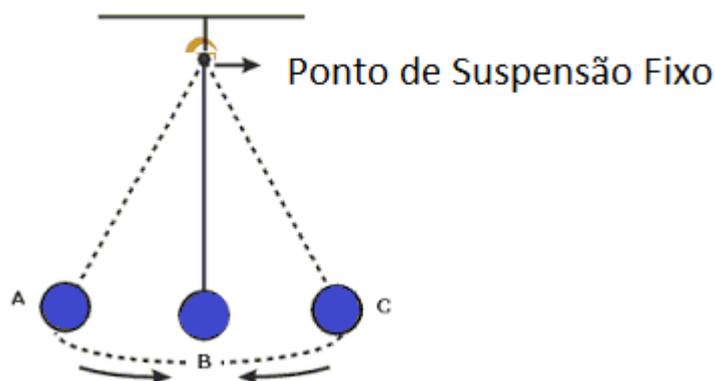
Estes dados devem, sempre que possível, ser apresentados em uma tabela que pode ter o seguinte padrão:

Tabela 19: Exemplo de Apresentação de uma Tabela

Altura	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Tempo 5	Tempo Médio
1,5 m	0,55s	0,62s	0,48s	0,60s	0,50	0,55s

B) PÊNDULO SIMPLES

Outro exemplo em que teríamos dificuldade de realizar a medição seria coletar o valor de um período de uma oscilação de um pêndulo simples. Um pêndulo simples é formado por uma bola presa a um fio longo em que a massa da bola é bem maior que a massa do fio, conforme ilustrado na figura abaixo.



A bola é abandonada no ponto A, vai até C e retorna para A. O tempo que ela leva desde que saiu de A, foi até C e retornou para o ponto A é chamado de Período (tempo necessário para ocorrer uma oscilação completa, geralmente representando pela letra T).

Para medir um período com um cronômetro temos que ter um perfeito sincronismo na largada e na chegada da bolinha. Similarmente ao que ocorreu na medição no tempo de queda livre. Mas felizmente agora temos um fato que irá nos ajudar: o movimento é periódico! Ou seja, ele irá se repetir várias vezes em sequência. Assim, no lugar de medirmos um único período, iremos disparar o cronômetro na saída da bolinha do ponto A e iremos esperar passar o tempo de 10 oscilações completas por exemplo. Ou seja, não iremos medir T, e sim 10T. Similarmente ao que fizemos quando medimos a espessura da folha de papel A4 ou quando medimos a largura colocando várias folhas uma ao lado da outra.

Então, sempre que possível, iremos fazer medições “em grupo”, pois estaremos aumentando a precisão da nossa medida.

Porque medir $10T$ é melhor do que medir apenas T ? Imagine que vamos medir várias vezes, e a diferença D entre o maior e menor valor seja de 0,30 s. Se o período médio do pêndulo for $T = 1,00$ s, a razão entre D e T será:

$$\frac{D}{T} = \frac{0,30}{1,00} = 0,30 = 30\%$$

Ou seja, teríamos uma razão de 30%, maior do que os 20% aceitáveis.

Agora, se fossemos medir $10T$, teríamos por exemplo um valor médio de 10,00 s. A diferença D entre o maior e menor valor continuaria sendo muito parecida, de modo que podemos assumir que ainda seria 0,30 s. Assim a nova razão seria:

$$\frac{D}{10T} = \frac{0,30}{10,00} = 0,030 = 3\%$$

Ou seja, reduzíamos de 30% para 3%, melhorando muito a precisão. Isso ocorre porque a imprecisão ao se medir um único período é muito próxima da imprecisão ao se medir 10 períodos. Resumindo o que seria necessário nesse exemplo:

- **Medir blocos de 10 períodos no lugar de apenas 1 período**
- **Repetir essa medição do bloco de 10 períodos algumas vezes**
- **Apresentar estes dados em uma tabela**
- **Descartar, se houver, os valores muito diferentes dos demais**
- **Considerar o valor médio de $10T$ como a média aritmética de todas as medições.**

8.2.7. Diferença entre Instrumentos Analógicos e Digitais

Atualmente há vários instrumentos que estão disponíveis em versão analógica e digital. Qual a diferença e quais as consequências para uma prova experimental?

A diferença básica é que o instrumento analógico, como um relógio de ponteiro por exemplo, torna possível estimar o algarismo duvidoso pois há uma indicação do avanço ao longo da menor divisão. Já o instrumento digital mostra o mesmo valor ao longo daquela menor divisão.

Outro exemplo seria medir uma distância com uma régua milimetrada convencional ou com uma trena digital a laser. A trena a laser mostraria o valor 29,7 cm. Enquanto que na régua analógica poderíamos ler o 29,7_ e ainda estimar um duvidoso, escrevendo por exemplo 29,75 cm. Mas isso nos instrumentos digitais não é possível.

Objetivamente, qual a diferença?

Em uma medida feita com um instrumento analógico, a menor divisão do instrumento está na penúltima casa decimal e o duvidoso está na última casa decimal. Ou seja, teremos uma casa decimal a mais além da casa decimal da menor divisão.

Por outro lado, em uma medida feita com um instrumento digital não é possível estimar o duvidoso. Por isso a menor divisão está na última casa decimal, e o último algarismo mostrado pelo instrumento já é o próprio duvidoso.

Além disso, se for realizada apenas uma medição, convencionou-se que a imprecisão de um instrumento analógico é igual a metade da menor divisão. Enquanto que a imprecisão de um instrumento digital é igual a menor divisão.

8.3. O Segundo Passo: Aprendendo a Estimar os Erros de uma Medida

Ao realizarmos uma medida, já vimos no capítulo anterior que provavelmente haverá alguma imprecisão no que estamos medindo. Neste capítulo iremos nos concentrar em desenvolver conceitos que nos permitam quantificar mais objetivamente quanto seria essa imprecisão, ou seja, estimar qual o erro de determinada medição. Notemos que iremos evitar a expressão cálculo do erro, e iremos preferir a expressão estimativa do erro, pois há vários métodos para estimar os erros, alguns mais precisos e com o custo mais alto, e outros menos precisos, mas obtidos com maior facilidade. E em algumas situações ambos os métodos fornecem o mesmo resultado. Assim, não há a forma mais correta e podemos dizer que todas, são, potencialmente, aceitáveis.

8.3.1. Fontes de Erros

Primeiro temos que entender quais são as naturezas dos tipos de erros. Os erros podem ter uma origem aleatória ou sistemática. Os erros aleatórios são aqueles que podem afetar o valor medido de uma maneira eventual e inesperada, como um vento mais forte que entra numa sala e perturba o andamento de um experimento.

Já o erro sistemático é aquele que atua constantemente em todas as medições realizadas, podendo ser por exemplo a o uso de um instrumento descalibrado. Por exemplo, ao usar uma régua milimetrada que sofreu dilatação e as marcações que indicam estar separadas por 1,0 mm estão na verdade separadas por 1,1 mm. Isso será uma fonte de erro sistemática.

Os erros aleatórios podem ser eliminados pela repetição das medições, mas os erros sistemáticos não!

Além disso, em alguns tipos de medida em que são exigidos os reflexos do agente medidor, haverá o erro devido ao tempo de reação. E este erro provavelmente não seguirá um padrão sistemático, podendo ser considerado um erro aleatório. Por outro lado, o uso errado de um instrumento pode gerar sistemáticos. Por exemplo, poderemos cometer erro de paralaxe posicionando de forma errada algum instrumento durante a leitura.

Já a imprecisão natural de um instrumento estará presente em todas as medições de modo uniforme. Assim, o erro final será afetado tanto pela imprecisão do

instrumento quanto pela imprecisão causada pelo tempo de reação do operador do instrumento.

8.3.2. Estimativa de Erro Quando Efetuamos uma Única Medição

Em alguns casos, o processo de medição é tão estável que se realizássemos várias medições acharíamos sempre o mesmo valor. Nesses casos onde o erro do observador pode ser minimizado a tal ponto de poder ser considerado desprezível o único erro que irá predominar será o erro do instrumento.

Por exemplo, ao medirmos a largura de uma folha de papel A4 com uma régua milimetrada, se fizermos com bastante calma e cuidado, não importará quantas vezes faremos a medida, pois sempre leremos o mesmo valor, uma vez que a estimativa do duvidoso será sempre a mesma. Neste caso a grande limitação estará na imprecisão do instrumento e será a principal fonte de erro desta medida. **Em instrumentos analógicos o erro é convencionado como metade da menor divisão do instrumento.** Então, em uma régua milimetrada será igual a 0,5 mm. Notemos aqui a primeira regra:

O erro só possui um único algarismo significativo!

Assim, desta forma a largura da folha de papel medida com uma régua milimetrada deverá ser expressa:

$$(209,5 \pm 0,5) \text{ mm}$$

Notemos que o erro está na mesma casa decimal do algarismo duvidoso.

Por um lado, acabamos de citar um exemplo onde o erro do operador é desprezível e apenas o erro do instrumento irá interferir. Mas no outro extremo, há casos que ocorre o contrário, por exemplo, quanto medimos o tempo de queda livre da bolinha ou quando medimos o período do pêndulo, o erro de um relógio digital, cuja menor divisão é um centésimo de segundo, também será igual a um centésimo de segundo. Enquanto que o erro devido ao tempo de reação deverá interferir com pelo menos 30 centésimos de segundos. Ou seja, o erro do instrumento nesse caso é praticamente desprezível, e o que realmente importará será o erro devido ao tempo de reação. E será este erro que estudaremos no tópico a seguir.

8.3.3. Estimativa de Erro Pelo Desvio Médio

Em alguns casos, como o que acabamos de citar, os erros do instrumento são bem pequenos quando comparados com os erros de medição originados na imprecisão do operador. Nesses casos, para aproximarmos o valor medido do valor real temos que efetuar várias medições. E através dessas medidas iremos calcular o valor médio que será assumido como o valor da medida que estamos buscando, assim como iremos estimar o erro absoluto. Para isso, assumiremos que o erro absoluto será igual ao desvio médio.

Quais são os passos que devem ser seguidos?

- **Primeiro, após organizar todas as medidas efetuadas em uma tabela, iremos calcular o valor médio pela média aritmética.**
- **Segundo, iremos calcular o módulo da diferença entre cada medida efetuada e o valor médio final, ou seja, calcularemos o desvio de cada medida.**
- **Terceiro, o desvio médio será considerado como a média aritmética dos desvios que acabamos de calcular.**

Por exemplo, vamos estimar o erro absoluto no tempo de queda livre da bolinha.

Altura	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Tempo 5	Tempo Médio
1,5 m	0,55 s	0,62 s	0,48 s	0,60 s	0,50 s	0,55 s

Agora, iremos calcular os desvios através do seguinte Padrão:

$$d_1 = |T_1 - T_{médio}|$$
$$d_2 = |T_2 - T_{médio}|$$

...

Então, calculando os desvios:

$$d_1 = |0,55 - 0,55| = 0,00 \text{ s}$$
$$d_2 = |0,62 - 0,55| = 0,07 \text{ s}$$
$$d_3 = |0,48 - 0,55| = 0,07 \text{ s}$$
$$d_4 = |0,60 - 0,55| = 0,05 \text{ s}$$
$$d_5 = |0,50 - 0,55| = 0,05 \text{ s}$$

E o desvio médio,

$$d_{\text{desvio médio}} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{5} = 0,048 \cong 0,05 \text{ s}$$

Notemos que aproximamos para 0,05 pois o erro só pode ter um algarismo significativo.

Assim, neste caso o erro absoluto estimado pelo desvio médio é 0,05 s e o tempo de queda deve ser representado por:

$$(0,55 \pm 0,05) \text{ s}$$

8.3.4. Erro Absoluto e Erro Relativo

O erro pode tanto ser expresso de modo absoluto como também de modo relativo. O erro absoluto é a diferença entre o valor que medimos e o valor real. Na prática não temos como saber o exato valor real, por isso não temos como calcular o erro, e sim estimá-lo. O erro relativo é a razão entre o erro absoluto e o valor real. Pelo mesmo motivo, não há como calculá-lo, mas podemos estimá-lo.

$$ERRO_{\text{ABSOLUTO}} = VALOR_{\text{MEDIDO}} - VALOR_{\text{REAL}}$$

$$ERRO_{\text{RELATIVO}} = \frac{VALOR_{\text{MEDIDO}} - VALOR_{\text{REAL}}}{VALOR_{\text{REAL}}}$$

Apresentamos uma forma de estimar o erro absoluto no tópico anterior: assumimos que o valor real seria igual ao valor médio e, a seguir, assumimos que o erro absoluto seria igual ao desvio médio. Iremos agora discutir alguns pontos relevantes sobre o erro relativo.

Quando expressamos na forma relativa podemos criar um padrão de análise mais geral, pois há uma convenção de que o erro relativo máximo aceitável de uma medição é 10%.

Como estimamos o erro relativo de uma única medição?

$$ERRO_{\text{RELATIVO}} = \frac{VALOR_{\text{MEDIDO}} - VALOR_{\text{MÉDIO}}}{VALOR_{\text{MÉDIO}}}$$

Podemos calcular o erro relativo de cada medida, que é a razão entre o módulo de cada desvio em relação ao valor médio e o valor médio. Mas este cálculo só expressa a precisão daquela medida.

Para estimar o erro relativo dividimos a estimativa do erro absoluto pelo valor médio.

$$ERRO_{RELATIVO} = \frac{ERRO_{ABSOLUTO}}{VALOR_{MÉDIO}}$$

Para o exemplo do tópico anterior, temos que

$$ERRO_{RELATIVO} = \frac{0,05}{0,55} = 9\%$$

O que está dentro dos padrões aceitáveis por ser menor que 10%.

8.3.5. Estimativa de Erro pelo Desvio Padrão

Já vimos que, em alguns experimentos, os dados apresentam dispersão (por exemplo ao medir o tempo de queda livre) e que, em outros, a dispersão dos dados é praticamente nula (por exemplo ao medir a largura de uma folha de papel). Em experimentos em que devemos fazer a medida de alguma grandeza de modo que os valores coletados apresentam variações inerentes ao processo de medição, devemos repetir essa medição várias vezes. Essa repetição é necessária para podermos nos certificar de que o valor que estamos encontrando está realmente mais próximo do real que podemos chegar.

Neste tópico não iremos nos estender no estudo de todos os conceitos estatísticos envolvidos no contexto do desvio padrão, pois o objetivo central é a aplicação na estimativa do erro de um conjunto de medidas. Assim, iremos agora abordar apenas qualitativamente o conceito de desvio padrão, sem nos preocuparmos com o rigor matemático das demonstrações que seriam necessárias para as afirmações que serão apresentadas.

Como dito no parágrafo anterior, a estimativa de erro é feita quando os dados coletados apresentam uma dispersão (flutuação). Ao realizarmos essas medições, vários valores irão sendo coletados, e ao longo desse processo de coleta alguns podem até se

repetir mais do que os outros. Se fossemos repetir esse experimento um número infinito de vezes, poderíamos construir uma tabela que indicasse o número de vezes que cada medida foi encontrada. Por exemplo, ao medir um tempo de queda T , e ao repetir o processo muito vezes, o tempo $5,43$ s foi coletada em 7 vezes distintas. A tabela seria nesse padrão:

Tabela 20: Exemplo de Tabela que representa a frequência com que cada valor é observado durante um grande conjunto de medições

Tempo Medido (T)	Número de Vezes Que foi coletado (N)
...	...
5,42 s	5
5,43 s	7
5,44 s	12
...	...

Notemos que apenas uma parte da tabela foi apresentada, uma vez que queremos apenas para exemplificar o seu padrão. Então, se construíssemos um gráfico do Número de vezes que um valor aparece em função desse valor, encontraríamos um gráfico que teria esse comportamento:

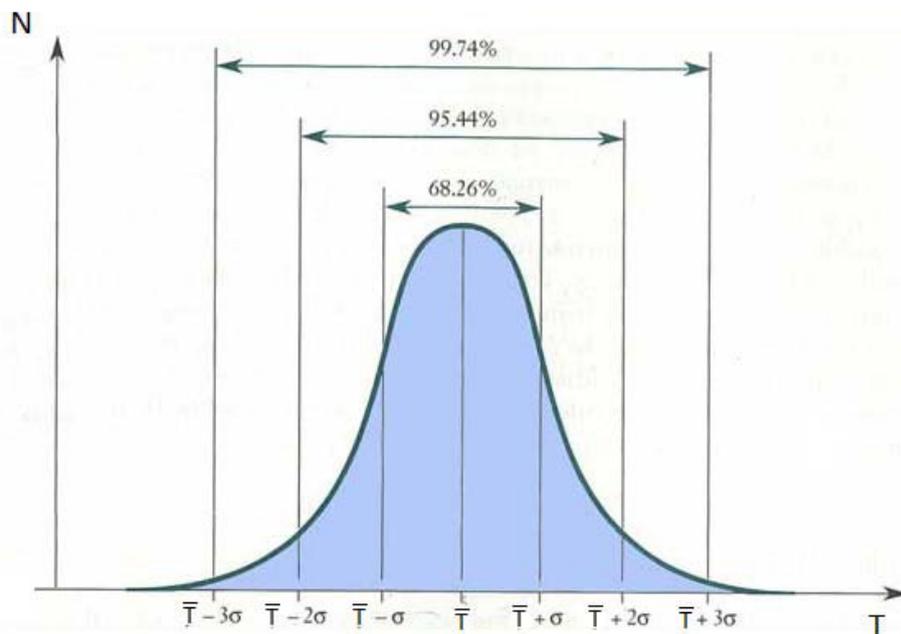


Gráfico 17: Exemplo de um Gráfico que representa o número de Vezes que cada Valor é observado durante um grande conjunto de medições (Gaussiana)

O valor central é teoricamente o valor real do tempo que estamos buscando, mas na prática assumiremos que o valor central será igual ao valor médio. Neste gráfico podemos reparar que os valores próximos ao valor central aparecerão muito mais vezes

do que os valores que estão mais distantes. Então, pelo gráfico podemos perceber que quando nos afastamos do valor médio para mais ou para menos de um valor igual a σ iremos abranger aproximadamente 68,26% dos resultados que podem ser medidos. Por outro lado, se aumentarmos esse intervalo e nos afastarmos 2σ para mais ou para menos, iremos abranger aproximadamente 95,44% dos resultados que medimos. Podemos perceber que para aumentarmos a confiança, ou seja, a abrangência dos resultados temos que aumentar o intervalo em torno do valor médio.

Assim, um novo método de estimar o erro é assumir que ele é igual a σ , ou 2σ , ou até mesmo 3σ . Esse valor que foi chamado de σ é o desvio padrão. Como o erro não deve ser muito grande, de modo que seja no máximo 10% do valor médio, o mais usual é assumir que ele é igual a σ .

E como calcularemos o valor do desvio padrão?

Imaginemos que fizemos n medidas de um determinado valor de tempo. O tempo médio será:

$$\bar{T} = T_{\text{médio}} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_{n-1} + T_n}{n}$$

O desvio padrão desse conjunto de medidas será:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(T_1 - T_{\text{médio}})^2 + (T_2 - T_{\text{médio}})^2 + \dots + (T_{n-1} - T_{\text{médio}})^2 + (T_n - T_{\text{médio}})^2}{n - 1}}$$

Lembremos que o desvio de cada medida é o módulo da diferença entre o valor medido e o valor médio,

$$\begin{aligned} d_1 &= |T_1 - T_{\text{médio}}| \\ d_2 &= |T_2 - T_{\text{médio}}| \\ &\dots \\ d_n &= |T_n - T_{\text{médio}}| \end{aligned}$$

Então podemos também representar o desvio padrão em função dos desvios:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(d_1)^2 + (d_2)^2 + (d_3)^2 + (d_4)^2 + \dots + (d_{n-1})^2 + (d_n)^2}{n - 1}}$$

Nesse exemplo, o desvio médio seria:

$$d_{\text{desvio médio}} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + \dots + d_{n-1} + d_n}{n}$$

Assim, podemos estimar o erro pelo desvio padrão,

$$T_{\text{médio}} \pm \sigma$$

Ou por um método menos rigoroso, através do desvio médio

$$T_{\text{médio}} \pm d_{\text{desvio médio}}$$

É muito importante lembrar que o erro deve ser expressado com apenas um algarismo significativo. Assim, após o cálculo do desvio esse deverá ser aproximado para apenas um algarismo. E muitas vezes após essa aproximação o desvio padrão e o desvio médio fornecem o mesmo resultado ou resultados muito próximos. Por isso, nem sempre o uso do desvio padrão é totalmente necessário.

Também é importante sabermos que o erro deve estar na mesma casa decimal do último algarismo do valor médio. Será o erro que irá determinar a última casa decimal do valor médio, ou seja, ele irá determinar o número de algarismos significativos com que o valor médio será escrito.

No exemplo ilustrado no Tópico (3.4) do Desvio Médio, o desvio padrão seria:

Altura	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Tempo 5	Tempo Médio
1,5 m	0,55 s	0,62 s	0,48 s	0,60 s	0,50 s	0,55 s

$$d_1 = |0,55 - 0,55| = 0,00 \text{ s}$$

$$d_2 = |0,62 - 0,55| = 0,07 \text{ s}$$

$$d_3 = |0,48 - 0,55| = 0,07 \text{ s}$$

$$d_4 = |0,60 - 0,55| = 0,05 \text{ s}$$

$$d_5 = |0,50 - 0,55| = 0,05 \text{ s}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(d_1)^2 + (d_2)^2 + (d_3)^2 + (d_4)^2 + (d_5)^2}{4}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0,00)^2 + (0,07)^2 + (0,07)^2 + (0,05)^2 + (0,05)^2}{4}} = 0,04 \text{ s}$$

Assim, o erro obtido pelo desvio padrão foi de 0,04 s e o erro obtido pelo desvio médio foi de 0,05 s. Observemos que ambos, como afirmado anteriormente que poderia ocorrer, são muito próximos.

8.3.6. Propagação de Erros (Medições Indiretas)

Aprendemos até agora como estimar o erro de uma grandeza obtida através de uma medição direta. Mas como faremos para estimar os erros de grandezas obtidas indiretamente?

Por exemplo, no capítulo anterior vimos que a Largura L e a altura H de uma folha de papel são obtidas diretamente. Mas se perguntarmos a área A ou o semiperímetro P , essas grandezas terão que ser obtidas indiretamente através de cálculos matemáticos:

$$A = L \cdot H$$

$$P = A + L$$

Nesses casos como estimaremos o erro da área e do semiperímetro?

8.3.6.1. Propagação do Erro através de Produto e Divisão.

Iremos então estimar o erro da Área. Sabemos que tanto a largura quanto o comprimento possuem suas estimativas de erro e um valor médio:

$$L = \bar{L} \pm \Delta L$$

e

$$H = \bar{H} \pm \Delta H$$

Mas também sabemos que

$$A = L \cdot H$$

E queremos encontrar o valor médio da área (\bar{A}) e a estimativa do seu erro (ΔA):

$$A = \bar{A} \pm \Delta A$$

Então,

$$A = L \cdot H$$

$$A = (\bar{L} \pm \Delta L) \cdot (\bar{H} \pm \Delta H)$$

$$A = \bar{L} \cdot \bar{H} \pm \Delta L \cdot \bar{H} \pm L \Delta H \pm \Delta L \cdot \Delta H$$

Sabemos que tanto o ΔL quanto o ΔH devem ser muito pequenos. Quanto multiplicamos dois números pequenos o resultado é ainda menor. Assim, podemos desprezar o termo $\Delta L \cdot \Delta H$ e considerar que a área será:

$$A = (\bar{L} \cdot \bar{H} \pm \Delta L \cdot \bar{H} \pm L \Delta H)$$

Portanto,

$$A = \bar{L} \cdot \bar{H} \pm (\Delta L \cdot \bar{H} + \bar{L} \Delta H)$$

$$A = \underbrace{\bar{L} \cdot \bar{H}}_A \pm \underbrace{(\bar{L} \cdot \Delta H + \bar{H} \cdot \Delta L)}_{\Delta A}$$

Ou seja,

$$\Delta A = \Delta L \cdot \bar{H} + \bar{L} \Delta H \text{ e } \bar{A} = \bar{L} \cdot \bar{H}$$

Vamos agora analisar o erro relativo da área:

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\bar{L} \cdot \Delta H + \bar{H} \cdot \Delta L}{\bar{A}}$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\bar{L} \cdot \Delta H + \bar{H} \cdot \Delta L}{\bar{L} \cdot \bar{H}}$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta H}{H}$$

Assim, percebemos que **o erro relativo do resultado é a soma dos erros relativos dos fatores**. E essa será a regra que utilizaremos para fazer propagação de incertezas que envolvam operações de produto e divisão.

Assim, se uma grandeza N é definida por:

$$N = \frac{F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \dots}{f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \dots}$$

Então o seu valor médio será:

$$\bar{N} = \frac{\bar{F}_1 \cdot \bar{F}_2 \cdot \bar{F}_3 \dots}{\bar{f}_1 \cdot \bar{f}_2 \cdot \bar{f}_3 \dots}$$

E a estimativa do erro poderá ser obtida por:

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta F_1}{F_1} + \frac{\Delta F_2}{F_2} + \frac{\Delta F_3}{F_3} + \dots + \frac{\Delta f_1}{f_1} + \frac{\Delta f_2}{f_2} + \frac{\Delta f_3}{f_3} + \dots$$

Agora, vamos aplicar estes conceitos no exemplo do cálculo da Área com os dados do Tópico 8.2.3 (Seria interessante ler rapidamente novamente este tópico para comparar com o que faremos agora).

Lado	Medição	Instrumento Utilizado	Erro da Medição
Largura (L)	20,95 cm	Régua Milimetrada	0,05 cm
Altura (H)	29,8 cm	Régua Centimetrada	0,5 cm

Observemos que neste experimento como as medidas da Largura e da Altura não apresentaram dispersão significativa, o erro de cada medida é igual ao erro do instrumento, ou seja, igual a metade da menor divisão.

$$\bar{A} = 20,95 \cdot 29,8 = 624,31 \text{ cm}^2$$

Vamos agora calcular a estimativa do erro:

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta H}{H}$$

$$\frac{\Delta A}{624,31} = \frac{0,05}{20,95} + \frac{0,5}{29,8}$$

$$\Delta A = 11,965 \text{ cm}^2$$

Mas como o erro só pode ter um algarismo significativo

$$\Delta A = 10 \text{ cm}^2$$

Logo,

$$A = (620 \pm 10) \text{ cm}^2$$

Escrevendo em notação científica,

$$A = (6,2 \pm 0,1) \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

Notemos que o resultado obtido possui apenas 2 algarismos significativos, e essa quantidade foi determinado pelo erro. Mas, alguns autores afirmam que quando o algarismo do erro é 1 ou 2, é aceitável que o erro seja representado com dois algarismos significativos. Nesse caso o erro seria igual a 12 e não 10, e o valor médio seria escrito com três algarismos significativos (624). Porém, não iremos adotar este critério com o objetivo de simplificar as regras.

Também devemos perceber que para determinar a quantidade de algarismos significativos da resposta final não utilizamos a regra de usar a quantidade do fator mais pobre como fizemos no Tópico 8.2.3, pois essa regra só deve ser utilizada quando não formos efetuar a estimativa dos erros. Ou seja, **quando fizermos a análise dos erros, será o erro que irá determinar com quantos significativos o valor médio deverá ser representado.**

8.3.6.2. Propagação do Erro através de Soma e Subtração.

Iremos agora estimar o erro do semiperímetro P . Sabemos que tanto a largura L quanto a altura H possuem suas estimativas de erro e um valor médio:

$$L = \bar{L} \pm \Delta L$$

e

$$H = \bar{H} \pm \Delta H$$

Mas também sabemos que

$$P = L + H$$

Queremos encontrar o valor médio do Semiperímetro (\bar{P}) e a estimativa do seu erro (ΔP):

$$P = \bar{P} \pm \Delta P$$

Então,

$$\begin{aligned} P &= L + H \\ P &= (\bar{L} \pm \Delta L) + (\bar{H} \pm \Delta H) \\ P &= \bar{L} + \bar{H} \pm \Delta L \pm \Delta H \end{aligned}$$

Então teremos 4 possibilidades, vamos listá-las em ordem decrescente

$$(\bar{L} + \bar{H}) + \Delta L + \Delta H \quad (1^a)$$

$$(\bar{L} + \bar{H}) + \Delta L - \Delta H \quad (2^a)$$

$$(\bar{L} + \bar{H}) - \Delta L + \Delta H \quad (3^a)$$

$$(\bar{L} + \bar{H}) - \Delta L - \Delta H \quad (4^a)$$

Para ser exato não temos como saber se a 2ª realmente é maior do que a 3ª, mas com certeza a primeira é a maior e quarta é a menor. Assim, podemos assumir que o erro será a metade da diferença entre a maior e a menor possibilidade:

$$\Delta P = \frac{[(\bar{L} + \bar{H}) + \Delta L + \Delta H] - [(\bar{L} + \bar{H}) - \Delta L - \Delta H]}{2}$$

E o valor médio será a média aritmética dos 4 valores possíveis:

$$\bar{P} = \frac{[(\bar{L} + \bar{H}) + \Delta L + \Delta H] + \dots + [(\bar{L} + \bar{H}) - \Delta L - \Delta H]}{4}$$

Assim,

$$\begin{aligned} \Delta P &= (\Delta L + \Delta H) \\ \bar{P} &= (\bar{L} + \bar{H}) \end{aligned}$$

Assim, podemos generalizar: **o erro do resultado de somas ou diferenças sempre será a soma dos erros.**

Assim, se uma grandeza N é definida por:

$$N = P_1 + P_2 + P_3 + \dots - p_1 - p_2 - p_3 - \dots$$

Então o seu valor médio será:

$$\bar{N} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_3 + \dots - \bar{p}_1 - \bar{p}_2 - \bar{p}_3 - \dots$$

E a estimativa do erro poderá ser obtida por:

$$\Delta N = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \dots + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 - \dots$$

Agora, vamos aplicar estes conceitos no exemplo do cálculo do Semiperímetro com os dados do Tópico 8.2.3.

Lado	Medição	Instrumento Utilizado	Erro da Medição
Largura (L)	20,95 cm	Régua Milimetrada	0,05 cm
Altura (H)	29,8 cm	Régua Centimetrada	0,5 cm

Observemos que, neste experimento, como as medidas da Largura e da Altura não apresentaram dispersão significativa, o erro de cada medida é igual ao erro do instrumento, ou seja, igual a metade da menor divisão.

$$\bar{P} = (\bar{L} + \bar{H})$$

$$\bar{P} = 20,95 + 29,8 = 50,75 \text{ cm}$$

Vamos agora calcular a estimativa do erro:

$$\Delta P = (\Delta L + \Delta H)$$

$$\Delta P = (0,05 + 0,5) \text{ cm}$$

$$\Delta P = 0,55 \text{ cm}$$

Mas como o erro só pode ter um algarismo significativo. Nesse caso devemos aproximar para 0.5 ou 0.6. O valor 0.55 está exatamente no meio. Sempre que isso ocorrer iremos adotar a regra de aproximar para cima. Portanto,

$$\Delta P = 0,6 \text{ cm}$$

Logo,

$$P = (\mathbf{50,75} \pm 0,6) \text{ cm}$$

Também há um erro na representação acima pois o erro precisa incidir no último algarismo do valor médio. Assim, devemos aproximar 50,75 para 50,8 ou 50,7. Como novamente está bem no meio, aproximaremos para cima:

$$P = (50,8 \pm 0,6) \text{ cm}$$

Escrevendo em notação científica,

$$P = (5,08 \pm 0,06) \cdot 10 \text{ cm}$$

Notemos que o resultado obtido possui apenas 3 algarismos significativos, e essa quantidade foi determinado pelo erro. Mas, devemos notar que esse resultado está coerente com a regra dos algarismos significativos que vimos no Tópico 8.2.4.2. Por essa regra, ao efetuarmos a soma, os algarismos sublinhados 5 e 8 são duvidosos. Como o 5 é duvidoso, o 5 da resposta final será também. Como o 8 é duvidoso, o 7 da resposta final também será.

$$\begin{array}{r} +20,\underline{95} \\ +29,\underline{8} \\ = 50,\underline{75} \end{array}$$

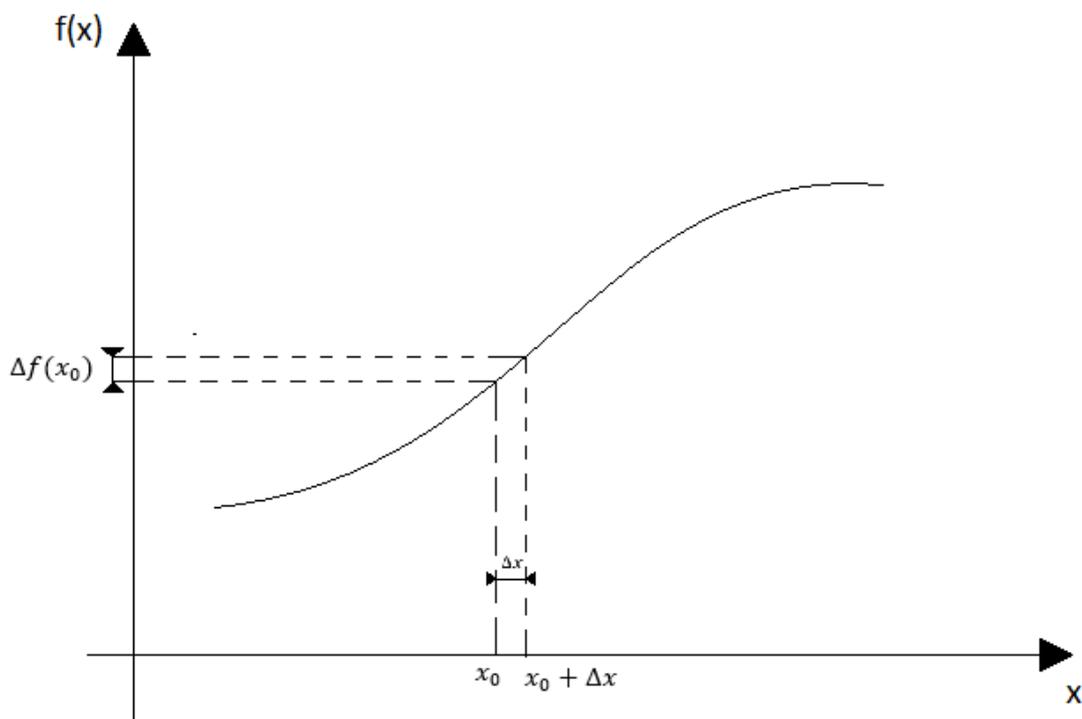
Assim, percebemos que o 7 e o 5 na resposta final são duvidosos. Como só pode haver um, temos que aproximar este resultado para que fique apenas com um duvidoso.

$$50,\underline{75} \text{ cm} \cong 50,\underline{8} \text{ cm}$$

Portanto percebemos que as duas abordagens estão em coerência. Mas é importante lembrar que as regras dos algarismos significativos só devem ser utilizadas quando não for feita a estimativa dos erros, tendo em vista que o erro já determinará a quantidade de algarismos significativos que o resultado deverá ter.

8.3.6.3. Propagação do Erro Utilizando o Gráfico

Em funções mais complicadas, podemos estimar a propagação do erro através do gráfico. Por exemplo, imaginemos que temos uma função $f(x)$ que depende apenas de x . Se já tivermos o erro Δx de um ponto x_0 , poderemos estimar o erro $\Delta f(x_0)$.



Conhecendo a curva da função, podemos graficamente expressar o erro do x no gráfico e através da curva ver a sua projeção no eixo vertical, conforme ilustrado na figura acima.

Em linhas gerais, para estimarmos a propagação de erro de funções mais complexas é necessário a utilização de cálculo diferencial, o que foge do escopo deste trabalho.

8.4. O Terceiro Passo: Gráficos e Linearização de Dados

As provas experimentais de Olimpíadas geralmente possuem dois padrões. Ou elas têm como objetivo a determinação de alguma grandeza física, ou elas querem analisar o comportamento de alguma grandeza.

Nas duas possibilidades, em praticamente todos os casos, será necessário construir um gráfico com os dados obtidos. Antes de construir o gráfico, é necessário escolher qual gráfico será feito, pois muitas vezes o gráfico que deve ser feito não é claramente indicado. Saber escolher o gráfico correto é uma das habilidades experimentais necessárias.

8.4.1. Tabelas

Para conseguirmos escolher o gráfico correto temos que ter os dados apresentados em uma boa tabela e se possível uma equação que correlacione esses dados.

As tabelas precisam:

- Ter um título acima delas explicando resumidamente quais dados ela irá apresentar
- Ter um cabeçalho em uma linha superior (ou coluna lateral) indicando o nome (ou letra) que representa os dados numéricos que serão apresentados na respectiva coluna (ou linha).
- As unidades precisam estar indicadas, se possível, no cabeçalho. Caso contrário devem estar indicadas ao lado de cada medição.
- Caso o erro seja o mesmo para todas as medidas, ele deve estar indicado também no cabeçalho. Caso contrário deverá ser indicado juntamente com cada medida.
- Sempre procure expressar os dados em notação científica, expressando a potência de 10 no cabeçalho.

Por exemplo, segue a construção de uma tabela da Força elástica que atua em uma mola em função da deformação.

Tabela 21 - Força Elástica em Função da Deformação Sofrida pela Mola

Δx (10^{-2} m) $\pm 0,05 \cdot 10^{-2} m$	F_{el} (10^{-4} N)
2,55	$1,1 \pm 0,1$
5,05	$2,1 \pm 0,2$
7,60	$3,4 \pm 0,1$
10,15	$4,4 \pm 0,3$

8.4.2. Linearização de Equações

Com os dados bem apresentados em uma tabela, sempre que possível devemos procurar relações lineares, ou seja, relações que serão representadas por uma reta. Lembremos que no plano cartesiano (x,y) a equação de uma reta tem a forma:

$$y = \underbrace{a}_{\substack{\text{coeficiente} \\ \text{angular}}} \cdot x + \underbrace{b}_{\substack{\text{coeficiente} \\ \text{linear}}}$$

Por exemplo, quanto estudamos o movimento uniforme (MU), a posição escalar e o tempo dependem linearmente pois podemos expressar a relação através de uma reta:

$$\underbrace{S}_{y} = \underbrace{S_0}_{b} + \underbrace{v}_{a} \cdot \underbrace{t}_{x}$$

Então, podemos achar a posição inicial (S_0) pelo coeficiente linear (b) e a velocidade (v) pelo coeficiente angular (a).

Agora, quando estudamos o movimento uniformemente variado (MUV), a posição escalar não depende linearmente do tempo, sabemos que não será uma reta e sim uma parábola. A equação da parábola é:

$$y = ax^2 + bx + c$$

E a equação da posição escalar no MUV é:

$$S = S_0 + v_0.t + \frac{a}{2}.t^2$$

Se formos construir o gráfico de S em função de t não teremos uma reta, mas sim uma curva chamada parábola. A ideia da linearização é fazer uma combinação das variáveis para obtermos uma reta. Esse processo é o que chamamos de linearização.

Por exemplo, no MUV se $v_0 = 0$, ou seja, se no instante inicial ($t=0$) a velocidade for nula, a equação será:

$$S = S_0 + \frac{a}{2}.t^2$$

Assim, no lugar de fazermos o gráfico de S em função de t, faremos o gráfico de S em função de t^2 . Ou seja, é como se estivéssemos chamando o t^2 de x.

Se $t^2=x$, então:

$$S = S_0 + \frac{a}{2} \cdot \underbrace{(t^2)}_x$$

$$S = S_0 + \frac{a}{2} \cdot x$$

$$\underbrace{S}_y = S_0 + \underbrace{\frac{a}{2}}_b \cdot \underbrace{x}_a$$

Acabamos de linearizar a equação. Assim, podemos perceber facilmente que o gráfico de S em função de t^2 (ou x) será uma reta pois a equação que obtivemos tem o formato de $y = a.x + b$. Devemos perceber que a Posição Inicial será obtida pelo coeficiente linear da reta (b) e a aceleração será o dobro do coeficiente angular da reta.

Assim, normalmente já deveremos ter uma Tabela onde em uma coluna teríamos os dados das Posições Escalares (S) e em outra coluna os respectivos instantes (t) de cada posição. Após percebermos que precisaremos dos valores de t^2 para a linearização,

devemos criar uma coluna adicional com os valores de t^2 . Conforme segue no exemplo abaixo:

Tabela 22: MUV - Posição Escalar X Tempo

S ($\cdot 10^{-1}m$)	t (s)	t^2 (s^2)
2,00	0,00	0,00
2,50	1,00	1,00
4,00	2,00	4,00
6,50	3,00	9,00
10,00	4,00	16,00
14,50	5,00	25,00
20,00	6,00	36,00
26,50	7,00	49,00

Com essa tabela, podemos construir os dois gráficos, conforme ilustrado abaixo.

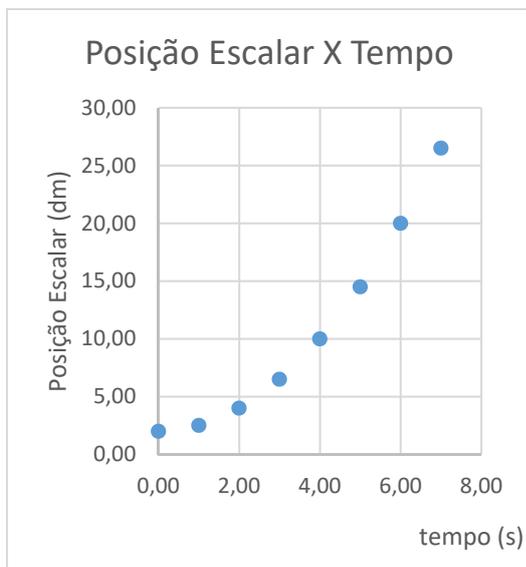


Gráfico 18: Posição X Tempo

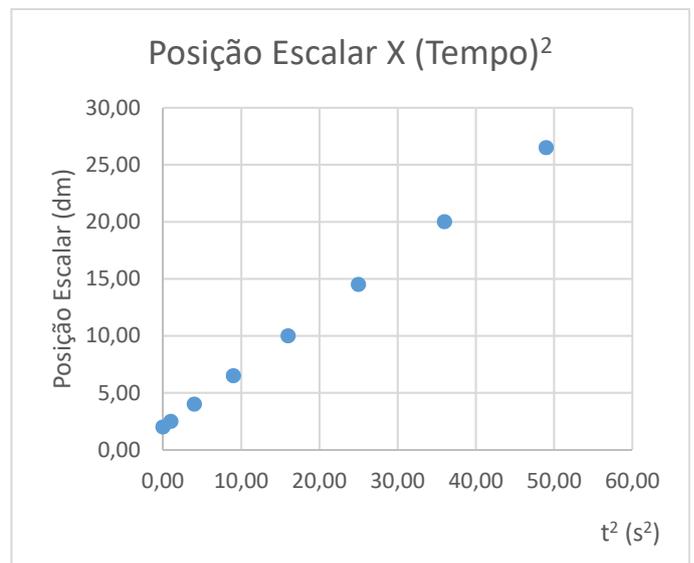


Gráfico 19: Exemplo de Linearização - Posição X (Tempo)²

8.4.3. Gráfico em Papel Milimetrado (ou Quadriculado)

Vimos que, sempre que possível, iremos tentar buscar relações lineares pois ao construir os gráficos a curva que plotaremos será uma reta. Mas nem sempre isso será possível ou necessário, pois algumas vezes o objetivo não será determinar alguma grandeza, mas simplesmente observar o comportamento da curva que aparecerá.

Em ambos os casos poderemos utilizar uma ferramenta que tornará a tarefa mais fácil: o papel milimetrado. O papel milimetrado é um papel que possui várias linhas horizontais e verticais separadas entre si por um milímetro. Ou seja, tanto o eixo vertical quanto o eixo horizontal serão régua milimetradas. Em alguns papéis, a cada 10 mm uma linha mais forte é feita para facilitar a orientação. Essas marcações serão extremamente úteis quando formos construir gráficos, conforme segue na ilustração abaixo:

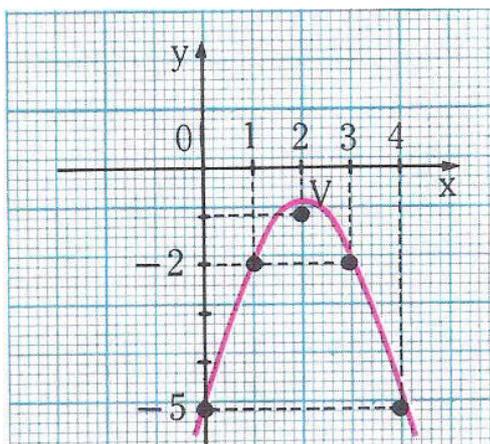


Figura 13: Ilustração de Papel Milimetrado

Antes de continuarmos a falar do papel Milimetrado, vamos citar algumas exigências que são comuns a **todos os gráficos**:

- O gráfico precisa ter um Título que torne claro o contexto dos dados que serão apresentados sem a necessidade de ser ler no corpo do texto.
- Os eixos precisam indicar a grandeza que estão representando com um nome e a respectiva unidade utilizada
- As escalas adotadas precisam ser indicadas em cada eixo, de modo que fique claro quanto vale cada divisão. Os números indicados nas referências precisam ser redondos, de modo que não se devem representar os valores dos pontos experimentais, uma vez que essas informações já estão nas tabelas.

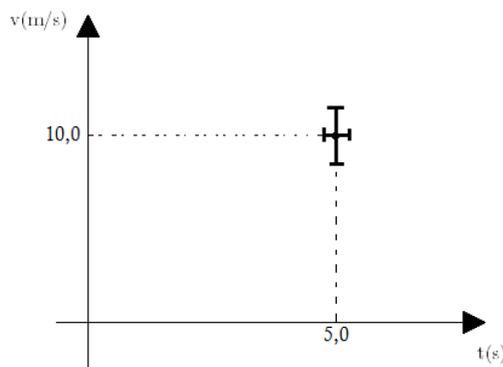
- A escala deve ser adotada de modo que se aproveite a área disponível do papel de um modo satisfatório. Objetivamente, deve-se utilizar pelo menos $2/3$ de cada eixo do papel.
- Não obrigatoriamente a origem dos eixos (0,0) precisa estar representada. Os eixos não precisam começar no zero.
- Deve-se, sempre que possível, colocar no eixo horizontal a grandeza que se tem mais controle no experimento ou a que se consegue medir de forma direta mais facilmente.

8.4.3.1. Passo a Passo Para Construção de Um Gráfico em Papel Milimetrado (ou Quadriculado)

Assim, iremos agora aplicar estas regras no uso do papel milimetrado para a construção de gráficos. Assim, na construção de um Gráfico utilizando o papel milimetrado vamos seguir primeiro os seguintes passos:

- 1) **Determinar quais grandezas serão representadas em cada eixo.**
- 2) **Determinar o valor de cada divisão nos eixos.** Para isso, vamos identificar o maior e o menor valor na tabela de um determinado eixo. A seguir, determinaremos o **passo mínimo**, ou seja, o menor valor de cada divisão. Para isso, dividimos a diferença entre o maior e menor valor pelo número de divisões que o eixo possui. Esse resultado será o menor valor possível, então devermos escolher um valor maior e mais próximo possível deste valor mínimo, mas que seja redondo. Por exemplo, se o maior valor que representaremos será 27,6 e o menor será 2,1, a diferença entre os dois será 25,5. Se tivermos 20 divisões, o passo mínimo seria $\frac{25,5}{20} = 1,275$. Logo, devemos escolher um número maior que 1,275 que seja o mais redondo possível. Poderia ser 1,3 ou até mesmo 1,5. Para garantirmos que faremos uma boa utilização do espaço disponível, a razão entre o passo o mínimo e o número redondo escolhido tem que ser maior ou igual a $2/3$.
- 3) **Fazer a indicação da escala que será utilizada em cada eixo.** Após determinar o valor de cada divisão, devemos marcar o valor das divisões no gráfico. Essa marcação não deve ser feita em todas as divisões, mas de 3 em 3, ou de 5 em 5 divisões. A ideia é criar referências para que a leitura seja ágil e confortável.

- 4) **Representar os nomes e unidades das grandezas dos eixos.** Por exemplo, se estivermos fazendo um gráfico da velocidade em função do tempo, deve-se representar próximo ao eixo vertical “ v (m/s)” e próximo ao eixo horizontal “ t (s)”.
- 5) **Atribuir um título ao gráfico que explique quais informações serão disponibilizadas no gráfico.**
- 6) **Representar, finalmente, no gráfico os pontos com os dados da tabela.**
- 7) **Representar os erros de cada ponto.** Se a tabela tiver a estimativa dos erros, devemos representar com pequenas barras os erros de cada ponto. Por exemplo, se no instante $t = (5,0 \pm 0,3)s$ a velocidade for igual a $v = (10,0 \pm 0,9)m/s$.



Caso os erros sejam pequenos o suficiente de modo que as barras se confundam com a representação dos pontos, não é necessário indicar as barras de erro de cada ponto.

8.4.3.2. Exemplo de Construção de um Gráfico com Papel Milimetrado

Iremos construir o gráfico da força elástica que atua em uma mola em função da deformação. Para isso, iremos usar várias argolas de metal idênticas cujas massas são conhecidas. Também usaremos uma régua milimetrada para medir as deformações da mola.

1) PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Com a mola em repouso e na vertical, sabemos que a força elástica será igual ao peso das argolas sustentadas na ponta. Assim, iremos variar o número de argolas que serão sustentadas pela mola e medir o novo comprimento da mola para cada configuração.

2) DETERMINAR A MASSA DAS ARGOLAS

Mesmo que o fabricante das pequenas argolas afirme que elas são idênticas, o ideal é nos certificarmos dos valores das massas que iremos utilizar para minimizarmos as fontes de erro. Para isso, podemos, por exemplo, utilizar uma balança digital de cozinha que possui precisão de 0,1 grama.

Ao medir a massa m de uma agora temos que:

$$m = (10,0 \pm 0,1)g$$

Assim, poderíamos assumir que as próximas configurações terão massas $2m$, $3m$, $4m$, e assim sucessivamente. Mas o problema desse modelo é que o erro também seria multiplicado por 2, 3, 4 e assim sucessivamente. Por exemplo:

$$2m = 2 \cdot (10,0 \pm 0,1)g = (20,0 \pm 0,2)g$$

$$3m = 3 \cdot (10,0 \pm 0,1)g = (30,0 \pm 0,3)g$$

Dessa forma estaríamos aumentando o erro das massas que estaríamos utilizando.

Então qual a melhor forma?

Em vez de assumir que $2m$ terá o dobro da medida que fizemos de m , devemos colocar na balança as duas argolas e ler a medida fornecida para $2m$. Pois dessa forma continuaremos com um erro de 0,1 g para $2m$, e não 0,2 g como seria se tivéssemos apenas multiplicado.

Assim, ao medir as massas, teremos que:

Tabela 23: Valores das massas fornecidos por uma balança digital com precisão de 0,1g

Massa	Valor da Leitura na Balança (g)	Erro de cada medida (g)
m	10,0	$\pm 0,1$
2m	20,1	$\pm 0,1$
3m	30,1	$\pm 0,1$
4m	40,2	$\pm 0,1$
5m	50,2	$\pm 0,1$
6m	60,2	$\pm 0,1$
7m	70,3	$\pm 0,1$
8m	80,3	$\pm 0,1$
9m	90,4	$\pm 0,1$

Para não nos confundirmos, devemos numerar as argolas de 1 a 9. Por exemplo, quando for 2m, usaremos as argolas 1 e 2. Quando for 6m, usaremos as argolas de 1 a 6. Desse modo não precisaremos ficar repetindo a pesagem de cada configuração.

3) DETERMINAR O PESO DAS ARGOLAS

Após medir a massa, deveremos estimar o peso de cada conjunto. Para isso, vamos assumir que a gravidade é uma constante que já foi medida anteriormente e igual a $(10,0 \pm 0,2)m/s^2$.

Sabemos que o Peso é igual ao produto da massa pela gravidade:

$$P = m \cdot g$$

Logo, para estimar corretamente o peso, deveremos fazer a propagação do erro, uma vez que:

$$P = m \cdot g = (m \pm \Delta m) \cdot (g \pm \Delta g)$$

Como é um produto, sabemos pelo Tópico 8.3.6.1 (Propagação de Erro Em Produtos e Divisões) que:

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g}$$

Assim, calcularemos a estimativa para cada Peso. Por exemplo, para m:

$$\frac{\Delta P}{10,0 \cdot 10,0} = \frac{0,1}{10,0} + \frac{0,2}{10,0}$$

$$\Delta P = 3 \cdot g \cdot \frac{m}{s^2} = 3 \cdot 10^{-3} N$$

De modo, análogo, faremos para as outras configurações, observando que o ΔP sempre deve ser arredondado para ter apenas 1 algarismo significativo.

Tabela 24: Pesos de Cada Conjunto de Massas

Massa	Peso (N)
m	0,100 ± 0,003
2m	0,201 ± 0,005
3m	0,301 ± 0,007
4m	0,402 ± 0,009
5m	0,50 ± 0,01
6m	0,60 ± 0,01
7m	0,70 ± 0,02
8m	0,80 ± 0,02
9m	0,90 ± 0,02

4) MEDIR O COMPRIMENTO DA MOLA PARA CADA CONFIGURAÇÃO

Agora, iremos medir o comprimento total da mola em cada configuração, ou seja, sustentando primeiro apenas a massa m, depois 2m, e assim por diante. Poderíamos também medir apenas a deformação que a mola sofreria ao pendurarmos as massas, mas para isso deveríamos pendurar a mola sem nenhum peso acoplado, marcar um ponto de referência que representasse o final da mola, mas que fosse fixo e de fácil

visualização. Daí, poderíamos medir os acréscimos de tamanho da mola a partir dessa referência fixa que adotamos.

DESAFIO: Em qual dos dois métodos teríamos menos erro?

Iremos adotar agora o primeiro método, ou seja, mediremos o comprimento total da mola em cada caso. Assim, após pendurarmos as respectivas massas e coletar os dados construímos a tabela a seguir:

Tabela 25: Força Elástica em função do comprimento total da Mola

Massa	Peso (N)	Comprimento da Mola (mm) $\pm 0,05$
m	0,100 \pm 0,003	8,45
2m	0,201 \pm 0,005	9,15
3m	0,301 \pm 0,007	9,80
4m	0,402 \pm 0,009	10,60
5m	0,50 \pm 0,01	11,00
6m	0,60 \pm 0,01	11,90
7m	0,70 \pm 0,02	12,20
8m	0,80 \pm 0,02	13,10
9m	0,90 \pm 0,02	13,65

5) CONTRUIR O GRÁFICO USANDO O PAPEL MILIMETRADO

É importante ressaltarmos que estamos exemplificando com o papel milimetrado. Mas teria a mesma aplicação qualquer papel quadriculado com linhas verticais separadas sempre com a mesma distância e linhas horizontais separadas sempre com a mesma distância.

O primeiro passo será definir quem estará no eixo horizontal e vertical. Nesse caso, a grandeza que estamos controlando é a força elástica, mas por outro lado o comprimento da mola é uma grandeza que conseguimos medir facilmente de forma direta. Então, as duas possibilidades seriam aceitáveis. Por isso iremos posicionar no eixo horizontal o comprimento total da mola.

O segundo passo é definir o valor de cada divisão nos eixos horizontal e vertical. Para isso devemos observar o papel que será utilizado conforme segue na **Figura 14: Papel Milimetrado** que será Utilizado no Gráfico da Força Elástica:

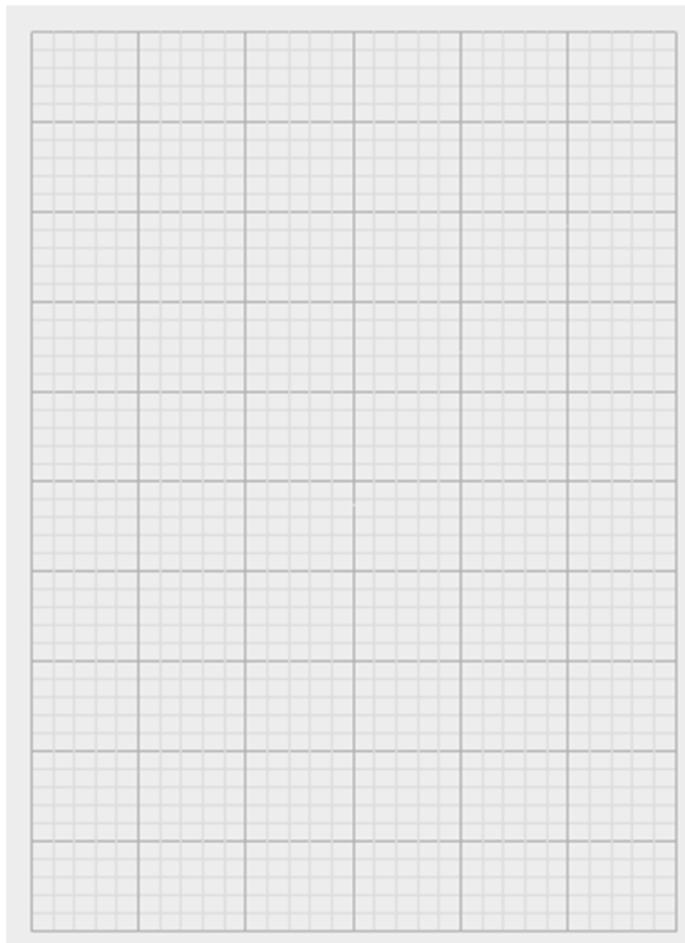


Figura 14: Papel Milimetrado que será Utilizado no Gráfico da Força Elástica

Podemos observar que no eixo horizontal temos 30 divisões e no eixo vertical temos 50 divisões. Primeiramente iremos analisar o eixo horizontal.

No eixo horizontal,

Maior valor: 13,65

Menor valor: 8,45

Menor valor possível para cada divisão: $\frac{13,65-8,45}{30} = \frac{5,20}{30} = 0,1733$

Agora, precisamos escolher um valor redondo e maior que 0,1733. Porém precisamos lembrar que a razão entre 0,1733 e este valor precisa ser maior ou igual a $\frac{2}{3}$. Iremos escolher como valor para a divisão horizontal 0,20. Assim, cada 5 divisões

terão o valor de 1,00. Faremos a marcação a cada 5 divisões. Além disso, não iniciaremos o eixo no zero, mas em um valor redondo, menor que o menor valor (8,45) e múltiplo de 1,0. Também já indicaremos o que estamos medindo no eixo e a respectiva unidade. Assim, segue na figura as marcações no eixo horizontal.

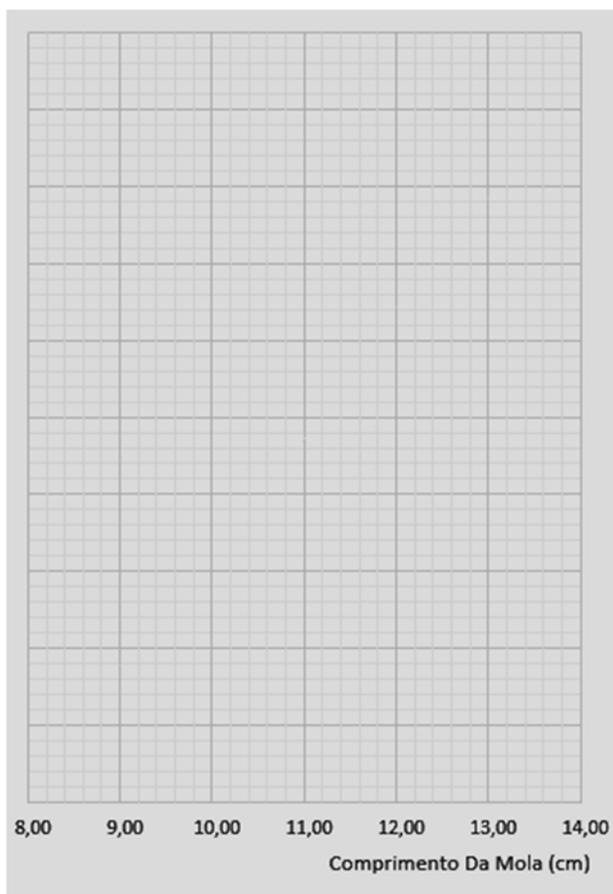


Figura 15: Preenchimento do eixo horizontal do papel milimetrado

Agora iremos preencher o eixo vertical.

Maior valor: 0,90

Menor valor: 0,100

Menor valor possível para cada divisão: $\frac{0,90-0,100}{50} = \frac{0,80}{50} = 0,016$

O valor encontrado para a menor divisão já até poderia ser considerado como um número redondo, mas sempre que possível iremos escolher um número que tenha apenas um algarismo significativo ou que o último algarismo seja 0 ou 5. Assim, o valor adotado para cada divisão deverá ser maior que 0,016 e ter preferencialmente um algarismo significativo. Assim, usaremos o 0,02 para cada divisão vertical. Nesse caso como o

menor valor está próximo de zero, iremos iniciar o eixo vertical com zero. Assim, segue o eixo vertical preenchido na Figura 16: Preenchimento do Eixo Vertical no Papel Milimetrado.

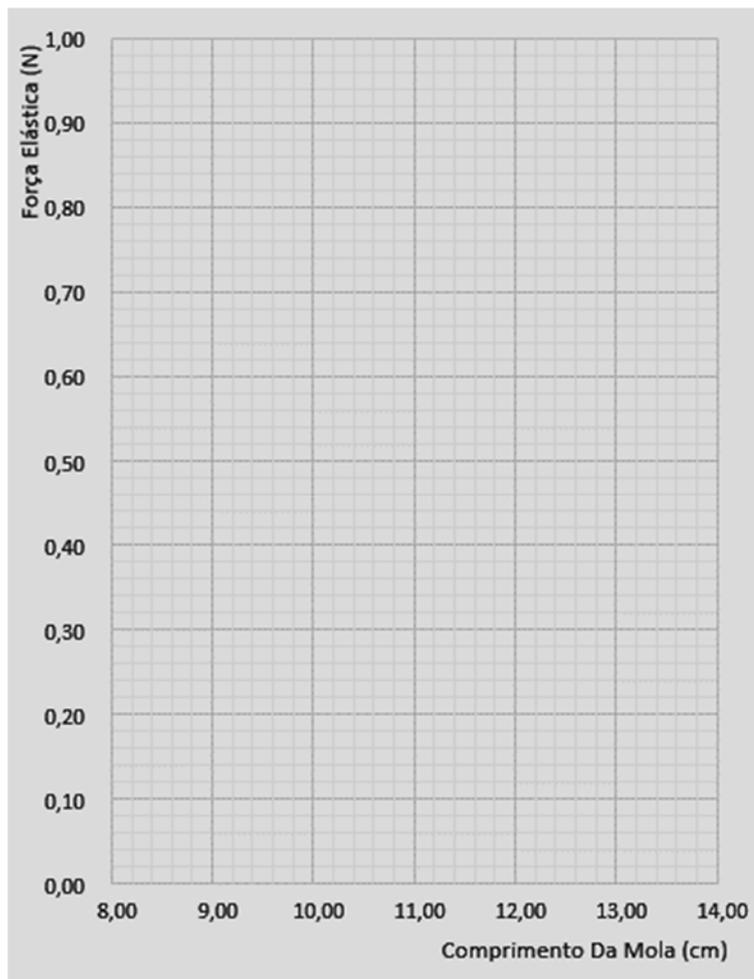


Figura 16: Preenchimento do Eixo Vertical no Papel Milimetrado

Iremos, agora, preencher o gráfico com os pontos correspondentes aos dados da tabela. Notemos que, caso os pontos não coincidam com as linhas, devemos fazer uma estimativa de onde eles devem estar e efetuar o preenchimento, conforme segue no Gráfico 20: Força Elástica em Função do Comprimento da Mola no Papel Milimetrado.

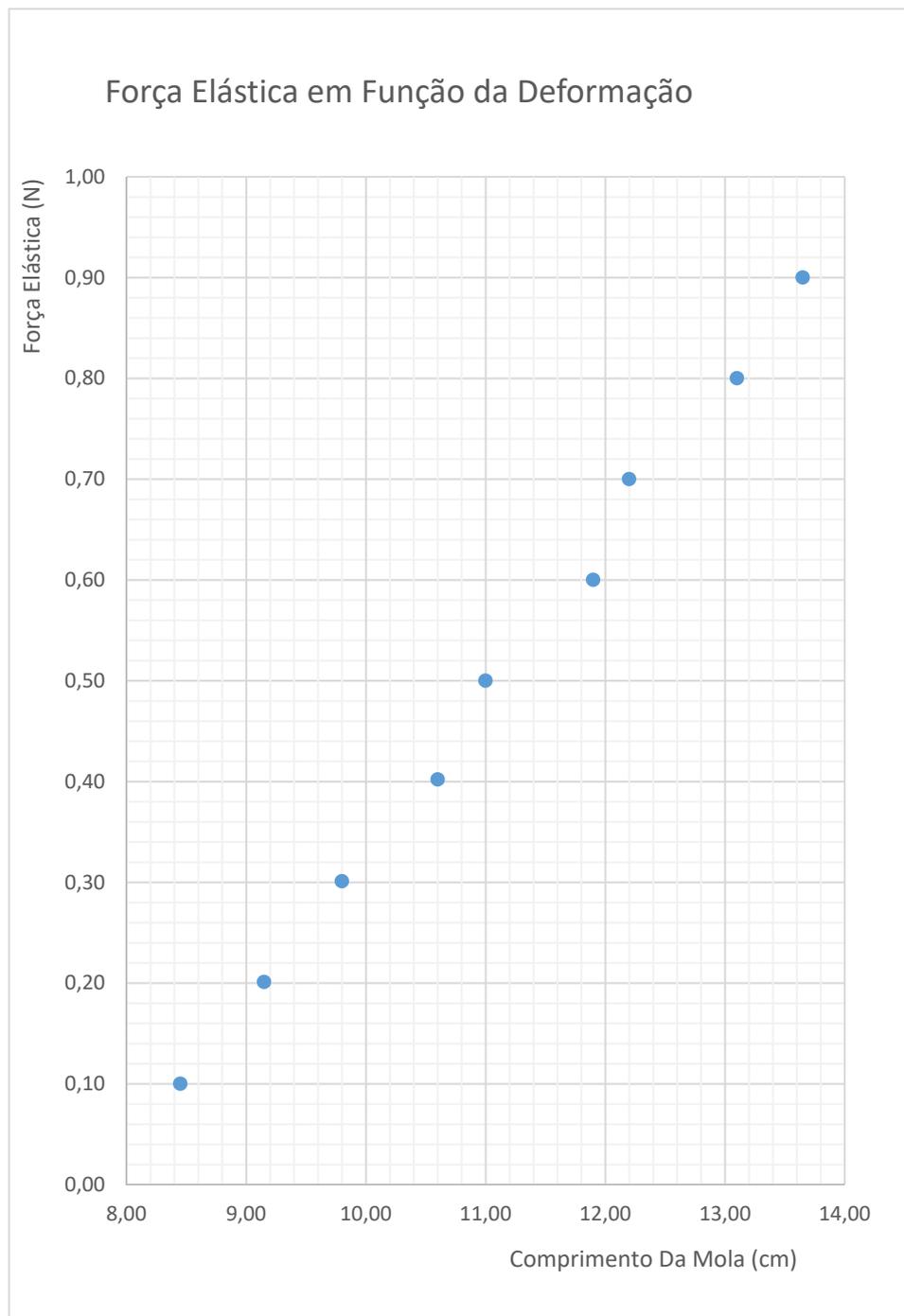


Gráfico 20: Força Elástica em Função do Comprimento da Mola no Papel Milimetrado

Sempre que adequado e sempre que tivermos feito a estimativa dos erros dos valores que plotamos no gráfico devemos efetuar a representação das barras de erros de cada ponto. Algumas vezes, como poderemos ver no **Gráfico 21**, a representação do ponto já se confundiu com a representação da barra de erro, nesses casos não é necessário representá-las.

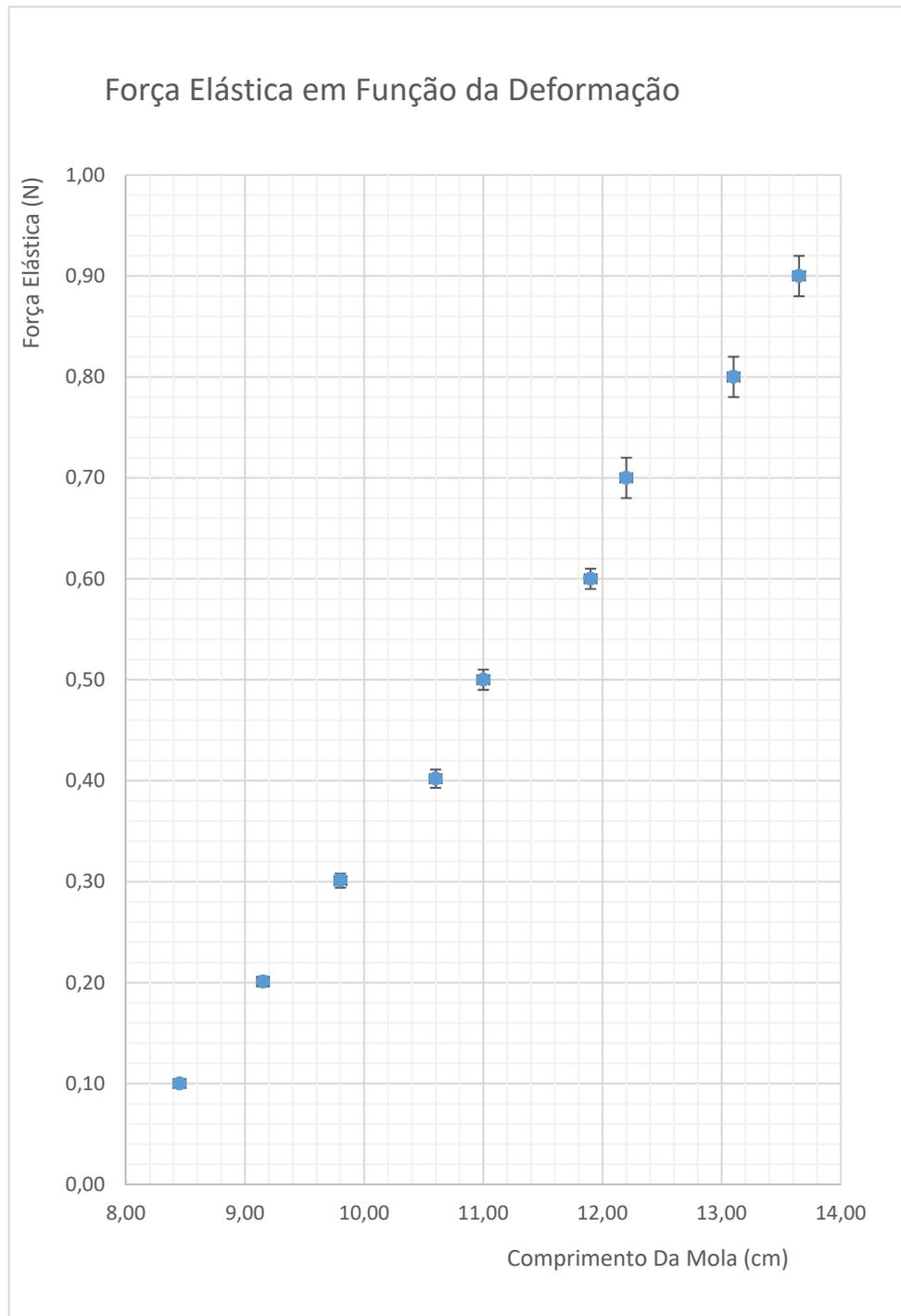


Gráfico 21: Força Elástica em Função do Comprimento da Mola no Papel Milimetrado Com Barras de Erros

8.4.4. Gráfico em Papel MonoLog

Apesar de podermos sempre utilizar o Papel Milimetrado (ou quadriculado) na construção de gráficos, em algumas situações precisaremos de uma calculadora científica para construir uma coluna adicional com os dados que serão efetivamente representados no gráfico, como vimos por exemplo na Tabela 22: MUV - Posição Escalar X Tempo.

Lembremos que a construção dessa coluna adicional na tabela surge após linearizarmos a função ou a relação que estamos analisando. Mas em alguns casos, não será necessário o cálculo dessa coluna adicional, pois poderemos usar os Papéis que possuem escalas logarítmicas em um eixo (papel Monolog) ou dois eixos (papel Dilog).

Quando poderemos usar um eixo com uma escala logarítmica?

Por exemplo em funções exponenciais. Analisemos uma função $U(t)$:

$$U = U_0 \cdot e^{k \cdot t}$$

Se formos construir o gráfico de U em função de t no Papel Quadriculado, construiremos uma curva exponencial. Para obtermos uma reta, teríamos que linearizar a equação. Para isso podemos aplicar o \log na equação:

$$\begin{aligned}\log(U) &= \log(U_0 \cdot e^{k \cdot t}) \\ \log(U) &= \log(U_0) + \log(e^{k \cdot t}) \\ \log(U) &= \log(U_0) + k \cdot \log(e) \cdot t\end{aligned}$$

$$\underbrace{\log(U)}_y = \underbrace{\log(U_0)}_b + \underbrace{k \cdot \log(e)}_a \cdot \underbrace{t}_x$$

Assim, poderíamos criar uma coluna adicional com os valores de $\log(U)$, e no lugar de construir o gráfico de U em função de t , construiríamos o gráfico de $\log(U)$ em função de t .

8.4.4.1. Construção de uma Escala Logarítmica

Para evitar a necessidade do cálculo dos valores do logaritmo de cada valor da tabela, podemos utilizar a escala logarítmica. Como funciona a escala?

A ideia é construir uma escala que possamos marcar o valor de t e não o valor de $\log(t)$. Para isso iremos primeiro usar o fato que

$$\log(10^{n+1}) - \log(10^n) = \text{CONSTANTE}, n \in \mathbb{Z}$$

Porque a diferença dos logaritmos de duas potências de 10 consecutivas é constante?

$$\log(10^{n+1}) - \log(10^n) = \log\left(\frac{10^{n+1}}{10^n}\right) = \log(10) = 1$$

Assim, começaremos com uma construção que será uma unidade:

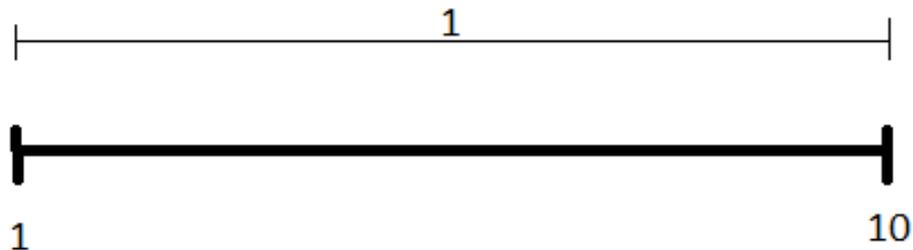


Figura 17: Construção de uma Escala Logarítmica

A distância entre os pontos 10 e 1 corresponde à diferença entre o $\log(10)$ e o $\log(1)$. Sabemos que $\log(10) - \log(1) = 1$.

Agora, onde fica o 2 nessa escala? Sabemos que a distância X entre 2 e 1, corresponderá a diferença entre $\log(2)$ e $\log(1)$.

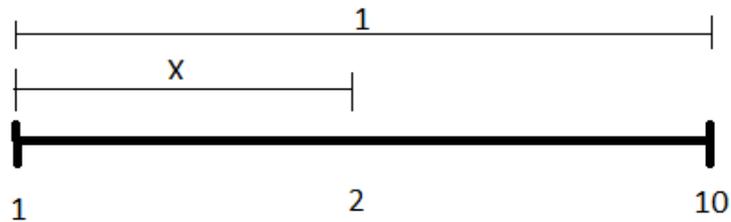


Figura 18: Construção de uma Escala Logarítmica - Posição do 2

Para encontrarmos o valor X devemos usar a calculadora ou uma tabela com os valores de log previamente conhecidos:

$$X = \log(2) - \log(1) = \log\left(\frac{2}{1}\right) = \log(2) = 0,301$$

Reparemos que o 1 representa a nossa unidade inicial, que chamaremos de tamanho da década. Mas devemos perceber que essa “unidade” pode ter qualquer medida que quisermos. Por exemplo, 10cm.

Nesse caso, quanto seria o valor de X que posicionaria o 2 nessa escala?

$$X = 0,301 \cdot (\text{unidade}) = 0,301 \cdot (10\text{cm})$$

$$X = 3,01\text{cm}$$

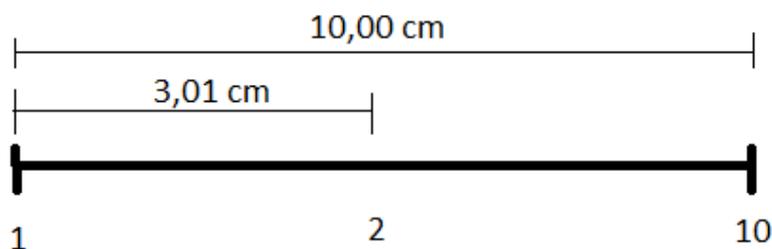


Figura 19: Construção de uma Escala Logarítmica - Posição do 2

Devemos observar que:

$$\frac{\log(2) - \log(1)}{\log(10) - \log(1)} = \frac{3,01\text{ cm}}{10,00\text{ cm}}$$

Agora iremos continuar a construção da escala marcando a posição do 3:

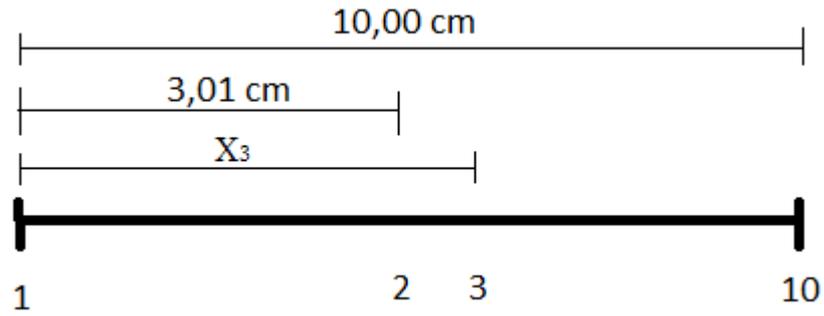


Figura 20: Construção de uma Escala Logarítmica - Posição do 3

Analogamente ao que fizemos para o 2, a distância do 1 ao 3, está para X_3 , assim como a distância do 1 ao 10, está para 10 cm.

$$\frac{\log(3) - \log(1)}{\log(10) - \log(1)} = \frac{X_3}{10,00 \text{ cm}}$$

Logo,

$$\begin{aligned} \frac{\log(3) - 0}{1 - 0} &= \frac{X_3}{10,00 \text{ cm}} \\ \log(3) &= \frac{X_3}{10,00 \text{ cm}} \end{aligned}$$

Mas $\log(3)=0,477$,

$$\begin{aligned} X_3 &= \log(3) \cdot 10 \text{ cm} \\ X_3 &= 0,477 \cdot 10 \text{ cm} = 4,77 \text{ cm} \end{aligned}$$

Assim, teremos que:

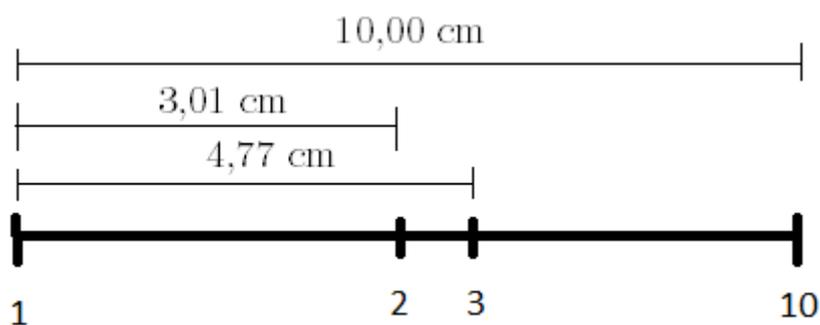


Figura 21: Construção de uma Escala Logarítmica - Posição do 3

Agora, iremos fazer a marcação dos outros algarismos de 4 a 9, analogamente ao feito para o 2 e 3.

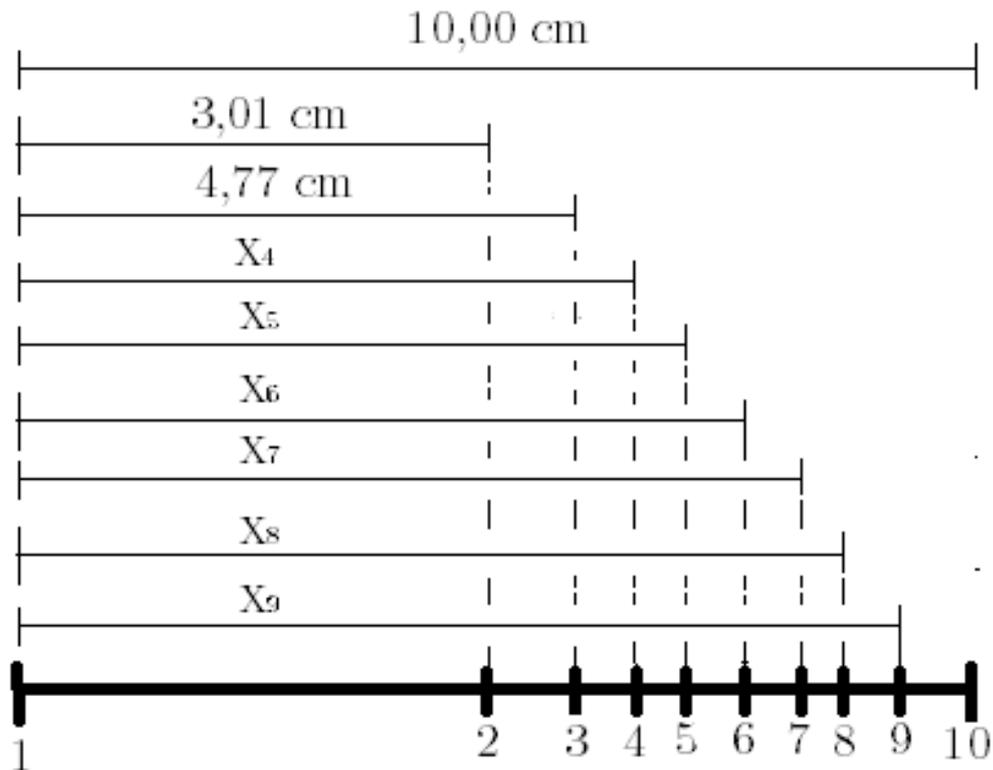


Figura 22: Construção de uma Escala Logarítmica - Posicionando os algarismos de 4 a 9

Para isso iremos determinar o valor de cada X_i em centímetros:

$$X_4 = \log(4) \cdot 10\text{cm} = 0,602 \cdot 10\text{cm} = 6,02 \text{ cm}$$

$$X_5 = \log(5) \cdot 10\text{cm} = 0,699 \cdot 10\text{cm} = 6,99 \text{ cm}$$

$$X_6 = \log(6) \cdot 10\text{cm} = 0,778 \cdot 10\text{cm} = 7,78 \text{ cm}$$

$$X_7 = \log(7) \cdot 10\text{cm} = 0,845 \cdot 10\text{cm} = 8,45 \text{ cm}$$

$$X_8 = \log(8) \cdot 10\text{cm} = 0,903 \cdot 10\text{cm} = 9,03 \text{ cm}$$

$$X_9 = \log(9) \cdot 10\text{cm} = 0,954 \cdot 10\text{cm} = 9,54 \text{ cm}$$

Assim, conhecendo as distancias de cada ponto ao 1, poderemos efetivamente construir a escala inteira, conforme segue na Figura 23:

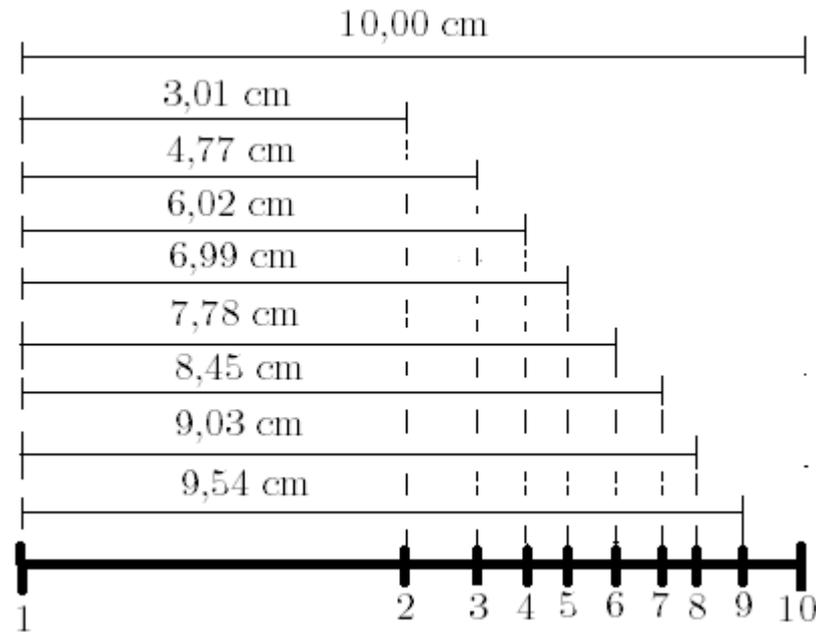


Figura 23: Construção de uma Escala Logarítmica - Escala completa

Notemos que após construir a escala, podemos utilizá-la para calcular o valor dos logaritmos na base 10. Por exemplo, o $\log(6) - \log(1)$ está para a distância do ponto 6 ao ponto 1, assim como $\log(10) - \log(1)$ está para a distância do ponto 10 ao ponto 1.

$$\frac{\log(6) - \log(1)}{\log(10) - \log(1)} = \frac{7,78\text{cm}}{10,00\text{cm}}$$

Daí,

$$\log(6) = \frac{7,78\text{cm}}{10,00\text{cm}} = 0,778$$

Agora onde estarão os pontos maiores que 10? Por exemplo o 20?

$$X_{20} = \log(20) \cdot 10\text{cm}$$

Mas,

$$\log(20) = \log(2 \cdot 10) = \log(2) + \log(10)$$

Então,

$$\begin{aligned} X_{20} &= [\log(2) + \log(10)] \cdot 10\text{cm} \\ X_{20} &= \log(2) \cdot 10\text{cm} + \log(10) \cdot 10\text{cm} \end{aligned}$$

Só que

$$\begin{aligned} X_2 &= \log(2) \cdot 10\text{cm} \\ X_{10} &= \log(10) \cdot 10\text{cm} \end{aligned}$$

Então,

$$X_{20} = X_2 + X_{10}$$

Ou seja, X_{20} é igual ao X_2 mais o X_{10} . Ou ainda, podemos dizer que a Distância do 20 ao 10 é igual a distância do 2 ao 1.

$$X_{20} - X_{10} = X_2$$

Isso ocorre porque,

$$\log(20) - \log(10) = \log\left(\frac{20}{10}\right) = \log\left(\frac{2}{1}\right) = \log(2) - \log(1)$$

O Mesmo acontecerá aos demais:

$$\begin{aligned} X_{30} - X_{10} &= X_3 \\ X_{40} - X_{10} &= X_4 \\ &\dots \\ X_{90} - X_{10} &= X_9 \\ X_{100} - X_{10} &= X_{10} \end{aligned}$$

Ou seja, o padrão irá se repetir a cada potência de 10. Cada ciclo será chamado de década.

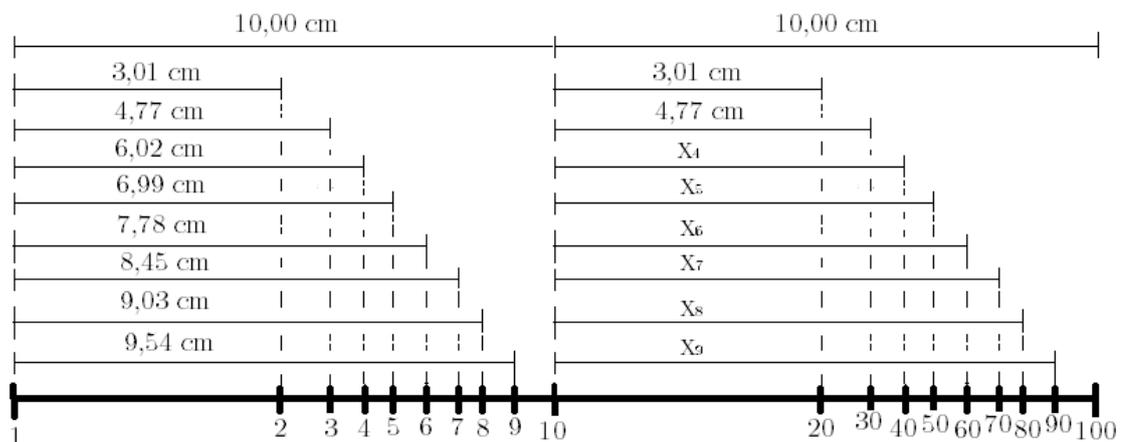


Figura 24: Escala Logarítmica com Duas Décadas

8.4.4.2. Passo a Passo Para Construção de Um Gráfico em Papel MonoLog

Assim, na construção de um Gráfico utilizando o papel MonoLog vamos seguir os seguintes passos:

- 1) **Determinar quais grandezas serão representadas em cada eixo.**
Devemos linearizar a equação e determinar qual eixo usará a escala logarítmica. No lugar de calcular o logaritmo da variável e representá-lo, usaremos o próprio valor da variável no eixo logarítmico.
- 2) **Determinar o valor de cada divisão nos eixos.** No Papel Monolog temos um eixo linear (semelhante aos do papel quadriculado) e outro eixo logarítmico. O tamanho de cada divisão no eixo linear segue o mesmo procedimento do visto no tópico 8.4.3.1. Já para o eixo logarítmico deveremos colocar em notação científica o menor e maior valor que iremos representar. A seguir, iremos escolher o maior número múltiplo de 10 que seja menor que o menor valor a ser representado. E identificar a menor potência de 10 que seja maior que o maior número a ser representado. Estas duas potências de 10 serão o primeiro e o último número a serem representados na escala logarítmica. É necessário certificar-se que o número de décadas disponíveis no papel será suficiente para a representação de todos os valores da tabela.
- 3) **Fazer a indicação da escala que será utilizada em cada eixo.** Após determinar o valor de cada divisão do eixo milimetrado, devemos marcar o valor das divisões no gráfico. Essa marcação não deve ser feita em todas as divisões, mas de 3 em 3, ou de 5 em 5 divisões. A ideia é criar referências para que a leitura seja ágil e confortável. Para o eixo logarítmico, deveremos marcar todas as potências de 10.
- 4) **Representar os nomes e unidades das grandezas dos eixos.** Por exemplo, se estivermos fazendo um gráfico da velocidade em função do tempo, deve-se representar próximo ao eixo vertical “ v (m/s)” e próximo ao eixo horizontal “ t (s)”.
- 5) **Atribuir um título ao gráfico que explique quais informações serão disponibilizadas no gráfico.**
- 6) **Representar, finalmente, no gráfico os pontos com os dados da tabela.**

8.4.4.3. Exemplo de Construção de um Gráfico Usando Papel MonoLog

Agora que sabemos como funciona uma escala logarítmica, podemos utilizar o papel Monolog. Este papel terá um eixo com escala logarítmica e o outro eixo será igualmente espaçado como acontecia nos dois eixos do papel milimetrado (ou quadriculado), conforme ilustrado na figura a seguir.

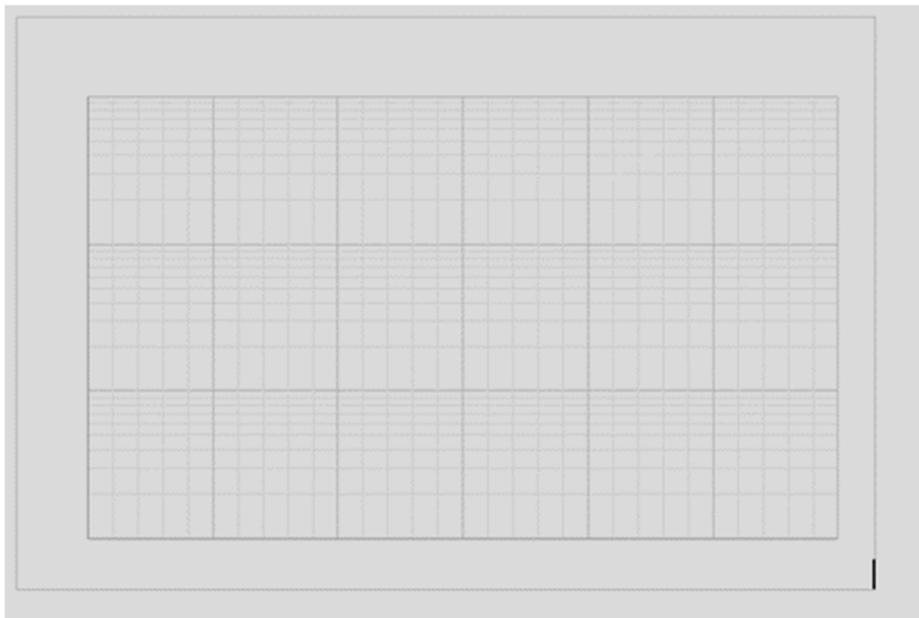


Figura 25: Exemplo de Papel Monolog

Imaginemos que tenhamos os seguintes dados experimentais que relacionam as grandezas U e t .

Tabela 26: Grandezas Hipotéticas U e t

t	U
1,0	4,4
1,5	8,4
2,0	16,2
2,5	30,9
3,0	59,3
3,5	113,6
4,0	217,5
4,5	416,7
5,0	798,2

A equação que relaciona estas duas grandezas é $U = U_0 \cdot e^{k \cdot t}$. **Queremos encontrar os valores de U_0 e k .** Para isso, iremos aplicar o log em ambos os lados da equação para chegarmos numa equação de uma reta:

$$\underbrace{\log(U)}_y = \underbrace{\log(U_0)}_b + \underbrace{k \cdot \log(e)}_a \cdot \underbrace{t}_x$$

Percebemos que o coeficiente angular será igual ao produto de k pelo $\log(e)$ e o coeficiente linear será o $\log(U_0)$. Devemos perceber que o log será aplicado apenas em U . Então iremos representar no eixo logarítmico a grandeza U .

Eixo logarítmico:

Menor valor: $4,4 \Rightarrow 10^0 < 4,4 < 10^1 \Rightarrow$ Potência de 10 mínima: 10^0

Maior Valor: $798,2 \Rightarrow 10^2 < 798,2 < 10^3 \Rightarrow$ Potência de 10 máxima: 10^3

$$10^0 < 4,4 < 798,2 < 10^3$$

Assim, representaremos no eixo logarítmico os valores que irão desde 1 até 10^3 , conforme segue na ilustração a seguir

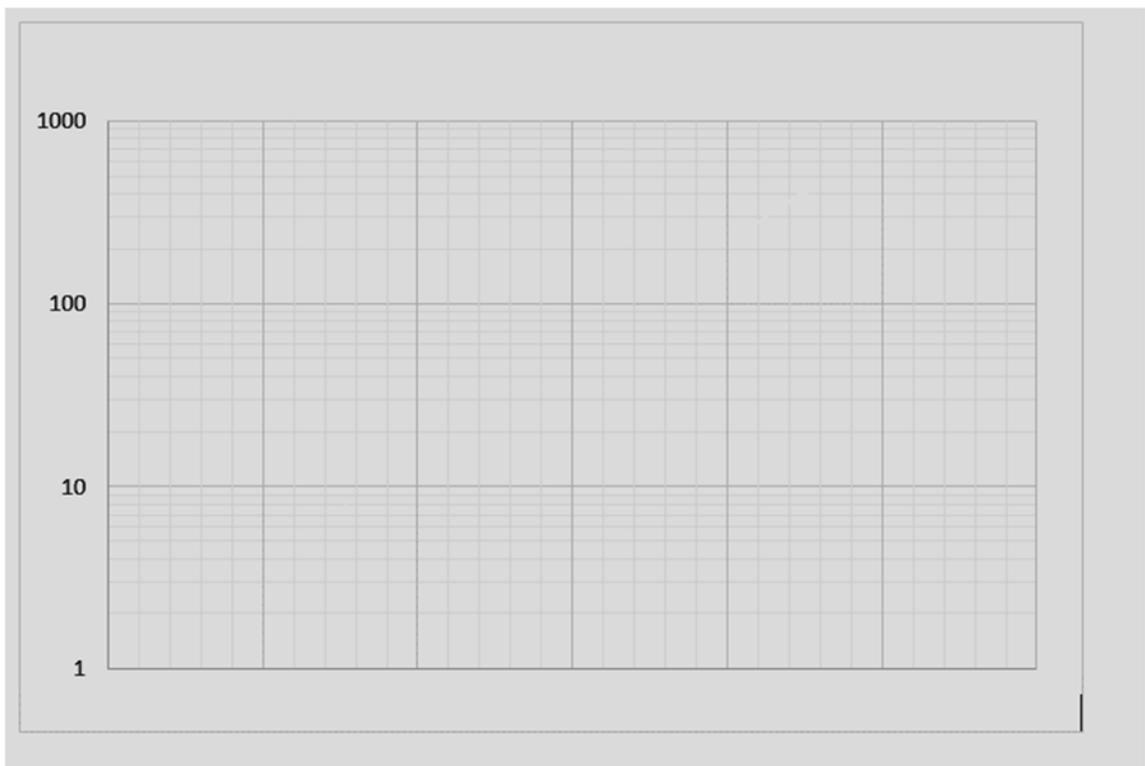


Figura 26: Preenchimento do Eixo Logarítmico no Papel Monolog

Agora iremos preencher o eixo horizontal, para isso devemos determinar o valor de cada divisão. Observemos que temos 30 divisões no eixo horizontal.

Maior valor: 5,0

Menor valor: 1,0

Menor valor possível para cada divisão: $\frac{5,0-1,0}{30} = \frac{4,0}{30} = 0,13$

O valor encontrado para a menor divisão já até poderia ser considerado como um número redondo, mas sempre que possível iremos escolher um número que tenha apenas um algarismo significativo ou que o último algarismo seja 0 ou 5. Assim, o valor adotado para cada divisão deverá ser maior que 0,13 e ter preferencialmente um algarismo significativo. Assim, usaremos o 0,2 para cada divisão horizontal. Nesse caso, como o menor valor está próximo de zero, iremos iniciar o eixo horizontal com zero. Assim, segue o eixo horizontal preenchido na Figura 27.

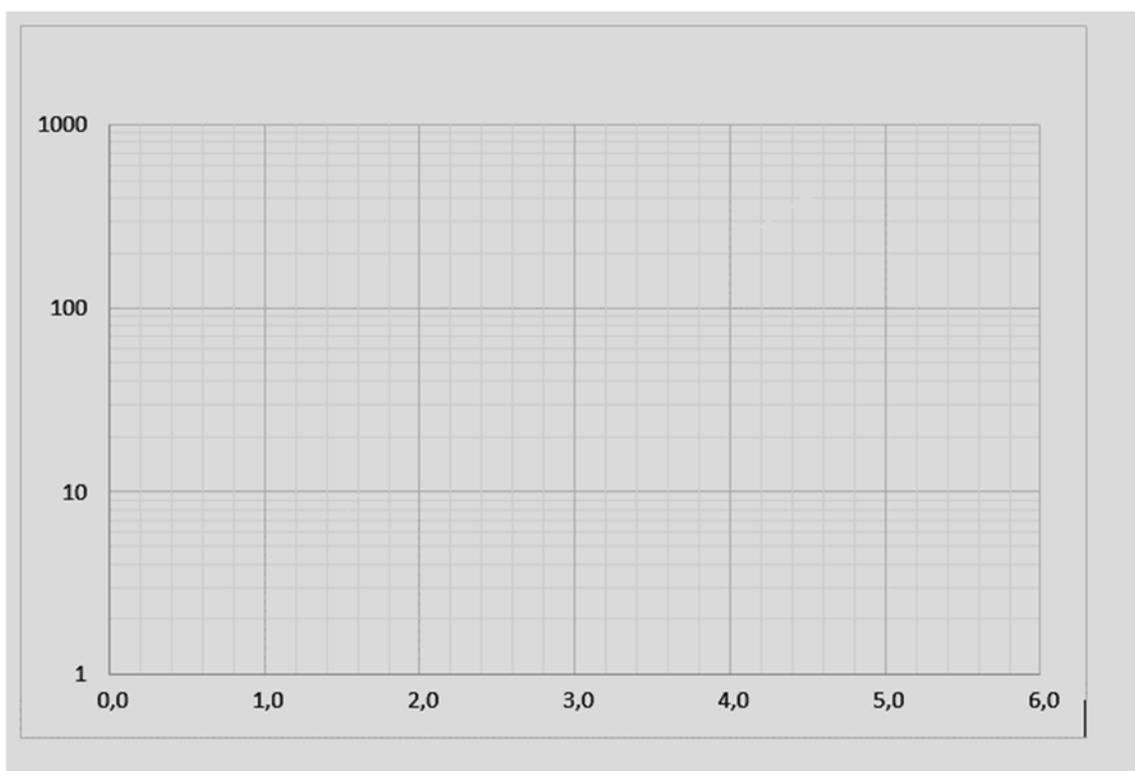


Figura 27: Preenchimento do eixo horizontal do Papel Monolog

Assim, após estabelecer as referências iremos representar os pontos, sabendo que devemos sempre buscar estimar a localização da forma mais cuidadosa possível. Lembremos que não é necessário representar os valores de cada ponto pois estas

informações estão disponíveis na tabela. Assim, segue o gráfico com os pontos representados.

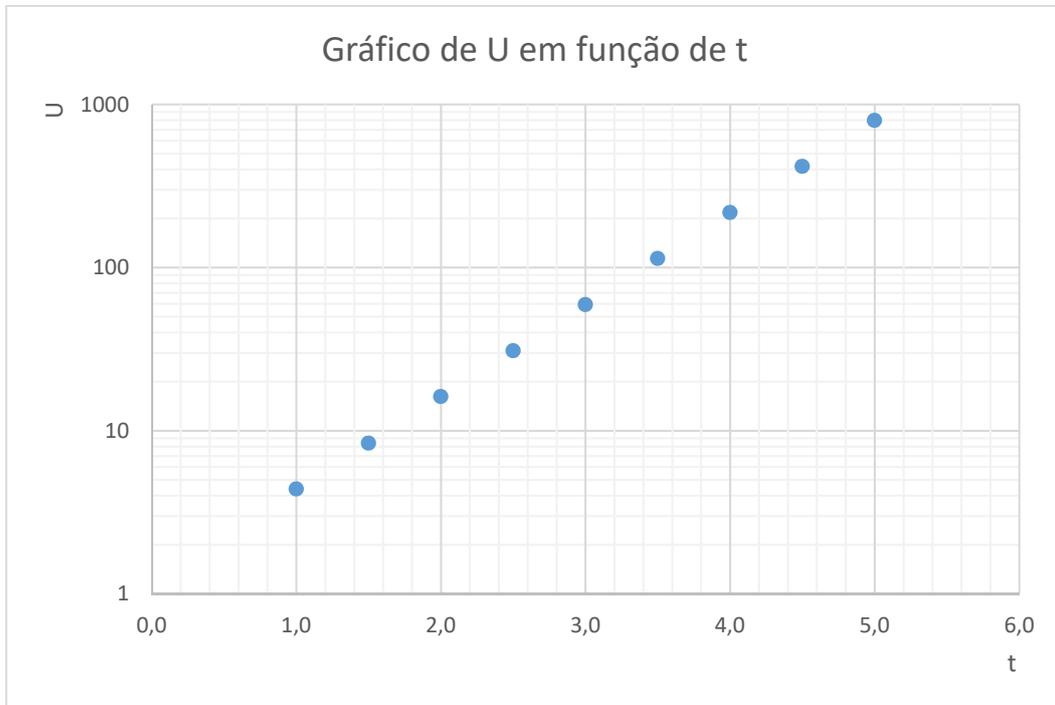


Gráfico 22: Exemplo de Construção de Gráfico com Papel Monolog

Podemos observar que conforme esperávamos o gráfico obtido teve o comportamento linear. Caso tivéssemos feito o gráfico no papel milimetrado, teríamos obtido a seguinte curva:

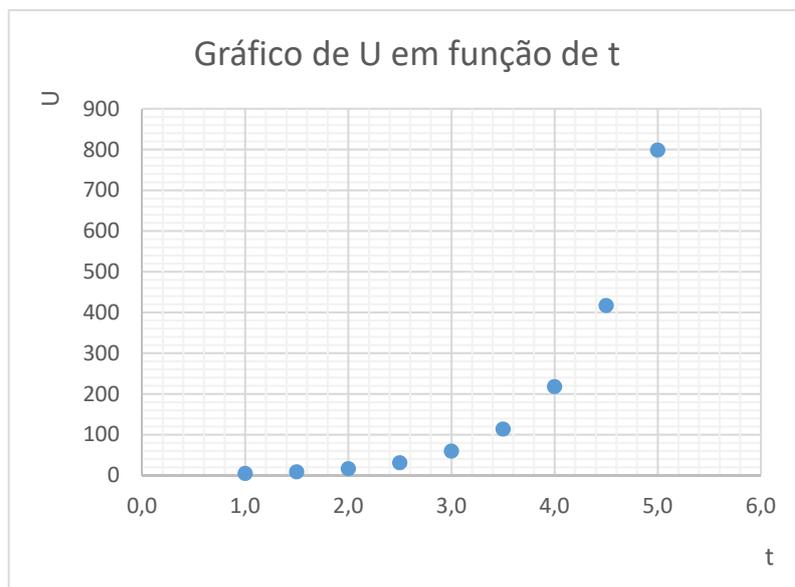


Gráfico 23: Curva Exponencial de U em função de t

Também poderíamos ter criado uma coluna adicional com os valores do logaritmo de U. E feito o gráfico de $\log(u)$ em função de t. Conforme podemos observar, também obteríamos uma reta, mas a custo de calcular individualmente os valor de $\log(U)$ de cada linha da tabela.

Tabela 27: Construção de uma coluna adicional para linearizar uma equação

t	U	$\log(U)$
1,0	4,4	0,6
1,5	8,4	0,9
2,0	16,2	1,2
2,5	30,9	1,5
3,0	59,3	1,8
3,5	113,6	2,1
4,0	217,5	2,3
4,5	416,7	2,6
5,0	798,2	2,9

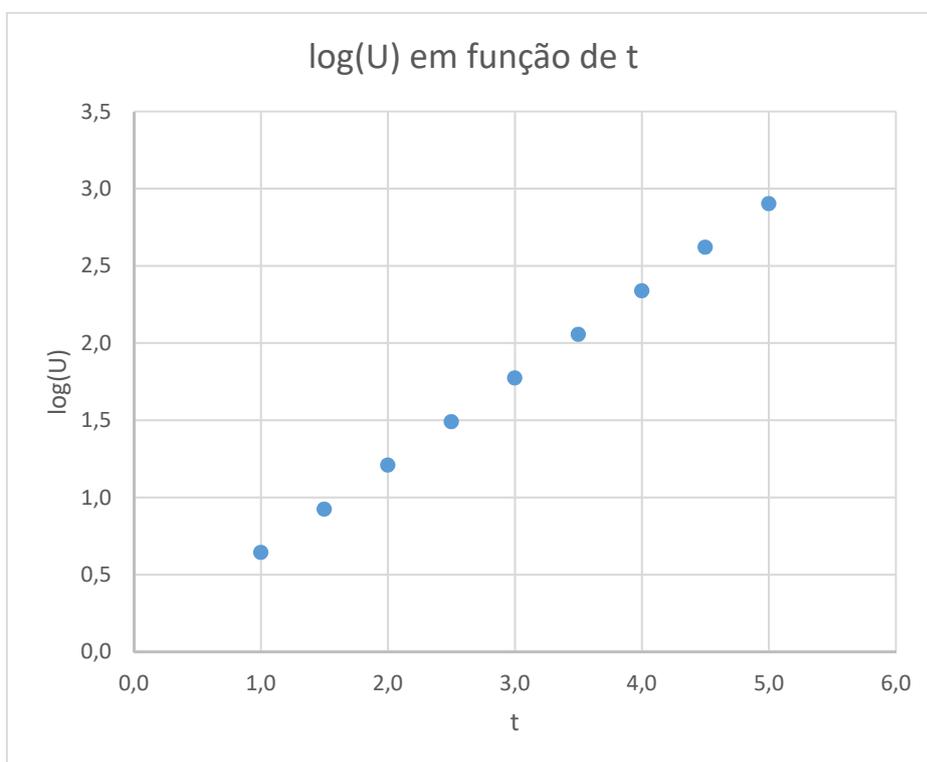


Gráfico 24: Alternativa para Não Utilizar Papel Monolog

8.4.5. Gráfico em Papel LogLog ou DiLog

Vimos que em funções exponenciais podemos linearizar a equação de modo que apenas um dos eixos usará a escala logarítmica. Veremos agora que funções polinomiais também poderão usar escalas logarítmicas. Por exemplo, na equação do MUV, conforme vimos no Tópico 8.4.2 (Linearização de Equações), poderíamos criar uma coluna adicional com os valores de t^2 para obtermos uma reta. Mas agora, veremos uma outra alternativa. A equação de um corpo que a partir da origem parte do repouso e com aceleração constante é:

$$S = \frac{a}{2} t^2$$

Se aplicarmos o **log** na equação, teremos:

$$\log(S) = \log\left(\frac{a}{2} t^2\right)$$

$$\log(S) = \log\left(\frac{a}{2}\right) + \log(t^2)$$

$$\log(S) = \log\left(\frac{a}{2}\right) + 2 \log(t)$$

Assim, percebemos que obteremos a equação de uma reta onde deveremos usar a escala logarítmica tanto para S quanto para o t:

$$\underbrace{\log(S)}_y = \underbrace{\log\left(\frac{a}{2}\right)}_b + \frac{2}{a} \underbrace{\log(t)}_x$$

O procedimento é muito parecido com o que fizemos no Papel Monolog, só que agora os dois eixos utilizarão a escala logarítmica.

Temos a seguir a tabela com os dados que iremos representar no Gráfico.

Tabela 28: Posição Escalar em função do tempo de um corpo em MUV partindo do repouso

S ($\cdot 10^{-1}\text{m}$)	t (s)
1,50	1,00
6,00	2,00
13,50	3,00
24,00	4,00
37,50	5,00
54,00	6,00
73,50	7,00
96,00	8,00
121,50	9,00
150,00	10,00
337,50	15,00
600,00	20,00
937,50	25,00

Precisamos definir quantas décadas utilizaremos no eixo vertical e horizontal.

Eixo horizontal:

Menor valor: 1,00 $\Rightarrow 10^0 \leq 1,00 < 10^1 \Rightarrow$ potência mínima será 10^0

Maior valor: 25,00 $\Rightarrow 10^1 < 25,00 < 10^2 \Rightarrow$ potência máxima será 10^2

$$10^0 \leq 1,00 < 25,00 < 10^2$$

No Eixo horizontal teremos duas décadas ($2 - 0 = 2$). A primeira indo de 1 até 10, e a segunda indo de 10 até 100.

Eixo vertical:

Menor valor: 1,50 $\Rightarrow 10^0 < 1,50 < 10^1 \Rightarrow$ potência mínima será 10^0

Maior valor: 937,50 $\Rightarrow 10^2 < 937,50 < 10^3 \Rightarrow$ potência máxima será 10^3

$$10^0 < 1,50 < 937,50 < 10^3$$

No Eixo vertical teremos três décadas ($3 - 0 = 3$). A primeira indo de 1 até 10, a segunda indo de 10 até 100, e a terceira indo de 100 até 1000.

Assim, iremos preencher os eixos conforme mostrado na Figura 28:

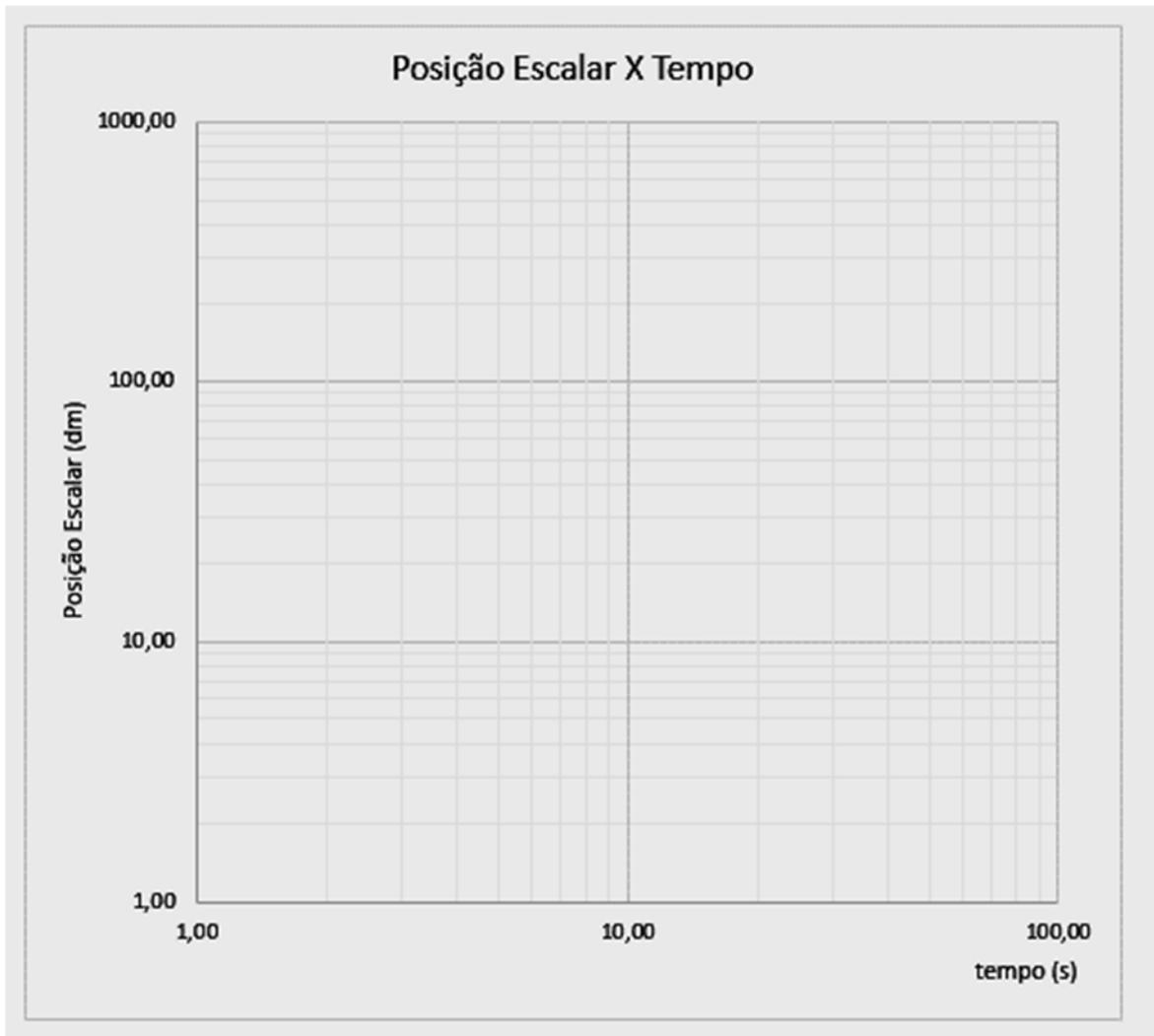


Figura 28: Preenchimento dos Eixos no Papel Dilog

Por fim, iremos representar os pontos a partir dos dados da Tabela 28.

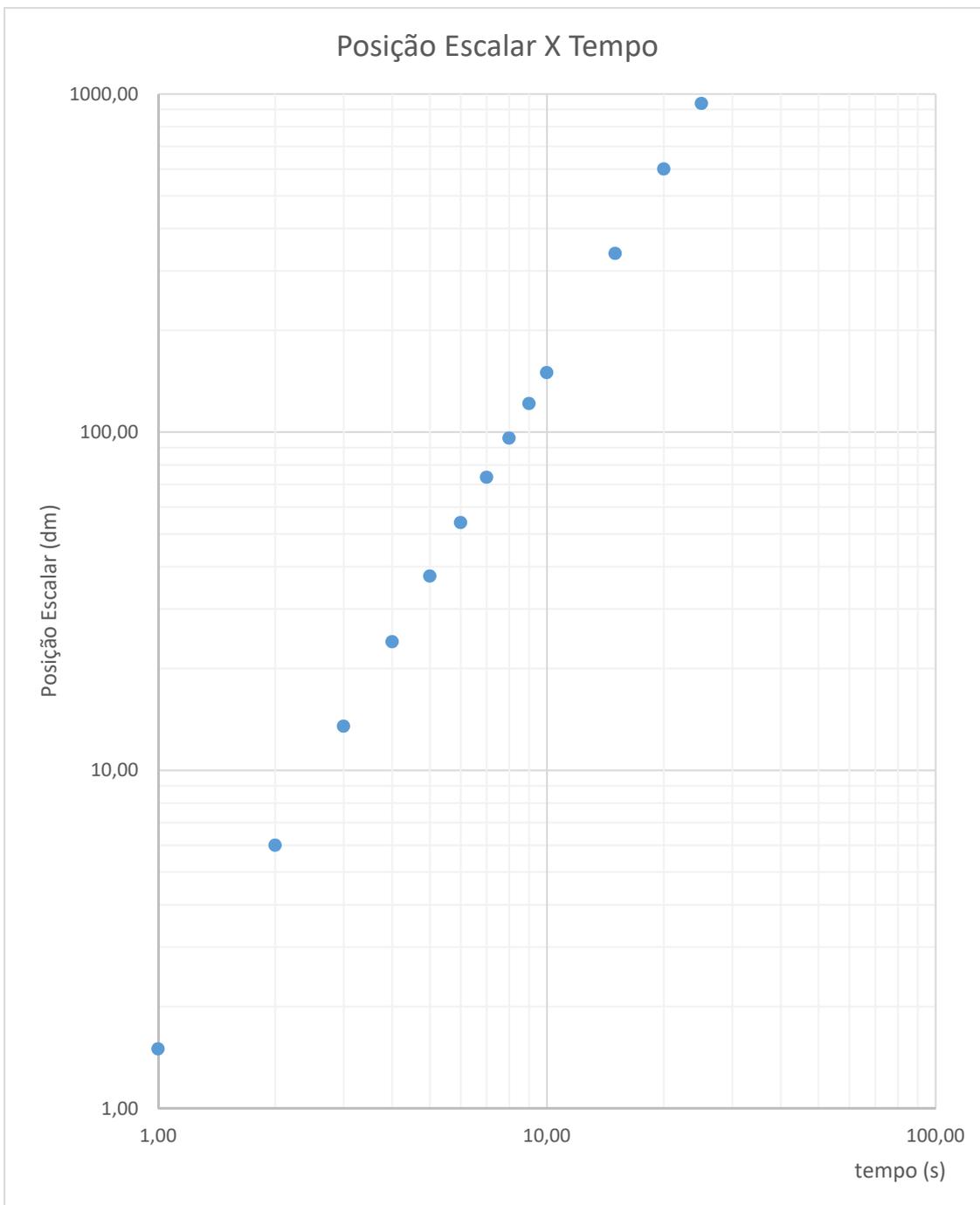


Gráfico 25: Posição em função do tempo de um MUV em papel Dilog

Também podemos perceber que se não tivéssemos utilizado a escala logarítmica, teríamos uma parábola conforme podemos ver no Gráfico 26:

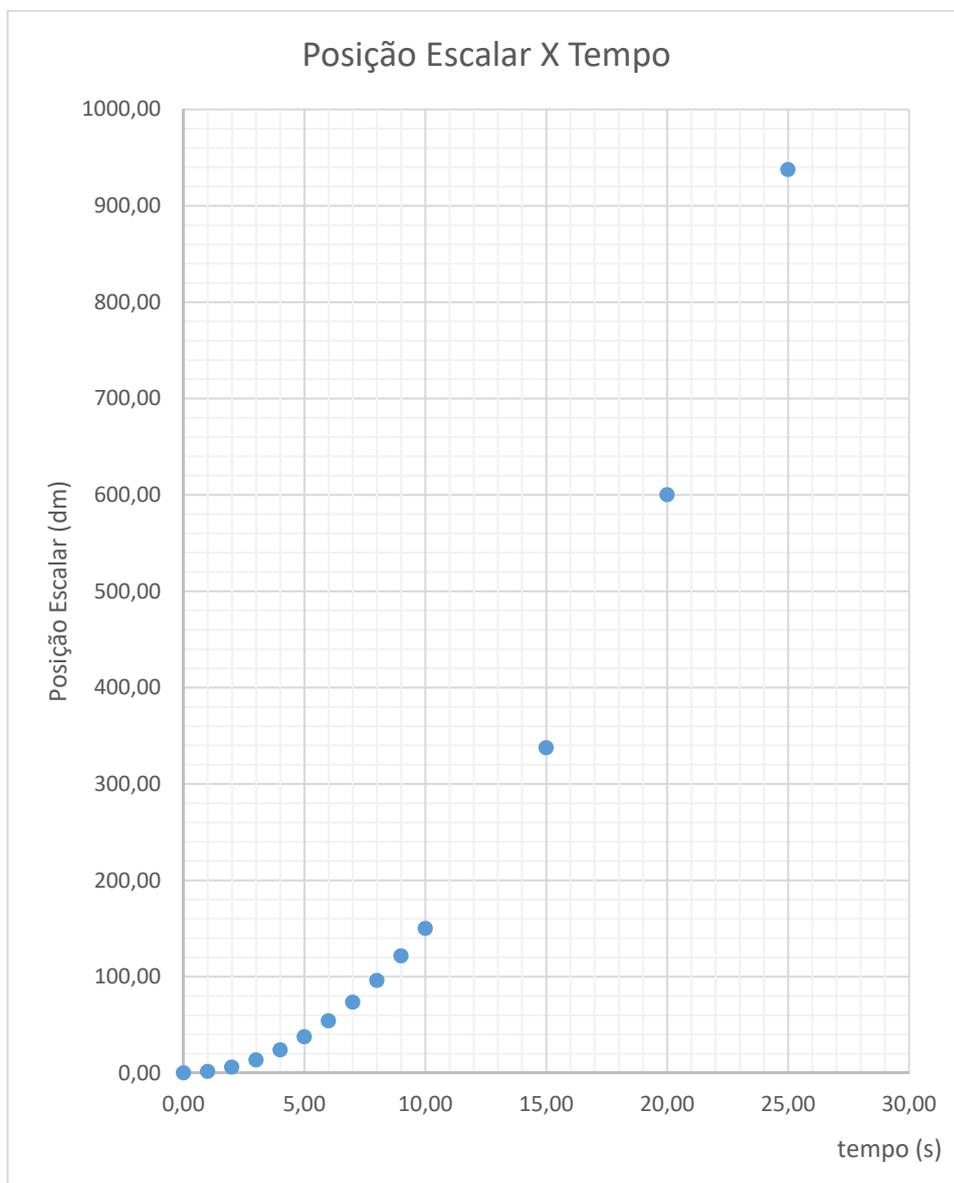


Gráfico 26: Posição em função do tempo de um MUV em papel quadriculado - Parábola

8.5. O Quarto Passo: Análise dos Dados

Em algumas provas experimentais o objetivo é apenas analisar qualitativamente o comportamento de uma grandeza, e esta análise geralmente é feita através da construção do gráfico que conterá a curva que representa o comportamento a ser analisado.

Porém, em outros tipos de provas, o objetivo será determinar o valor de alguma grandeza. Por exemplo, podemos estudar um movimento uniformemente variado (MUV) apenas para nos certificar que o gráfico da Posição escalar em função do tempo terá o formato de parábola. Mas por outro lado, podemos estudar o MUV com o objetivo de calcular a sua aceleração. E nesse caso além da construção do gráfico teremos que efetuar a análise dos dados para encontrarmos o valor da grandeza que deve ser determinada.

Agora iremos abordar dois exemplos de duas formas diferentes. A primeira forma será pela média aritmética e a segunda será utilizando os conceitos de regressão linear. Os exemplos que abordaremos serão:

- 1) Determinação da constante elástica de uma mola
- 2) Determinação da aceleração de um móvel que parte do repouso com aceleração constante.

8.5.1. Determinação de uma Grandeza Pela Média Aritmética

8.5.1.1. Determinação da Constante Elástica de uma Mola

O problema a ser analisado aqui é o mesmo do Tópico 8.4.3.2 (Página 202), quando utilizamos este problema para ilustrar a construção de um gráfico utilizando o Papel Milimetrado. Lembremos que neste experimento nós variamos os pesos que estavam pendurados na mola, e medimos para cada configuração o comprimento total da mola. Os dados obtidos estão na Tabela 29: Força elástica em uma mola em função do seu comprimento total.

Tabela 29: Força elástica em uma mola em função do seu comprimento total

Massa	Peso (N)	Comprimento da Mola (cm) ± 0,05
m	0,100 ± 0,003	8,45
2m	0,201 ± 0,005	9,15
3m	0,301 ± 0,007	9,80
4m	0,402 ± 0,009	10,60
5m	0,50 ± 0,01	11,00
6m	0,60 ± 0,01	11,90
7m	0,70 ± 0,02	12,20
8m	0,80 ± 0,02	13,10
9m	0,90 ± 0,02	13,65

Como as massas estarão em equilíbrio, o Peso será igual a Força Elástica. Sabemos que:

$$F_{el} = k \cdot \Delta x$$

Onde o Δx é a deformação sofrida pela mola, ou seja, é a diferença entre o comprimento final(x) e o comprimento natural(x_0).

$$F_{el} = k \cdot (x - x_0)$$

Então, a ideia que usaremos é determinar o valor de K para cada ponto que coletamos. Ou seja, para cada força e comprimento da mola iremos calcular o valor de K . Como provavelmente iremos encontrar valores diferente para cada ponto, no fim, iremos determinar o $K_{médio}$ através da média aritmética dos K 's encontrados para cada par de Força e Deformação.

A primeira dificuldade dessa solução é que na tabela não temos o valor da deformação, mas sim o comprimento total da mola. Para contornarmos essa dificuldade podemos medir o comprimento natural da mola quando ela não estivesse deformada. Mas esse processo acarretará erros pois por ser uma mola não ideal, o comportamento dela quando não deformada foge mais da idealidade do que quando já está deformada. Ao medirmos o comprimento inicial da mola teremos que:

$$x_0 = (7,80 \pm 0,05)cm$$

Então, iremos construir uma coluna auxiliar com os valores de deformação de cada comprimento. A deformação Δx será calculada pela diferença entre o comprimento (x) e o comprimento natural (x_0).

Tabela 30: Cálculo da deformação para cada comprimento total da mola

$F_{el}(N)$	x (cm) $\pm 0,05$	Δx (cm) $\pm 0,1$
$0,100 \pm 0,003$	8,45	0,7
$0,201 \pm 0,005$	9,15	1,4
$0,301 \pm 0,007$	9,80	2,0
$0,402 \pm 0,009$	10,60	2,8
$0,50 \pm 0,01$	11,00	3,2
$0,60 \pm 0,01$	11,90	4,1
$0,70 \pm 0,02$	12,20	4,4
$0,80 \pm 0,02$	13,10	5,3
$0,90 \pm 0,02$	13,65	5,9

Notemos que o erro da deformação é a soma dos erros do comprimento da mola e do comprimento natural. Também devemos perceber que as deformações que calculamos foram aproximadas para que ao último algarismo esteja na mesma casa décima do erro calculado.

Agora iremos calcular cada K para cada linha da tabela acima usando a equação:

$$k = \frac{F_{el}}{\Delta x}$$

Também faremos a estimativa do erro do K , usando a regra da divisão para a propagação de erros (tópico 8.3.6.1):

$$\frac{\Delta K}{\bar{K}} = \frac{\Delta F_{el}}{\bar{F}_{el}} + \frac{\Delta x}{\bar{x}}$$

Os resultados estão na Tabela 31: Cálculo da Constante Elástica para Cada Linha da Tabela.

Tabela 31: Cálculo da Constante Elástica para Cada Linha da Tabela

$F_{el}(N)$	x (cm) $\pm 0,05$	Δx (cm) $\pm 0,1$	K (N/cm)
$0,100 \pm 0,003$	8,45	0,7	$0,14 \pm 0,02$
$0,201 \pm 0,005$	9,15	1,4	$0,14 \pm 0,01$
$0,301 \pm 0,007$	9,80	2,0	$0,15 \pm 0,01$
$0,402 \pm 0,009$	10,60	2,8	$0,144 \pm 0,008$
$0,50 \pm 0,01$	11,00	3,2	$0,156 \pm 0,008$
$0,60 \pm 0,01$	11,90	4,1	$0,146 \pm 0,006$
$0,70 \pm 0,02$	12,20	4,4	$0,159 \pm 0,008$
$0,80 \pm 0,02$	13,10	5,3	$0,151 \pm 0,007$
$0,90 \pm 0,02$	13,65	5,9	$0,153 \pm 0,006$

Agora iremos calcular o $K_{médio}$:

$$K_{médio} = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7 + K_8 + K_9}{9}$$

$$K_{médio} = \frac{(\bar{K}_1 \pm \Delta K_1) + (\bar{K}_2 \pm \Delta K_2) + (\bar{K}_3 \pm \Delta K_3) + \dots + (\bar{K}_8 \pm \Delta K_8) + (\bar{K}_9 \pm \Delta K_9)}{9}$$

$$K_{médio} = \underbrace{\frac{\bar{K}_1 + \bar{K}_2 + \bar{K}_3 + \dots + \bar{K}_8 + \bar{K}_9}{9}}_{\bar{K}_{médio}} + \underbrace{\frac{\Delta K_1 + \Delta K_2 + \Delta K_3 + \dots + \Delta K_8 + \Delta K_9}{9}}_{\Delta K_{médio}}$$

$$\bar{K}_{médio} = \frac{0,14 + 0,14 + 0,15 + 0,144 + 0,156 + 0,146 + 0,159 + 0,151 + 0,153}{9} = 0,15$$

$$\Delta K = \frac{0,02 + 0,01 + 0,01 + 0,008 + 0,008 + 0,006 + 0,008 + 0,007 + 0,006}{9} = 0,01$$

Então, temos que: $K = (0,15 \pm 0,01) N/cm$

Podemos perceber que o método que acabamos de aplicar é bastante custoso, uma vez que teremos que efetuar os cálculos individualmente para cada ponto coletado. Em algumas situações teremos mais de 50 pontos coletados, e nessas situações este método além de não ser o mais preciso se tornaria inviável devido ao tempo limitado para a realização de uma prova experimental. Essa é a grande desvantagem desse método. Por isso iremos mostrar o segundo método que usará a regressão linear. Mas é importante ressaltar que quando tivermos uma pequena quantidade de pontos este método será aceitável. Antes de estudarmos o segundo método, vamos aplicar o primeiro método em um outro exemplo: MUV.

8.5.1.2. Determinação da aceleração de um móvel que parte do repouso com aceleração constante

Sabemos que um corpo que parte do repouso e da origem com aceleração constante estará em Movimento Uniformemente Variado (MUV) e que a equação da posição escalar em função do tempo será:

$$S(t) = \frac{a}{2} \cdot t^2$$

Os dados coletados para a posição em função do tempo estão apresentados na tabela a seguir:

Tabela 32: MUV - Posição em Função do Tempo

S (cm)	t (s)
1,50	1,00
6,20	2,00
13,20	3,00
24,50	4,00
36,70	5,00
55,00	6,00
74,00	7,00
94,00	8,00

Como o nosso objetivo é calcular a aceleração, iremos calcular a aceleração que cada ponto irá fornecer, e a seguir criar uma coluna adicional com estes valores. Então:

$$S(t) = \frac{a}{2} \cdot t^2 \Rightarrow a = \frac{2 \cdot S}{t^2}$$

Por exemplo, para a primeira linha da tabela (primeiro ponto):

$$a = \frac{2.S}{t^2} = \frac{2.1,50}{1,00^2} = 3,00$$

De modo análogo, calcularemos cada valor e o representaremos na tabela a seguir:

S (cm)	t (s)	a(cm/s ²)
1,50	1,00	3,00
6,20	2,00	3,10
13,20	3,00	2,93
24,50	4,00	3,06
36,70	5,00	2,94
55,00	6,00	3,06
74,00	7,00	3,02
94,00	8,00	2,94

Notemos que como os tempos estão representados com 3 algarismos significativos e eles sempre são os mais pobres da equação, as acelerações também terão três algarismos significativos.

Agora iremos calcular a aceleração média ($a_{\text{média}}$):

$$a_{\text{média}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7 + a_8}{9}$$

$$a_{\text{média}} = \frac{3,00 + 3,10 + 2,93 + 3,06 + 2,94 + 3,06 + 3,02 + 2,94}{9} = 3,01$$

Então, temos que: $a = 3,01 \text{ cm/s}^2$

8.5.2. Determinação de uma Grandeza pela Regressão Linear

Em linhas gerais, o primeiro passo para utilizarmos a regressão linear na determinação de grandezas físicas é efetuar a linearização da equação que relaciona os dados disponíveis. Essa linearização deve ser feita conforme vimos no Tópico 8.4.2 (Linearização de Equações).

Com a equação linearizada poderemos obter informações dos coeficientes angular e linear da reta. A grandeza que deve ser determinada deverá ser obtida a partir dessas informações.

E o que seria a regressão linear? O primeiro passo da regressão linear é determinar a equação da reta teórica que estamos buscando, conforme acabamos de afirmar. O segundo passo é encontrar a melhor reta a partir dos dados coletados, pois nem sempre os pontos coletados estarão perfeitamente alinhados.

A melhor reta será aquela que minimizará a diferença entre o valor observado e o valor teórico que a reta fornecerá. Ou seja, a melhor reta será aquela que minimizará a soma dos quadrados das distâncias verticais dos pontos à reta ($S = (d_1)^2 + (d_2)^2 + (d_3)^2 + \dots$). Essas distâncias estão ilustradas como d_1 e d_2 na **Figura 29: Esboço da Escolha da Melhor Reta para a regressão linear**, que é mostrada logo em seguida. Essa figura apresenta alguns pontos experimentais e também já representa o esboço do que seria a melhor reta.

Para determinar esta reta temos dois caminhos:

- 1) Podemos traçar manualmente, tentando escolher intuitivamente a reta que minimizaria todas as distâncias d_i dos pontos à reta. Sabemos que esta reta não precisa passar pelos pontos, mas preferencialmente deve passar pelo meio dos pontos e sempre de forma balanceada: com quantidade parecidas de pontos de cada lado.
- 2) Ou poderemos usar o método dos mínimos quadrados. Esse método é um modelo matemático que prevê qual a melhor reta para um conhecido conjunto de dados, já usando o fato que essa reta será a que minimizará a soma $S = (d_1)^2 + (d_2)^2 + (d_3)^2 + \dots$. Esse método quando feito manualmente é custoso pois exigirá que sejam feitos vários cálculos. Mas felizmente algumas calculadoras científicas já fazem este cálculo mais facilmente, bastando o usuário inserir os dados uma única vez.

Nos próximos exemplos aplicaremos o uso do método 1, ou seja, determinaremos a melhor reta de forma qualitativa.

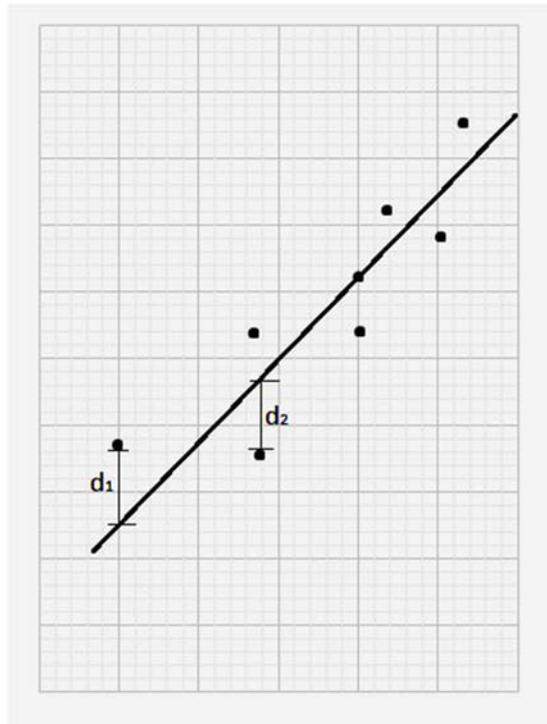


Figura 29: Esboço da Escolha da Melhor Reta para a regressão linear

8.5.2.1. Determinação da Constante Elástica de uma Mola

Iremos analisar o mesmo problema do Tópico 8.5.1.1, só que agora utilizaremos o método da regressão linear para determinar a constante elástica K.

A primeira vantagem da regressão linear é que não precisaremos medir o comprimento natural da mola não deformada, pois essa será uma informação que a própria regressão linear irá fornecer. Usaremos a equação:

$$F_{el} = k.(x - x_0)$$

Linearizando, temos que:

$$\underbrace{F_{el}}_y = \underbrace{k}_a \cdot \underbrace{x}_x + \underbrace{(-k \cdot x_0)}_b$$

Assim, podemos perceber que o coeficiente angular (a) da melhor reta nos fornecerá o K da mola e que, em seguida, com o coeficiente linear (b) poderemos calcular o comprimento natural da mola (x_0).

A segunda vantagem é que não será necessário fazer cálculo para cada ponto, pois a melhor reta já leva em consideração todos os pontos.

Temos abaixo a Tabela 33 com a Força elástica em função do comprimento da mola.

Tabela 33: Força Elástica em função do comprimento da mola

$F_{el}(N)$	x (cm) $\pm 0,05$
$0,100 \pm 0,003$	8,45
$0,201 \pm 0,005$	9,15
$0,301 \pm 0,007$	9,80
$0,402 \pm 0,009$	10,60
$0,50 \pm 0,01$	11,00
$0,60 \pm 0,01$	11,90
$0,70 \pm 0,02$	12,20
$0,80 \pm 0,02$	13,10
$0,90 \pm 0,02$	13,65

Iremos primeiramente construir o gráfico em papel quadriculado da força em função do comprimento da mola, da mesma forma que foi feito no Tópico 8.4.3.2.

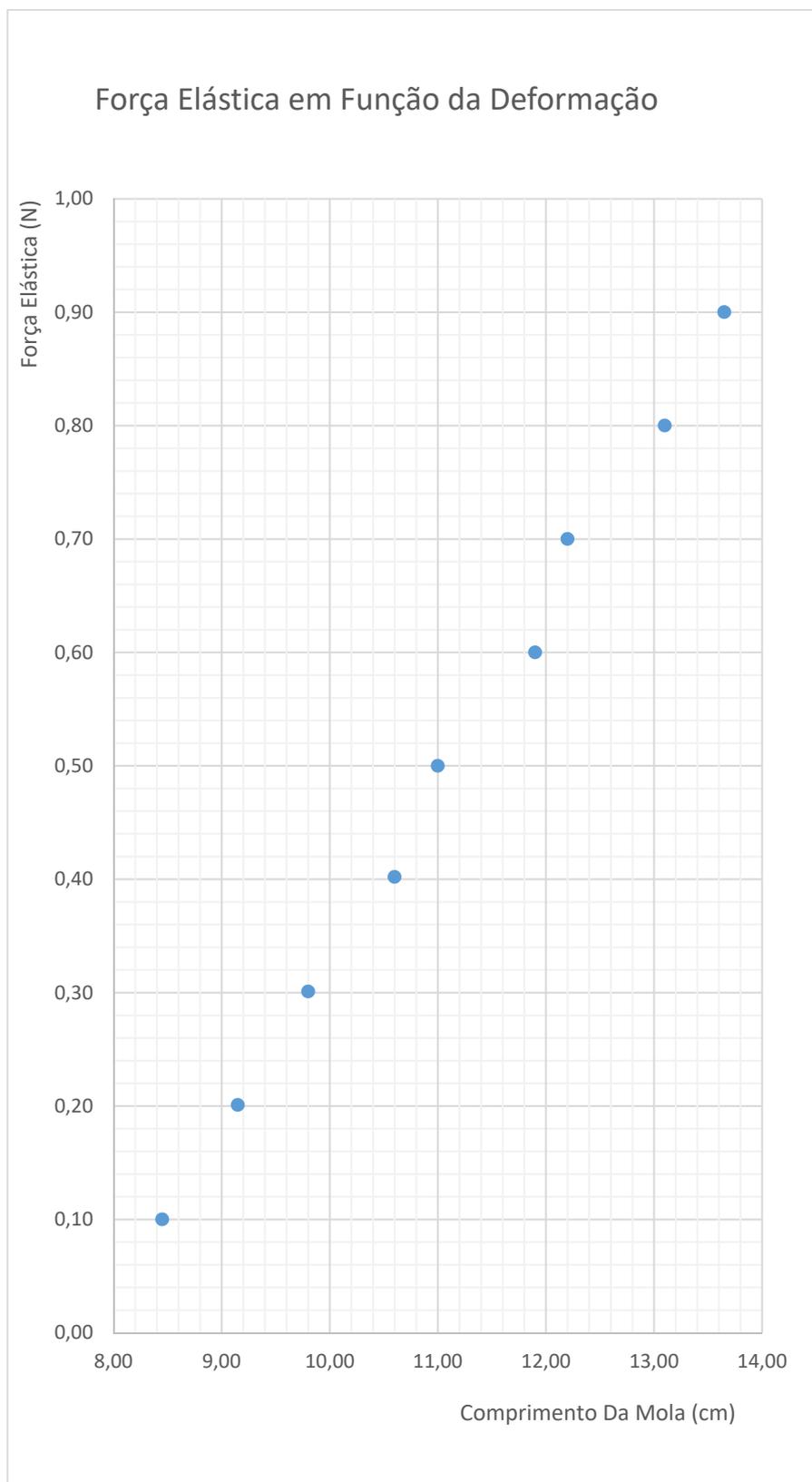


Gráfico 27: Força elástica em função do comprimento total da mola

Agora, precisamos traçar a melhor reta e nesse caso podemos perceber que felizmente os pontos estão bem alinhados.

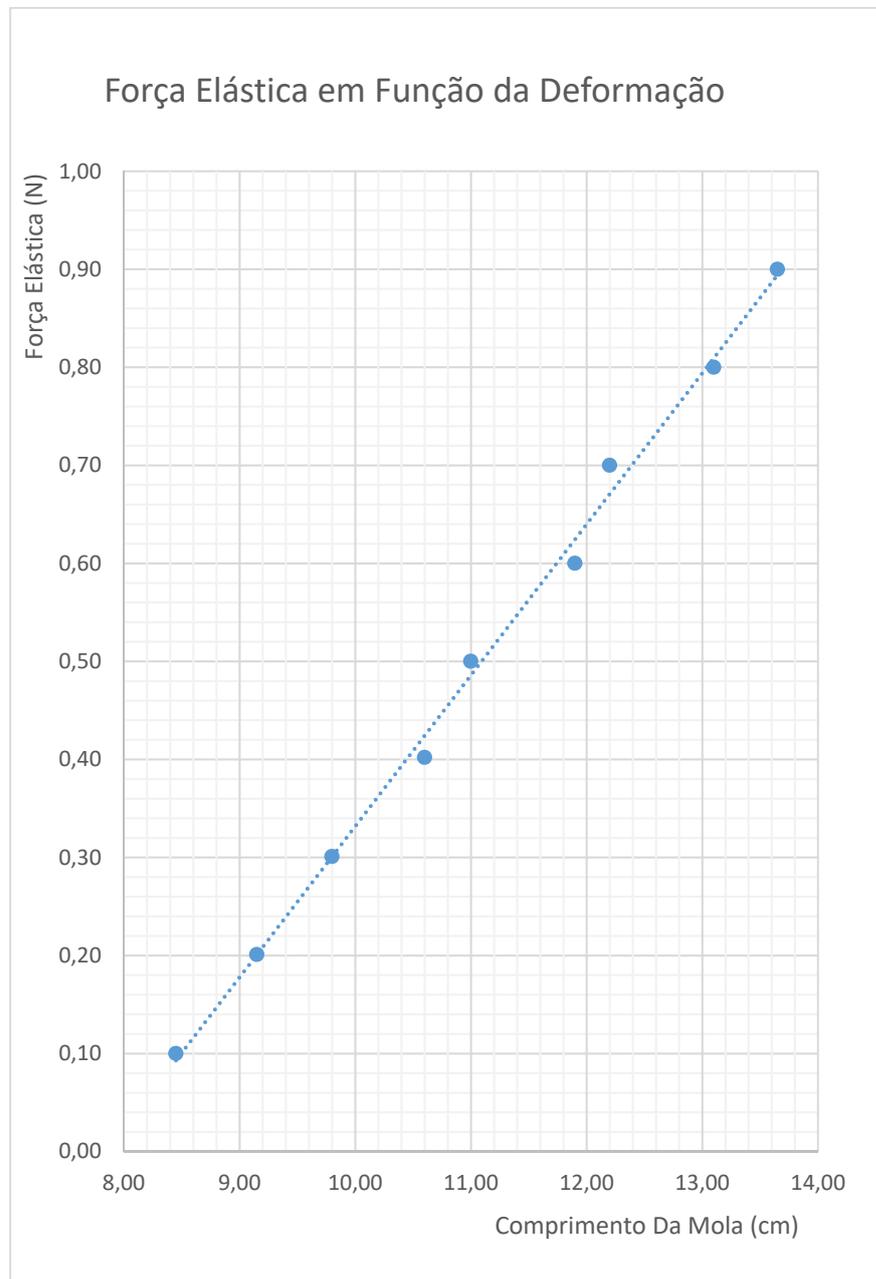


Gráfico 28: Melhor Reta para a Regressão Linear – Determinação da Constante Elástica

Agora devemos escolher dois pontos da melhor reta que acabamos de traçar para determinar a equação. Notemos que estes pontos não precisam ser pontos experimentais observados e coletados, porém eles precisam estar necessariamente em cima da reta.

Primeiro, escolhemos o ponto cujo F é igual a 0,70, e vamos identificar o respectivo x :

$$F_A=0,70 \text{ N} \Rightarrow X_A=12,40 \text{ cm (Ponto A)}$$

A seguir, iremos identificar o x do ponto cujo F seja igual a 0,30 N:

$$F_B=0,30 \text{ N} \Rightarrow X_B=9,80 \text{ cm (ponto B)}$$

Agora podemos determinar a equação da reta:

$$\frac{F - F_B}{F_A - F_B} = \frac{x - X_B}{X_A - X_B}$$

$$\frac{F - 0,30}{0,70 - 0,30} = \frac{x - 9,80}{12,40 - 9,80}$$

$$\frac{F - 0,30}{0,40} = \frac{x - 9,80}{2,6}$$

$$F = \underbrace{0,154}_k x - \underbrace{1,208}_{k \cdot x_0}$$

Temos que:

$$K = 0,154 \text{ N} / \text{cm} \cong 0,15 \text{ N} / \text{cm}$$

Podemos perceber que os resultados obtidos pelos dois métodos apresentados foram iguais. Devemos ressaltar que nem sempre isso acontecerá, mas isso exemplifica porque, apesar do segundo método ser mais preciso, o primeiro método também é aceitável.

Poderemos também calcular o valor do comprimento natural da mola:

$$k \cdot x_0 = 1,208$$

$$x_0 = \frac{1,208}{0,154} = 7,84 \text{ cm}$$

Valor que está muito próximo do valor que foi obtido através da medição Direta.

Como poderíamos estimar o erro do K obtido pelo método da regressão linear? O modelo teórico do método dos mínimos quadrados fornece uma fórmula para o erro do coeficiente angular e linear. Mas como estamos usando o método qualitativo, iremos apresentar uma ideia qualitativa para estimar este erro.

Dentre as retas que poderiam ser traçadas e seriam aceitáveis, vamos representar a reta que teria a maior inclinação possível e a reta que teria a menor inclinação aceitável. Daí, acharíamos o maior coeficiente angular possível e o menor. A diferença entre eles seria o dobro da estimativa do erro do coeficiente angular. A estimativa do erro do coeficiente linear é análoga.

8.5.2.2. Determinação da aceleração de um móvel que parte do repouso com aceleração constante

Iremos agora analisar os dados do mesmo problema analisado no Tópico 8.5.1.2, quando determinamos a aceleração através da média aritmética das constantes encontradas para cada ponto. Agora iremos determinar a aceleração usando o método de regressão linear.

Sabemos que um corpo que parte do repouso e da origem com aceleração constante estará em Movimento Uniformemente Variado (MUV) e que a equação da posição escalar em função do tempo será:

$$S(t) = \frac{a}{2} t^2$$

Os dados coletados para a posição em função do tempo estão apresentados na tabela a seguir:

Tabela 34: MUV - Posição em Função do Tempo

S (cm)	t (s)
1,50	1,00
6,20	2,00
13,20	3,00
24,50	4,00
36,70	5,00
55,00	6,00
74,00	7,00
94,00	8,00

Como o nosso objetivo é calcular a aceleração, poderemos seguir duas **estratégias** para linearizar a equação da posição:

- 1) Criar uma coluna auxiliar do tempo ao quadrado (t^2) e fazer o gráfico de S em função de t^2 :

$$\underbrace{S(t^2)}_y = \underbrace{\left(\frac{a}{2}\right)}_a \cdot \underbrace{t^2}_x$$

A aceleração será obtida pelo coeficiente angular (a).

- 2) Ou aplicar o log na equação e usar o papel Dilog para fazer o gráfico:

$$\log(S) = \log\left(\frac{a}{2} \cdot t^2\right)$$

$$\log(S) = \log\left(\frac{a}{2}\right) + \log(t^2)$$

$$\underbrace{\log(S)}_y = \underbrace{\log\left(\frac{a}{2}\right)}_b + \frac{2}{a} \underbrace{\log(t)}_x$$

A aceleração será obtida pelo coeficiente linear (b).

8.5.2.2.1. Estratégia (1)

Iremos então primeiramente efetuar a regressão linear pela estratégia (1). Para isso, iremos calcular a coluna adicional com o t^2 .

Tabela 35: MUV - Construção da coluna auxiliar com o tempo ao quadrado

S (cm)	t (s)	$t^2(\text{s}^2)$
1,50	1,00	1,00
6,20	2,00	4,00
13,20	3,00	9,00
24,50	4,00	16,0
36,70	5,00	25,0
55,00	6,00	36,0
74,00	7,00	49,0
94,00	8,00	64,0

Utilizando o papel milimetrado iremos construir o gráfico de S em função de t^2 :

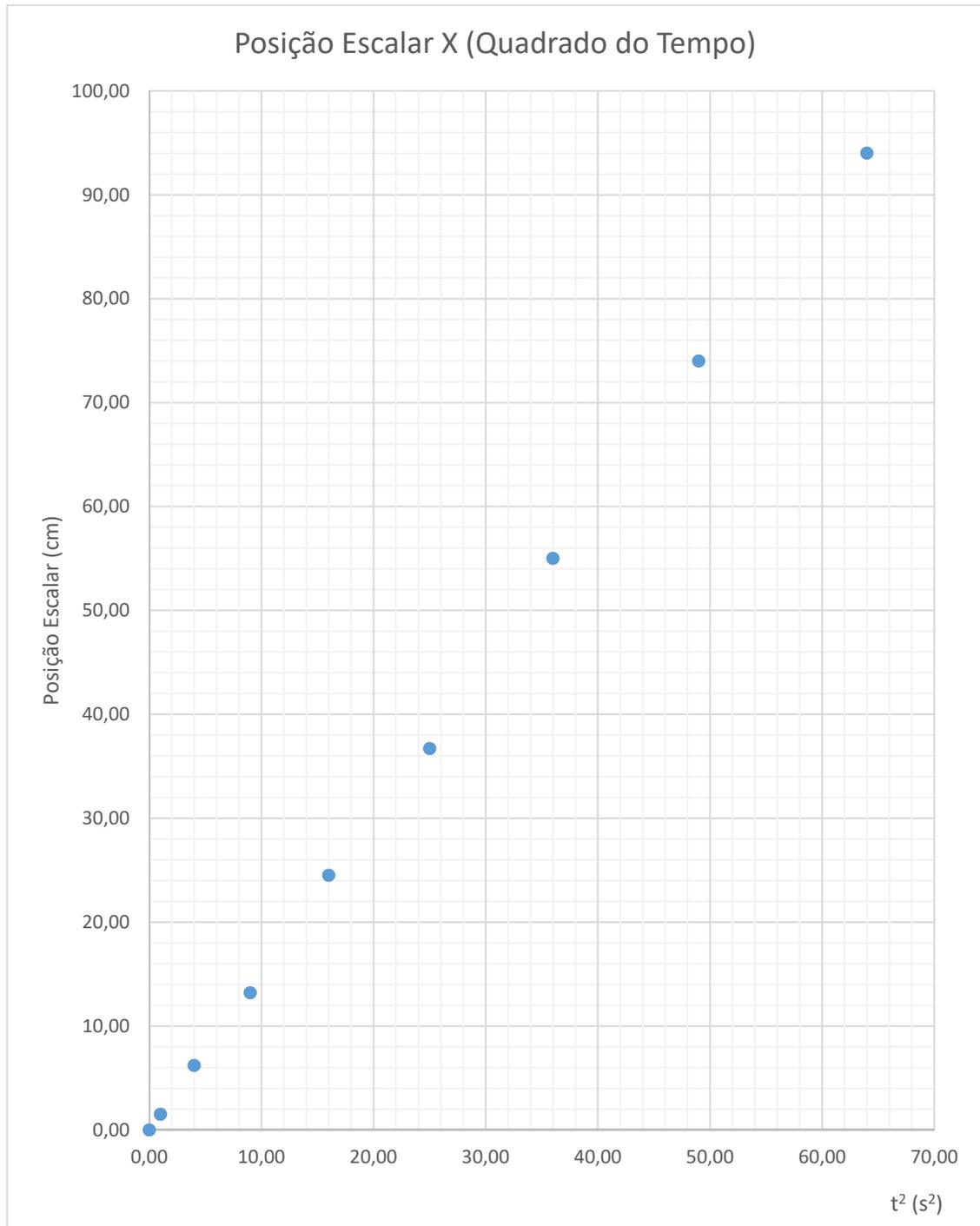


Gráfico 29: Linearização do MUV - Posição em função do Tempo ao Quadrado

Após representarmos os pontos no gráfico, devemos traçar a melhor reta. Lembremos que essa melhor reta é aquela que minimiza a soma dos quadrados das distâncias verticais entre a reta e os pontos coletados. Nesse caso, como os pontos estão

bem alinhados, não teremos muita dificuldade. Iremos sempre buscar uma reta que tenha a mesma quantidade de pontos de cada lado.

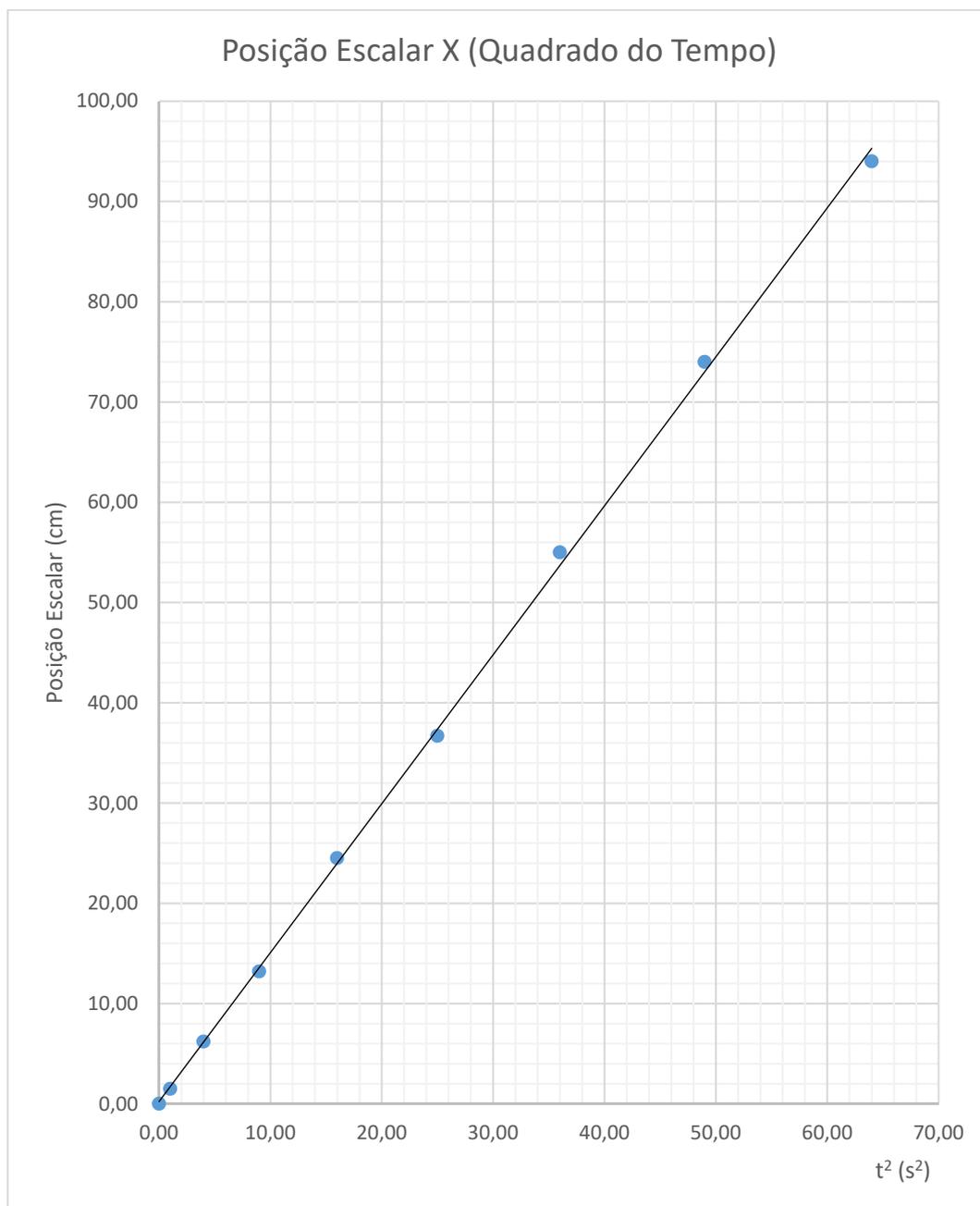


Gráfico 30: MUV - Traçando a Melhor Reta para Regressão Linear

Após traçar a melhor reta no gráfico deveremos determinar a sua equação para, a seguir, extrair o coeficiente angular. Primeiro escolheremos dois pontos:

$$t^2=20,0 \text{ s}^2 \Rightarrow S=30,00 \text{ cm (ponto A)}$$

$$t^2=60,0 \text{ s}^2 \Rightarrow S=89,00 \text{ cm (ponto B)}$$

Então iremos determinar a equação da reta:

$$\frac{S - S_A}{S_B - S_A} = \frac{t^2 - t_A^2}{t_B^2 - t_A^2}$$

$$\frac{S - 30,00}{89,00 - 30,00} = \frac{t^2 - 20,0}{60,0 - 20,0}$$

$$\frac{S - 30,00}{59,00} = \frac{t^2 - 20,0}{40,0}$$

$$S = \underbrace{1,48}_{\frac{a}{2}} \cdot t^2 + 0,5$$

O coeficiente angular da reta é igual a metade da aceleração, logo $a = 2,96 \text{ cm/s}^2$.
Devemos ressaltar que está bem próximo do valor encontrado no método que utilizou a média aritmética.

8.5.2.2.2. Estratégia (2)

Por fim, iremos analisar os mesmos dados só que usando a equação da reta obtida após aplicarmos o log.

$$\underbrace{\log(S)}_y = \underbrace{\log\left(\frac{a}{2}\right)}_b + \underbrace{\frac{2}{a}}_a \underbrace{\log(t)}_x$$

A tabela com os dados que será utilizada é a mesma:

Tabela 36: MUV - Posição em Função do Tempo

S (cm)	t (s)
1,50	1,00
6,20	2,00
13,20	3,00
24,50	4,00
36,70	5,00
55,00	6,00
74,00	7,00
94,00	8,00

Tanto o eixo vertical quanto o horizontal utilizarão escala logarítmica:

Eixo horizontal: $10^0 \leq 1,00 < 8,00 < 10^1$

Eixo vertical: $10^0 < 1,50 < 94,0 < 10^2$

No eixo horizontal usaremos uma década e no eixo vertical duas décadas. Agora iremos representar os pontos no papel Dilog (também chamado de Loglog).

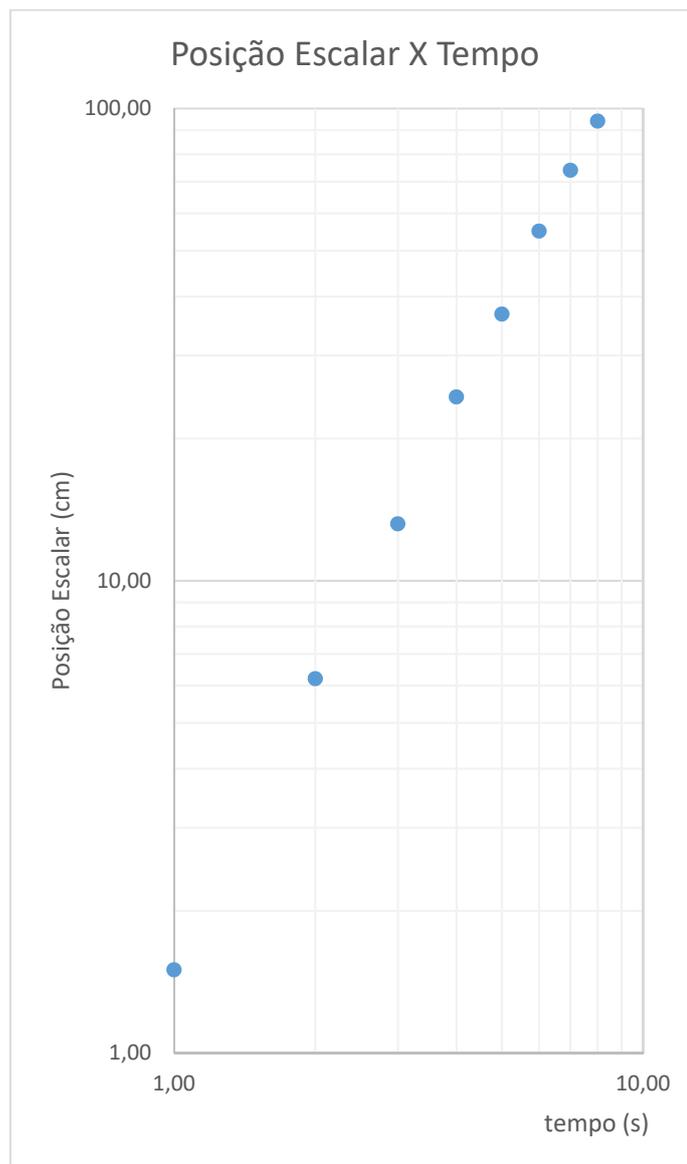
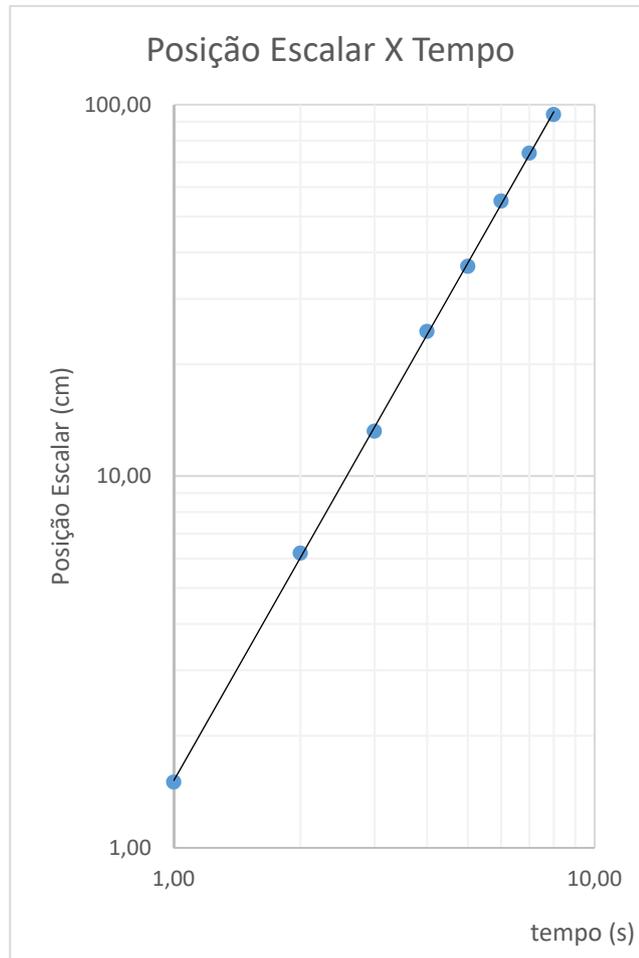


Gráfico 31: Linearização do MUV no papel Loglog

Após representar os pontos iremos traçar a melhor reta.



Notemos que neste caso não será necessário determinar a equação da reta, uma vez que a aceleração será determinada pelo coeficiente linear:

$$\underbrace{\log(S)}_y = \underbrace{\log\left(\frac{a}{2}\right)}_b + \underbrace{\frac{2}{a}}_a \underbrace{\log(t)}_x$$

Assim, basta encontrarmos o valor de S quando o $\log(t)=0$. Mas se o $\log(t)$ é igual a zero, isso quer dizer que $t=1$. Então,

$$t = 1 \Rightarrow \log(S) = \log\left(\frac{a}{2}\right)$$

Pela leitura do gráfico podemos perceber que quando $t=1$, temos que $S \cong 1,5$.

Então, podemos concluir que $a = 3,0 \text{ cm/s}^2$

8.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO PRODUTO EDUCACIONAL FINAL

[1] SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. **Física para engenheiros e cientistas**. 8. ed. São Paulo: Ed. Cengage, 2012.

[2] TAYLOR, J. R. **Introdução à Análise de Erros: O Estudo de Incertezas em Medições Físicas**. Editora Guanabara. Rio de Janeiro, 1988

[3] TIPLER, P. A. **Física para cientistas e engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2011.

[4] VUOLO, J. H. **Fundamentos da Teoria dos Erros**. 2. Ed. São Paulo: Ed. Blucher, 1996.