



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

## **MEDIR É PRECISO?**

**Lohan Walker**  
**Germano M. Penello**  
**Gustavo Rubini**

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Lohan Walker apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro  
Outubro de 2022

## Apresentação

Caro professor,

este produto educacional é resultado do trabalho de dissertação também chamado de “**MEDIR É PRECISO?**”, em que é apresentada a importância do conceito de precisão em uma medida experimental. O produto foi aplicado e testado em turmas do Ensino Médio e apresenta-se dividido em dois guias (professor e aluno).

No Guia do Aluno encontram-se a lista de materiais necessários e a sequência de atividades que devem ser realizadas em sala de aula por grupos de até cinco estudantes. Nele estão contidos assuntos relacionados à física e à metrologia, tais como média, estimativa de incerteza, unidade de medida, algarismo significativo, manuseamento de instrumentos de medida, densidade, testagem de hipóteses, observação de padrões gráficos e físicos, precisão e acurácia. O Guia do Aluno foi planejado para ser aplicado em duas aulas consecutivas de 1h40 cada. Por isso, ele se encontra dividido em 2 partes em que cada parte é utilizada em uma aula.

No Guia do Professor encontram-se orientações sobre como proceder na aplicação do Guia do Aluno em sala de aula. Com esse guia, o professor pode verificar cada uma das etapas referente à aplicação do material, contendo maiores detalhes, tais como uma reflexão acerca da medida indireta de massa e uma estimativa dos custos dos materiais utilizados. Foi disponibilizado juntamente com o guia do professor a planilha eletrônica utilizada na aplicação do guia experimental do aluno.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**MEDIR É PRECISO?**  
**(Guia do Professor)**

**Lohan Walker**  
**Germano M. Penello**  
**Gustavo Rubini**

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Lohan Walker apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b>	<b>5</b>
<b>2. Guia Experimental Parte I</b>	<b>6</b>
<b>2.1.</b> ETAPA 1 – Introdução à leitura de instrumentos digitais e medidas diretas	6
<b>2.2.</b> ETAPA 2 – Faixa de medida do instrumento de	7
<b>2.3.</b> ETAPA 3 – Introdução à leitura de instrumentos analógicos e medidas indiretas	9
<b>3. Guia Experimental Parte II</b>	<b>9</b>
<b>3.1.</b> ETAPA 4 – Controle de variáveis e Teste de hipóteses	10
<b>3.2.</b> ETAPA 5 – Medidas de densidade da água em função do volume	10
<b>3.3.</b> ETAPA 6 – Organização e tratamento dos dados	11
<b>3.4.</b> ETAPA 7 – Interpretação de dados	11
<b>3.5.</b> ETAPA 8 – Conclusão	13
Referências	14
Sugestão de leitura	14
Apêndice A – Medida indireta de massa do copo descartável	15
Apêndice B – Estimativa de custo dos materiais utilizados	17
<b>Guia do Aluno</b>	<b>18</b>

## 1. Introdução

Querido professor, esta é uma sequência experimental cujo objetivo é trabalhar com alunos de Ensino Médio assuntos relativos aos processos de medição a partir de medidas de massa, volume e densidade. As atividades envolvem discussão e prática sobre precisão, exatidão (ou acurácia), incertezas experimentais, algarismos significativos, medidas diretas, medidas indiretas e uso de instrumentos de medição.

Este guia é dedicado a compartilhar com o professor definições e ideias mais profundas do que foram discutidas no guia do aluno e que fundamentam as atividades propostas.

Antes de comentar as atividades, é importante apresentar algumas definições que serão utilizadas ao longo do Guia Experimental com os alunos nos grupos.

### **Medição**

“Processo de obtenção experimental dum ou mais valores que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza.” (VIM 2012, p.16)

### **Instrumento de medição**

“Dispositivo utilizado para realizar medições, individualmente ou associado a um ou mais dispositivos suplementares.” (VIM 2012, p.34)

### **Amplitude de medição**

“Valor absoluto da diferença entre os valores extremos dum intervalo nominal de indicações.” (VIM 2012, p.38)

### **Incerteza de medição**

“Parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas.” (VIM 2012, p.24)

A sequência experimental foi desenvolvida para ser aplicada em aulas do 1º ano do Ensino Médio e pode ser adaptada para outros níveis de ensino com maior ou menor grau de aprofundamento. O guia experimental foi dividido em 2 partes, considerando duas aulas de dois tempos para cada uma das partes.

A parte 1 do Guia Experimental tem como objetivo fazer com que os alunos compreendam que uma medida pode ser composta por uma série de medições. Espera-se que os alunos percebam que é possível obter uma estimativa da incerteza através da média dos dados coletados. Além disso, será apresentado superficialmente o conceito de propagação de incerteza, por isso espera-se que o aluno aprenda minimamente sobre a propagação da incerteza associada a massa e ao volume, cálculo da densidade de líquidos, criação de hipóteses sobre um fenômeno e que toda medida experimental possui valor, incerteza e unidade de medida.

Na parte 2 do Guia Experimental o aluno novamente poderá exercitar conceitos já adquiridos, tais como: média, densidade, incerteza e uso de instrumentos de medida. Nesta nova parte os alunos verificarão padrões em medidas, tabelas e gráficos. Além disso, testarão hipóteses. Nos gráficos os padrões observados podem ser a amplitude de uma medida, desvio padrão e erro padrão.

As atividades do guia foram desenvolvidas considerando os níveis de progressão das ideias dos estudantes relativas aos dados experimentais, do menos desenvolvido (A) ao mais desenvolvido (I), conforme detalhado no quadro 1.

Quadro 1 - Progressão de ideias relativas aos dados experimentais (Fonte: FILHO, LABURÚ, BARROS, 2015, p.820).

<b>Nível</b>	<b>Visão do estudante sobre o processo de medição</b>
<b>A</b>	Realizar uma única medição e este é o valor correto.
<b>B</b>	A menos que você obtenha um valor diferente do esperado, a medição está correta.
<b>C</b>	Realizar algumas medições para praticar e, então, fazer a medição que deseja.
<b>D</b>	Repetir a medição até obter um valor recorrente. Este é a medição correta.
<b>E</b>	É necessário tirar uma média de diferentes medições. Variar sutilmente as condições para evitar obter os mesmos resultados.
<b>F</b>	Tirar uma média de várias medições para atender à variação devida a medições imprecisas. A qualidade do resultado pode ser julgada apenas por uma fonte confiável.
<b>G</b>	Tirar uma média de várias medições. A propagação de todas as medições indica a qualidade do resultado.
<b>H</b>	A consistência do conjunto de medições deve ser julgada e medições anômalas precisam ser rejeitadas antes de se tirar uma média.
<b>I</b>	A consistência dos conjuntos de dados pode ser julgada por comparação da localização relativa de suas médias em conjunção com suas propagações

## **2. Guia Experimental Parte I**

Caro professor, para essa primeira parte do guia serão necessários 2 tempos de aula de 50 minutos cada.

### *ETAPA 1 – Introdução à leitura de instrumentos digitais e medidas diretas*

O objetivo desta etapa é familiarizar os estudantes com o uso da balança digital, tanto na operação como na leitura, e fazer com que eles percebam que várias medições de um mesmo objeto podem resultar em valores distintos de leitura. Além disso, será mostrado ao aluno que é possível obter uma estimativa do valor de uma grandeza por meio da média dos dados coletados. Os estudantes também serão apresentados à ideia de incerteza experimental, que neste primeiro momento será estimada através da amplitude das medidas. O tempo de duração previsto para a etapa 1 é de 25 a 30 minutos.

Como sugestão, funções específicas para cada aluno podem ser criadas neste momento. Por exemplo, o aluno número 1 pode ficar responsável por controlar o tempo das atividades, o aluno número 2 como o porta voz do grupo, o aluno número 3 como responsável por conferir os cálculos, o aluno número 4 por fazer os registros por escrito, o aluno número 5 pode fazer as comparações entre grupos.

Nesta etapa a balança será utilizada pelos alunos na obtenção de medidas de massa de uma garrafa de plástico com líquido dentro, realizando assim uma medida direta.

“A medição direta ocorre quando temos apenas uma grandeza envolvida no processo e utilizamos diretamente o instrumento para obter o resultado desejado da medição”. (MENDES, ROSÁRIO, 2020, p.91)

Os grupos posicionarão a garrafa de plástico com água sobre a balança. A balança utilizada do modelo SF-400 utilizada em cozinhas. Deixe-os livres para colocar a garrafa em qualquer posição da balança, inclusive variando a posição entre uma medição e outra. A posição da garrafa no prato da balança pode influenciar o valor obtido na medição da massa. É possível que alguns grupos percebam isso e optem por posicionar a garrafa sempre na mesma posição para diminuir a dispersão dos dados.

Os grupos realizarão a média da massa dos dados indicados no **instrumento de medição**. Os alunos provavelmente não terão dificuldades de realizar a média dos dados obtidos, pois já estão familiarizados com a rotina de médias e notas no ambiente escolar devido a provas e testes.

É importante neste momento é deixar claro como se obtém uma estimativa da **incerteza de medição** calculando a metade da **amplitude de medição**.

Reforce com os alunos que toda medida (**medição**) experimental deve conter um valor, sua incerteza e a unidade de medida. Pode acontecer também dos alunos representarem a medida da massa com a incerteza como um intervalo de valores. Por exemplo, a medida “ $1,64 \pm 0,05\text{g}$ ” pode ser representada pelos alunos como “{1,59;169}”. Incentive os na utilização dessa representação também, pois isso os ajuda a entender que há uma faixa de valores associada à cada medida, ao invés de induzi-los a pensar em um único número exato.

Atenção, nesse momento para alguns alunos poderá ser o primeiro contato com incerteza de uma medida. Incentive-os a trocarem ideias e pensamentos uns com os outros. É fundamental que os alunos interajam entre si dentro do próprio grupo e com os outros grupos também.

Ao final da etapa I espera-se que os alunos percebam que a incerteza experimental é uma característica intrínseca ao processo de medição. Nesta etapa o aluno precisa começar a perceber a importância de um conjunto de medidas.

## ETAPA 2 – Faixa de medida do instrumento

O objetivo desta etapa é explorar a faixa de medida do instrumento e conduzir os alunos a perceberem que é possível obter valores de massa para objetos cuja

massa é menor do que a balança consegue medir, com a balança utilizada. Essa etapa pode ser feita entre 25 e 30 minutos.

Nesta etapa os alunos colocarão sobre a balança um copo plástico cuja massa é menor do que o valor mínimo registrado pela balança, ou seja, a massa não se encontra na faixa de medida da balança. Portanto, o visor da balança apresentará o valor zero para a massa do copo. Incentive os alunos a interpretar o resultado e explicar o porquê a massa do copo não pode ser zero. Neste momento o aluno pode ser lembrado sobre a ação da força peso nos corpos que possui massa. Se preciso, um pequeno experimento pode ser feito. Ao posicionar um copo plástico a uma altura qualquer em relação ao solo e depois soltá-lo, será observado que o copo cai devido à ação da força peso, logo este copo possui massa.

Professor, caso você tenha uma balança com uma precisão menor procure materiais que tenham uma massa menor que a resolução da balança utilizada. Uma sugestão é a utilização de grãos de feijão, arroz, grampos de metal (utilizados em grampeadores) ou outra coisa que possua massa menor para balanças mais precisas.

Na tentativa de obter algum registro da massa do copo, alguns grupos podem investigar se a posição do copo na balança influencia a medição.

Após a atividade anterior ser realizada, é proposto a utilização de mais copos, totalizando 20 copos, para obtenção da massa de apenas 1 copo plástico. Algum aluno pode se questionar o porquê da utilização de 20 copos. Um detalhamento sobre o porquê de se utilizar pelo menos 20 copos pode ser encontrado no apêndice A deste guia experimental para o professor. É fundamental que o professor reproduza estes passos antes de fazer a atividade com os alunos.

Neste momento é importante os alunos entenderem a diferença entre uma medida direta (por exemplo a leitura do instrumento de medição) e uma medida indireta (a obtenção da massa de apenas 1 copo por meio de 20 copos). Estamos supondo que todos os copos são iguais. No caso da obtenção da densidade, realiza-se duas medições de forma direta, a massa (copo + líquido) e o volume, com isso é obtido a densidade que, neste caso, é uma medida indireta.

A medição indireta “ocorre quando as medições são efetuadas envolvendo uma ou mais grandezas relacionadas por meio de uma equação matemática”. (MENDES, ROSÁRIO, 2020, p.91)

Sobre a obtenção de densidade, sugere-se comentar sobre o densímetro, um instrumento de medição direta de densidade e que é comumente utilizado em postos de combustível para o controle da qualidade do etanol. Isso evita que os alunos pensem que a densidade somente pode ser medida de forma indireta.

No final da etapa 2 espera-se que os alunos tenham entendido o conceito de resolução de leitura de um instrumento e percebam que um instrumento de medida possui resolução. Além de aprender uma forma de obter indiretamente a medida da massa de um objeto.

### ETAPA 3 – Introdução à leitura de instrumentos analógicos e medidas indiretas

O objetivo da etapa 3 é inserir mais um instrumento de medida aos alunos, a seringa, fazendo com que os alunos vejam e prevejam o comportamento de líquidos quando despejados lentamente em um único recipiente. O aluno também realizará a leitura da seringa (leitura analógica) e obterá a incerteza da mesma. Também será apresentado a definição de densidade de um líquido e propagação da incerteza associada à massa e ao volume.

Nesta etapa serão necessários cerca de 40 a 50 minutos para aplicação do Guia Experimental. Os alunos terão que obter as massas tanto de um copo com água e de um copo com óleo. Depois, terão que dizer qual sistema copo + líquido obteve uma maior massa, além de prever qual líquido, quando misturados, ficará embaixo ou em cima.

Água e óleo são líquidos que não se misturam; a água ficará embaixo e o óleo ficará em cima. Isso ocorre em função da densidade dos líquidos, porém os alunos ainda não possuem informações suficientes que sustentem esta explicação.

É possível que os alunos tragam espontaneamente várias explicações para a previsão deles. Dentre elas, é comum apresentarem como respostas os termos densidade, viscosidade, peso e massa, mesmo que os alunos ainda não tenham tido aula formal sobre alguns desses assuntos.

Lembre aos alunos de subtraírem a massa do copo utilizado anteriormente, pois neste momento o que se quer obter como medida é apenas a massa do líquido.

No final da etapa 3, espera-se que os alunos consigam calcular o valor da densidade da água e do óleo através da obtenção de dados de massa e volume, reforçando assim as definições e a utilização de medidas diretas e medidas indiretas. Que eles aprendam como a incerteza associada a massa e ao volume podem ser calculadas. Espera-se que os alunos se familiarizem com a utilização da seringa para a obtenção de dados experimentais, além de perceberem como é importante a análise de uma hipótese, terminando a parte I do guia experimental com a construção de duas hipóteses.

Os grupos precisarão ter o Guia Experimental Parte I em mãos durante a aplicação do Guia Experimental Parte II, para que possam rever o que foi feito na última aplicação do Guia. Por isso, é recomendado que o professor recolha todo o material ao final da aplicação da parte I para que na próxima aula de aplicação o guia possa ser devolvido ao grupo para a execução da parte II. Os grupos deverão ser mantidos os mesmos para a próxima aula.

### 3. Guia Experimental Parte II

A parte II do Guia Experimental é constituída de uma aula contendo 4 partes em que serão trabalhados o teste da validade de hipóteses a partir de novos dados coletados, juntamente com a comparação dos resultados, e a observação de padrões por análise gráfica.

Para a aplicação da parte II recomenda-se dois tempos de aula de 50 minutos. Para essa parte serão necessários os mesmos materiais da última aula.

#### ETAPA 4 – *Controle de variáveis e Teste de hipóteses*

Esta etapa tem como objetivo estimular os alunos a pensar em possibilidades experimentais a fim de descartar uma das hipóteses criadas anteriormente. Deste modo, é necessário que os grupos calculem a densidade da água e a densidade do óleo a partir de novas medidas de volumes e massas, prevejam e comparem os resultados obtidos com os já obtidos em etapas anteriores. A sugestão é que se utilize de 35 a 45 minutos para realizar esta etapa.

A primeira pergunta feita nesta etapa é a continuação da última feita na parte I do guia. Os alunos precisam agora elaborar testes para as duas hipóteses anteriores: hipótese A (explicação baseada na massa) e hipótese B (explicação baseada na densidade). Inicialmente ambas as hipóteses são plausíveis, porém com os novos dados que serão obtidos nesta etapa, os alunos deverão eliminar a hipótese A. É interessante comentar que a hipótese B não será comprovada, ela apenas não será refutada.<sup>1</sup>

Ao longo desta etapa os grupos farão basicamente o mesmo processo que foi realizado na etapa 3 do Guia Experimental Parte I. Os grupos depois terão que medir a massa da água e a massa do óleo, porém com volumes diferentes do que foi medido anteriormente.

Os grupos também podem precisar de um auxílio para serem lembrados dos cálculos da densidade e incerteza, incluindo como obter os valores limites inferior e superior da densidade a fim de obter a estimativa da incerteza.

Em qualquer momento da aplicação do guia experimental os alunos podem perceber que o método possibilita encontrar a densidade de qualquer outro líquido. Incentive essa discussão, dando exemplos de líquidos que a densidade pode ser obtida, tais como: mel, azeite, vinagre, shampoo, por exemplo.

Um aspecto chave neste ponto é que os alunos percebam que há uma relação de proporcionalidade entre a massa e o volume dos líquidos utilizados. Por exemplo, ao dobrar o valor do volume da água, o valor da sua massa também dobra. Ou seja, os alunos terão um primeiro contato com a ideia de controle de variáveis para testagem de hipóteses e poderão constatar que a densidade dos líquidos utilizados permanece constante para a faixa de valores medidos.

Também é interessante que o professor comente que a temperatura de um líquido influencia na densidade, embora o controle desta variável esteja além do escopo da proposta deste guia.

Ao final desta etapa, espera-se que os alunos tenham conseguido lembrar todos os processos matemáticos utilizados para calcular a densidade da água e do óleo. Também é esperado que os alunos tenham adquirido uma maior fluência na utilização dos instrumentos de medida e que possam perceber que a densidade da água permanece constante dentro de uma faixa de valores aproximadamente iguais a temperatura constante.

#### ETAPA 5 – *Medidas de densidade da água em função do volume*

Esta etapa tem como objetivo reforçar o que já foi trabalhado anteriormente e obter novos dados que serão utilizados nas etapas seguintes. Serão necessários cerca de 10 a 15 minutos.

---

<sup>1</sup> Segundo o filósofo da ciência Karl Popper, as hipóteses científicas jamais podem ser confirmadas, somente refutadas. Recomenda-se o artigo de Silveira (1989) como um bom texto introdutório sobre o tema.

Ao final desta etapa, espera-se que os alunos tenham consolidado que toda medida precisa ter um valor, uma incerteza associada a esse valor e uma unidade de medida.

#### ETAPA 6 – *Organização e tratamento dos dados*

Esta etapa tem como objetivo o reconhecimento de alguns padrões depois do preenchimento da tabela 11 do guia do aluno. Esses padrões podem ser: medida da massa da água aumentar em função aumento do volume, valor da densidade permanecer relativamente constante durante as medições, estimativa da incerteza da densidade diminuir enquanto o volume aumenta. Nesta etapa serão necessários cerca de 15 a 25 minutos.

Ao final desta etapa, espera-se que, a partir do preenchimento da tabela, os alunos tenham percebido alguns padrões referentes aos dados coletados, especialmente a relação entre o aumento do volume do líquido e a diminuição do valor da incerteza da densidade. Também é possível trabalhar com os alunos a noção de incerteza relativa em relação às medidas de volume da água. Os alunos vão perceber que quanto maior o número de medidas, menor é a estimativa de incerteza obtida, e maior é a precisão da medida.

A precisão pode ser definida como “o grau de concordância entre valores medidos, obtidos por medições repetidas, de um mesmo objeto” (VAZ; DAVID; VIDEIRA, 2016, p.33).

#### ETAPA 7 – *Interpretação de dados*

Esta etapa será feita pelo professor em conjunto com todos os grupos e tem duração estimada entre 20 a 25 minutos. A atividade tem como objetivo fazer que os alunos possam compreender que aumentar a quantidade de medições aumenta a precisão da medida. Os alunos também precisam avaliar a acurácia e a precisão de suas medidas e compará-las com os dados dos demais grupos. A partir dos dados, espera-se que tenham mais resultados que confirmem que a densidade da água é constante dentro da faixa de valores medidos (para uma mesma temperatura).

Nesta etapa serão apresentados de maneira breve conceitos os conceitos de desvio padrão, erro padrão e exatidão (ou acurácia):

O desvio padrão é uma medida que representa o quão espalhados o conjunto de dados estão da média, ou seja, descreve a dispersão ou variabilidade do conjunto de dados.

O erro padrão é uma medida que procura representar a precisão do valor médio de um conjunto de dados, ou seja, infere a dispersão ou variabilidade da média do conjunto de dados.

“A exatidão de medição é o grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro de uma grandeza.” (VAZ; DAVID; VIDEIRA, 2016, p.33)

O professor utilizará os dados que os grupos obtiveram para mostrar, através de uma planilha eletrônica (tabela 1) alguns padrões encontrados a partir dos próprios dados dos alunos. Isso facilitará a avaliação da consistência do conjunto de dados de cada grupo, bem como a sua comparação com os resultados dos demais grupos e com o valor de referência.

Tabela 1 – Planilha eletrônica utilizada na etapa 7.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	n	volume (ml)	massa (g)	Valor de Referência (g/ml)	Densidade (enésima medição) (g/ml)	Densidade (média entre as n medições) (g/ml)	Amplitude (entre as n medições) (g/ml)	Desvio Padrão (g/ml)	Erro Padrão (g/ml)
2	1	20							
3	2	40							
4	3	60							
5	4	80							
6	5	100							

A tabela 2 apresenta um exemplo dos resultados obtidos por um grupo de alunos.

Tabela 2 - Tabela preenchida com os dados obtidos por um grupo de alunos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	n	volume (ml)	massa (g)	Valor de Referência <sup>2</sup> (g/ml)	Densidade (enésima medição) (g/ml)	Densidade (média entre as n medições) (g/ml)	Amplitude (entre as n medições) (g/ml)	Desvio Padrão (g/ml)	Erro Padrão (g/ml)
2	1	20	18,6	0,9970	0,930	0,930	-	-	-
3	2	40	41,0	0,9970	1,025	0,978	0,095	0,067	0,047
4	3	60	59,8	0,9970	0,997	0,984	0,095	0,049	0,028
5	4	80	79,0	0,9970	0,988	0,985	0,095	0,040	0,020
6	5	100	98,0	0,9970	0,980	0,984	0,095	0,035	0,015

O arquivo da planilha está disponibilizado junto com este guia<sup>3</sup>. Na eventualidade de você não ter recebido a planilha, descreve-se a seguir como reconstruí-la e utilizá-la.

A coluna “Densidade (enésima medição)” corresponde à densidade obtida pela razão entre massa e volume para cada linha. Logo, a densidade para a linha n = 4 pode ser programada para preenchimento automático digitando “=C5/B5” na célula E5. Este comando dividirá a célula C5 (o valor da massa para n = 4) pela célula B5 (o valor do volume para n = 4).

A coluna “Densidade (média entre as n medições)” fará a média entre as n medições de n = 1 até a linha n correspondente. Ou seja, para a linha n = 4, será feita

<sup>2</sup> LIDE (2004, p. 4-94)

<sup>3</sup> [https://www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2022\\_Lohan\\_Walker/planilha.xls](https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2022_Lohan_Walker/planilha.xls)

a média entre as densidades (coluna E) das linhas correspondentes a  $n = 1$  até  $n = 4$ . Como exemplo, a célula F5 deve ser preenchida com o comando “=MÉDIA(E2:E5)”.

A coluna “Desvio Padrão” pode ser calculada pelo programa através da função desvio padrão da amostra (DESVPAD.A) e selecionando o intervalo de dados desejado. Por exemplo, para o desvio padrão da linha  $n = 4$ , deve-se escrever “=DESVPAD.A(F2:F5)” na célula H5. Em outras palavras, na célula H5 será calculado o desvio padrão da amostra a partir dos dados das células F2, F3, F4 e F5.

A coluna “Erro Padrão” é obtida dividindo-se o valor do desvio padrão por raiz quadrada de  $n$ . Portanto, para o erro padrão da linha  $n = 4$  deve-se escrever “=H5/RAIZ(A4)” na célula I5.

Obs. Dependendo do programa de planilha eletrônica utilizada, as funções acima podem ter nomes diferentes; consulte a ajuda do programa para conferir o nome das funções.

Após o preenchimento da tabela, é interessante criar um gráfico para facilitar a visualização dos dados. Selecione as colunas “ $n$ ” e “Densidade (média entre as  $n$  medições)” e insira um gráfico de dispersão. Será mostrado um gráfico onde será possível observar os resultados de densidade média em função das  $n$  medidas. Selecione os pontos do gráfico e procure como inserir barras de erro (varia de acordo com o programa); a barra de erro do eixo Y deve corresponder ao erro padrão.

A figura 1 apresenta um exemplo de gráfico do valor de densidade da água em função do número de medidas, gerado a partir da tabela 2. Os grupos deverão observar os gráficos para responder às perguntas da etapa 7.

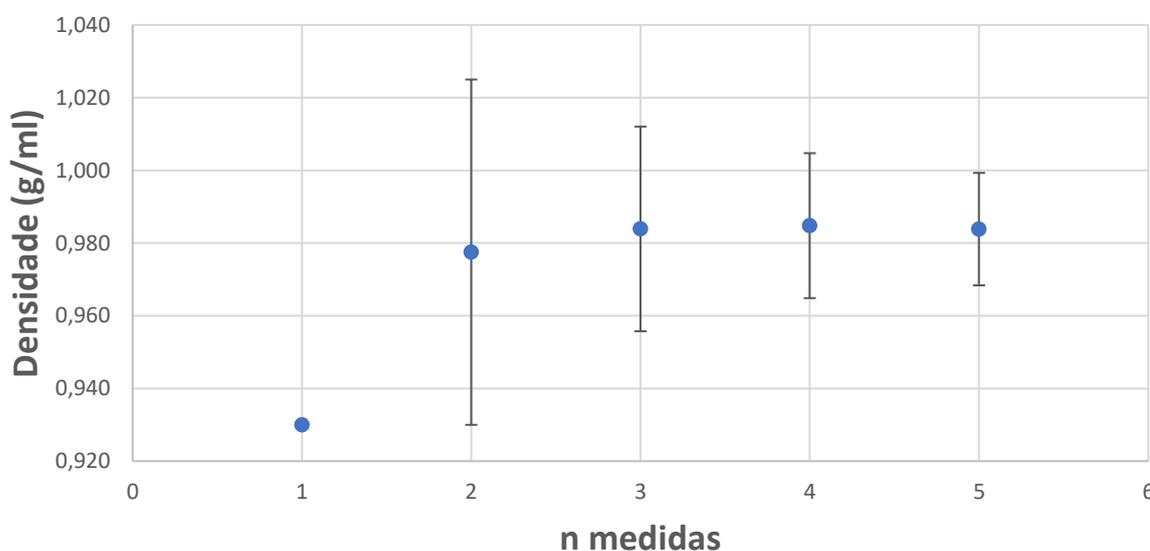


Figura 1 - Gráfico do valor da densidade da água em função do número de medidas

## ETAPA 8 – Conclusão

Após a discussão dos resultados, este é o momento para os grupos refletirem sobre o que foi feito e revisarem alguns dos conhecimentos trabalhados ao longo das atividades do Guia Experimental; sugere-se uma duração de aproximadamente de 10 minutos.

Ao final da aplicação do material espera-se que os alunos tenham entendido um pouco mais de alguns dos processos da ciência: raciocínio científico, testagem de

hipóteses, controle de variáveis e práticas de laboratório. Mais especificamente, os alunos precisam ter compreendido que uma única medida não é suficiente para representar o melhor valor de uma medição, nem que essa única medida é o valor verdadeiro. Os alunos precisam estar cientes que uma medida mais precisa pode ser obtida a partir de um conjunto de medições. Além disso, os alunos devem ter compreendido que toda medida deve possuir um valor, uma incerteza associada a essa medição e uma unidade de medida.

Em linhas gerais, espera-se que as atividades tenham contribuído no desenvolvimento das ideias dos alunos relativas aos dados experimentais apresentados no quadro 1. Este processo de evolução é longo e trabalhoso, mas estas atividades podem ser um pequeno passo neste sentido e certamente devem ser complementadas com outras práticas.

Professor, caso queira mais informações, um detalhamento maior se encontra na dissertação (WALKER, 2022).

### Referências:

FILHO, P.; LABURÚ, C.; BARROS, M. Para além dos paradigmas da medição. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 21, n. 4, p. 817-834, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320150040003>

LIDE, D. R (ed.). **Handbook of Chemistry and Physics**, 84th Edition, CRC Press Ltd., 2004.

MENDES, Alexandre; ROSÁRIO, Pedro Paulo Novellino do; **Metrologia e incerteza de medição: conceitos e aplicações**. 1ª ed, Rio de Janeiro: LTC, 2020.

SILVEIRA, F. L. A Filosofia de Karl Popper e suas implicações no Ensino da Ciência. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, 6 (2): 148-162 , ago. 1989.

VAZ, Rafael de Oliveira; DAVID, Mariano; VIDEIRA, Antonio Augusto Passos; Para medir o mundo e suas coisas; Uma breve história (com elementos filosóficos) da metrologia. In: **Ciência Hoje**, 334, v.56, 2016.

**Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados**. Duque de Caxias, RJ : INMETRO, 2012. 94 p.

WALKER, Lohan. **Medir é preciso?** 2022. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Instituto de Física. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2022. Disponível em:  
[http://www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2022\\_Lohan\\_Walker/dissertacao\\_Lohan\\_Walker.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2022_Lohan_Walker/dissertacao_Lohan_Walker.pdf). Acesso em 20/12/2022.

### Sugestão de leitura:

STEFFENS, C. A.; VEIT, E. A.; SILVEIRA, F. L. Uma introdução ao processo da medição no ensino médio. **Textos de apoio ao professor de física**, v.19, n.2. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2008. Disponível em:  
[https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v19n2\\_Steffens\\_Veit\\_Silveira.pdf](https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v19n2_Steffens_Veit_Silveira.pdf). Acesso em 16/07/2022.

## Apêndice A – Medida indireta de massa do copo descartável

Este apêndice apresenta os resultados das medições de massa dos copos descartáveis e fundamenta a utilização de 20 copos na etapa 2. Os alunos podem se perguntar porque não menos copos ou porque não mais copos? Abaixo segue na tabela A.1 os dados das massas registradas na leitura da balança em relação ao número de copos colocados sobre a balança.

**Tabela A.1:** Dados com o número de copos colocados sobre a balança e a massa registrada na leitura da balança.

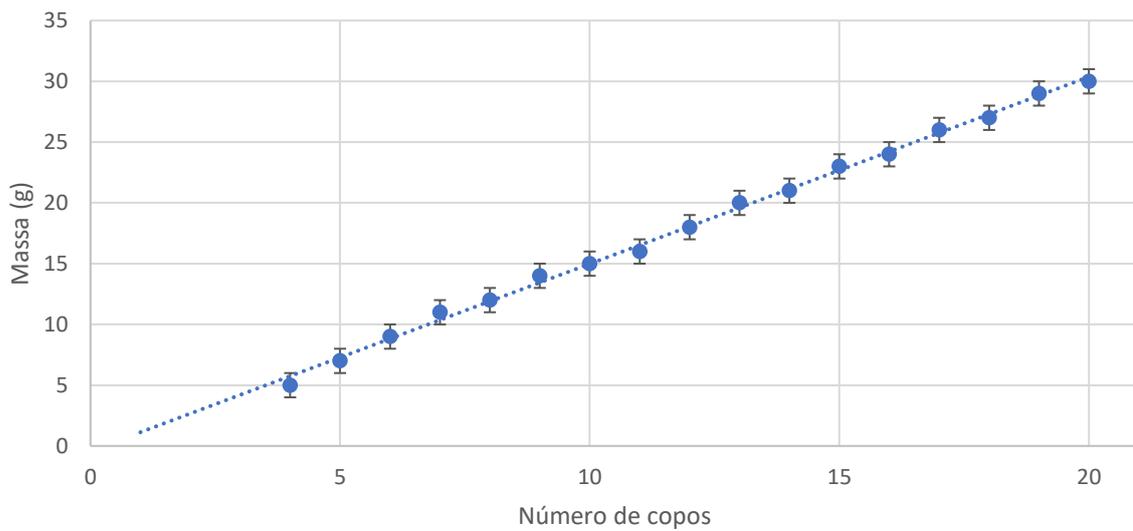
n copos	Massa total (g)	Massa de 1 copo (g)	Estimativa de incerteza da massa de 1 copo (g)
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	5	1,25	0,25
5	7	1,40	0,20
6	9	1,50	0,17
7	11	1,57	0,14
8	12	1,50	0,13
9	14	1,56	0,11
10	15	1,50	0,10
11	16	1,46	0,09
12	18	1,50	0,08
13	20	1,54	0,08
14	21	1,50	0,07
15	23	1,53	0,07
16	24	1,50	0,06
17	26	1,53	0,06
18	27	1,50	0,06
19	29	1,53	0,05
20	30	1,50	0,05

A estimativa da incerteza da massa total foi considerada 1g, pois para esses valores de massa a balança apresentou uma estabilidade em 1g de incerteza. A massa de um copo foi calculada pela divisão entre o número da massa total e os n copos usados. Para obtenção a estimativa da massa de apenas um copo foi utilizado a estimativa da incerteza da massa total dividido pelos n copos utilizados.

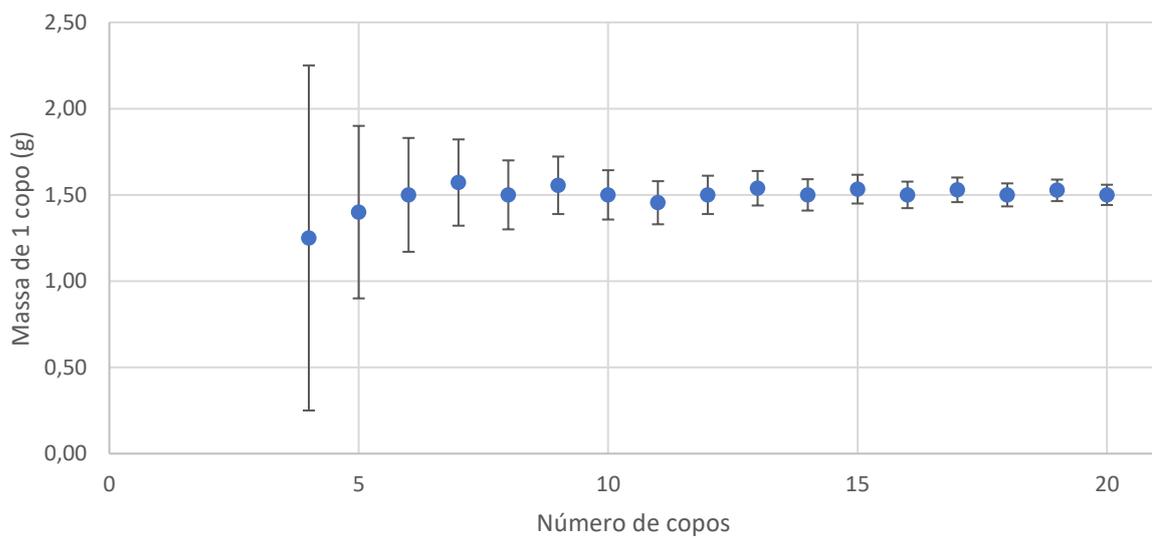
De acordo com os dados obtidos na tabela A.1, foi feito um gráfico (figura A.1) que mostra a relação do número de copos plásticos com a massa total medida. Pode ser visto que a balança possui um número mínimo de massa em que começa a ser registrado algum valor (neste caso são necessários 4 copos).

Um outro gráfico que pode ser visto na figura A.2 é o que relaciona o número de copos com a massa de apenas 1 copo. Conforme aumenta-se o número de copos, a incerteza da massa de um único copo diminui.

A partir destes resultados apresentados, optou-se pela quantidade de 20 copos para a determinação da massa de um único copo.



**Figura A.1:** Relação do número de copos plásticos com a massa obtida na leitura da balança modelo.



**Figura A.2:** Estimativa da massa de 1 copo descartável em função do número de copos medidos.

## *Apêndice B – Estimativa de custo dos materiais utilizados*

Abaixo segue a lista do material utilizado e a sua estimativa de custo em 17/07/2022:

- ✓ Balança digital – R\$ 30,00 (unidade);
- ✓ Seringa de 20 ml – R\$ 20,00 (10 unidades);
- ✓ Copos descartáveis de 200 ml – R\$ 7,00 (100 unidades);
- ✓ Garrafas de plástico – R\$ 2,00 (unidade);
- ✓ Óleo de soja – R\$ 12,00 (1 litro);
- ✓ Água – Use a água da torneira - custo zero;
- ✓ Calculadora – Os alunos podem utilizar a calculadora de seus telefones celulares - custo zero.

**Custo total estimado para 5 kits de material: R\$ 199,00.**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**MEDIR É PRECISO?**  
**(Guia do Aluno)**

**Lohan Walker**  
**Germano M. Penello**  
**Gustavo Rubini**

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Lohan Walker apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro

## Guia Experimental do Aluno - Parte I

Caros alunos, este guia experimental tem o objetivo conduzir vocês em atividades de medição para que possam começar a desenvolver algumas habilidades relacionadas às práticas de laboratório. As atividades devem ser realizadas em grupos de até 5 alunos.

Materiais necessários para o experimento:

- ✓ **Balança digital;**
- ✓ **Seringa de 20 ml;**
- ✓ **20 copos descartáveis de 200 ml;**
- ✓ **Uma garrafa de plástico (aproximadamente 250 ml);**
- ✓ **Óleo de soja (aproximadamente 200 ml);**
- ✓ **Água (aproximadamente 200 ml);**
- ✓ **Calculadora;**

Na Tabela 1, escrevam seus nomes ao lado de cada número abaixo, estes números serão utilizados ao longo do Guia Experimental.

**Tabela 1 – Nomes dos alunos.**

<b>Aluno</b>	<b>Nome:</b>
1	
2	
3	
4	
5	

### ETAPA 1

**1.1** - Em um primeiro momento peguem a garrafa de plástico e encham-na por completo com água. Peguem a balança digital e a posicionem sobre uma superfície plana e horizontal. Cada integrante do grupo (um de cada vez) deve colocar a garrafa sobre a balança e registrar na tabela 2 o valor de massa encontrada em cada uma das medições na leitura da balança. Vamos a partir de agora considerar o termo “leitura” como o número que aparece no visor da balança.

**Tabela 2 – Leitura de massa da garrafa.**

<b>Garrafa com água</b>	
<b>Aluno</b>	<b>Massa (g)</b>
1	
2	
3	
4	
5	

**1.2** - Após realizar as medições discuta em grupo. As massas obtidas apresentaram valores diferentes umas das outras? Se sim, por que isso aconteceu?

**1.3** – Compare a resposta do item **1.2** do seu grupo com a resposta do mesmo item de outro grupo. Os grupos pensaram a mesma coisa? Discutam entre si as justificativas para suas respostas.

Baseando-se nas observações feitas no item anterior, percebe-se que medidas experimentais podem variar em torno de um valor; esta variabilidade de valores está associada à ideia de **incerteza de medição**. Neste caso, pode-se propor que um **valor razoável** para a massa da garrafa seja a **média** dos valores medidos e uma estimativa da **incerteza ( $\sigma$ )** associada a essa medida, pode ser realizada da seguinte forma:

$$\text{ESTIMATIVA DA INCERTEZA} = \frac{\text{VALOR MÁXIMO} - \text{VALOR MÍNIMO}}{2}$$

**Observação:** Toda medida experimental deve conter um **valor**, sua **incerteza** e a **unidade de medida**. Exemplo:

$$\text{massa} = 2,5 \pm 0,8 \text{ g}$$

A estimativa do valor da massa também pode ser compreendida na forma de um conjunto de valores. O valor de **massa = 2,5 ± 0,8 g** pode ser representado como sendo **massa = [1,7 ; 3,3] g**. Ou seja, o valor desta massa está compreendido entre 1,7 g e 3,3 g.

**1.4** - Obtenham uma estimativa para o valor da massa da garrafa com água. Usem os valores de massa registrados por vocês na tabela 2.

## ETAPA 2

**2.1** - Peguem um copo descartável. Cada integrante do grupo deve colocar o copo descartável vazio sobre a balança e registrar, na tabela 3, o valor de massa encontrada na leitura da balança.

**Tabela 3** – Medida de massa do copo vazio.

Copo Vazio	
Aluno	Massa (g)
1	
2	
3	
4	
5	

**2.2** - Discutam sobre o resultado encontrado e anatem as conclusões.

É válido o grupo pensar que de fato o copo tem massa, pois sobre ele é exercida uma força peso. Um dos indícios de que sobre um corpo é aplicada uma força peso é o fato de que se elevarmos o copo e soltarmos no ar ele certamente cairá.

Por isso, se a massa do copo não pode ser zero, precisamos determinar uma maneira de estimar a massa do copo. A seguir iremos criar um procedimento para fazer essa estimativa.

**2.3** – Peguem 20 copos descartáveis de 200 ml. Coloquem os copos uns sobre os outros, fazendo assim, uma pilha de copos. Cada aluno irá posicionar os copos sobre a balança e registrar um a um os valores de massa encontrada na leitura da tabela 4.

**Tabela 4 – Leituras de massa com 20 copos.**

<b>Pilha de copos vazio</b>	
<b>Aluno</b>	<b>Massa (g)</b>
1	
1	
2	
2	
3	
3	
4	
4	
5	
5	

**2.3.1 - Qual foi o maior valor de massa encontrada?**

**2.3.2 - Qual foi o menor valor de massa encontrada?**

**2.3.3 - Obtenha uma estimativa para o valor da massa dos 20 copos.**

O valor encontrado acima foi o valor da massa dos 20 copos descartáveis juntos. Considerando que todos os copos são perfeitamente iguais e possuem a mesma massa, pode-se estimar o valor da massa de um único copo. Nesse caso, para encontrar o valor da massa de apenas 1 copo, pega-se o valor e divide-se por 20, assim como a incerteza encontrada será dividida por 20.

**2.3.4** - Estimem a massa de apenas 1 copo, juntamente com sua incerteza.

--

### ETAPA 3

**3.1** - Agora peguem a seringa e dois copos descartáveis. Um copo deve ser preenchido com água e o outro copo deve ser preenchido com óleo de soja. Preencham cada um dos copos, com um auxílio da seringa, até um volume de 60 ml, garantindo que o volume nos dois copos seja igual.

**3.2** - Façam medidas do sistema do copo com água e também do sistema copo com óleo. Preencham a tabela 5 com as informações coletadas.

**Tabela 5** – Leitura de massa do copo com água e copo com óleo.

Copo com água	
Aluno	Massa (g)
1	
2	
3	
4	
5	

Copo com óleo	
Aluno	Massa (g)
1	
2	
3	
4	
5	

Estimem o valor da massa do copo com água e do copo com óleo e suas respectivas incertezas.

**3.3** - Qual sistema registrou maior massa, copo com água ou copo com óleo?

**3.4** - Prevejam o que acontecerá se despejarmos lentamente os dois líquidos em um único recipiente: qual líquido ficaria em cima e qual ficaria em baixo? Por quê?

**3.5** - Agora, peguem o copo com água e despejem lentamente a água no outro copo contendo óleo.

**3.5.1** - Após alguns segundos como ficou a configuração final dos dois líquidos em um mesmo copo? O fenômeno observado está de acordo com a previsão que o grupo fez no item **3.4**?

Neste momento é importante ser apresentada a definição de **densidade (d)**, que é uma grandeza física que está relacionado com a massa de um corpo (m) e o volume (V) que este corpo possui.

$$d = \frac{m}{V}$$

A unidade de medida da densidade usada será  $\frac{g}{ml}$ . O cálculo da incerteza da densidade pode ser feito da maneira a seguir.

a) Realizar uma estimativa do **limite superior** da densidade.

$$\text{Limite superior} = \frac{\text{maior valor medido de massa}}{\text{menor valor medido de volume}}$$

b) Realizar uma estimativa do **limite inferior** da densidade.

$$\text{Limite inferior} = \frac{\text{menor valor medido da massa}}{\text{maior valor medido do volume}}$$

Segue abaixo um exemplo de como estimar a incerteza da densidade de um líquido, a partir de medidas de massa e de volume.

$$\begin{aligned} \text{massa} &= 102 \pm 4 \text{ g} \\ \text{volume} &= 99,0 \pm 0,5 \text{ ml} \end{aligned}$$

**Tabela 6** – Medidas do limite superior e inferior de um exemplo sobre densidade.

	<b>Maior valor medido</b>	<b>Menor valor medido</b>
<b>Massa</b>	<b>106</b>	<b>98</b>
<b>Volume</b>	<b>99,5</b>	<b>98,5</b>

$$\text{Limite superior da densidade} = 106/98,5 = 1,08 \frac{g}{ml}$$

$$\text{Limite inferior da densidade} = 98/99,5 = 0,98 \frac{g}{ml}$$

c) Para estimar a incerteza da densidade

$$\text{incerteza} = \frac{\text{limite superior} - \text{limite inferior}}{2}$$

Então, nesse caso:

$$\text{incerteza} = \frac{1,08 - 0,98}{2} \rightarrow \text{incerteza} = 0,05 \frac{g}{ml}$$

**Observação:** A incerteza do volume pode ser estimada com o seguinte pensamento. Imaginem que uma medida foi realizada e o seu volume está representado pelo ponto registrado na figura 1.

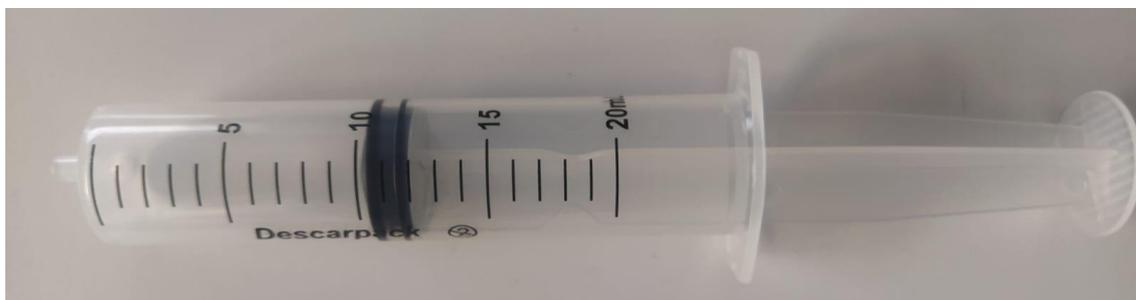


Figura 1 – A leitura da seringa está entre 10 ml e 11 ml e o valor medido deve ser estimado considerando as subdivisões da escala.

Na seringa de 20 ml representada na figura 1 cada divisão da seringa representa 1 ml. Neste caso a leitura da seringa não coincide com nenhuma das marcações na escala. O valor pode estar entre 10 ml e 11 ml, ou seja, existe erro de leitura ou julgamento do observador quanto à estimativa. Para este caso podemos estimar a incerteza como sendo a metade da menor divisão da seringa, ou seja 0,5 ml.

$$\Delta v = \frac{1 \text{ ml}}{2} \rightarrow \Delta v = 0,5 \text{ ml}$$

Para apenas uma medição com a seringa será utilizado 0,5 ml para a estimativa de incerteza. Porém a cada nova medida é necessário saber a nova incerteza associada a esta medição. Para isso existe uma relação de estimativa de incerteza, representada na equação 1.

$$i_c = \sqrt{i_1^2 + i_2^2 + \dots + i_N^2} \text{ equação (1).}$$

Onde,  $i_c$  é a incerteza combinada e  $i_N$  são as incertezas associada aos dados experimentais das N medidas. Na tabela 7 encontram-se os valores das incertezas que deverão ser utilizadas para o volume a partir deste ponto do guia.

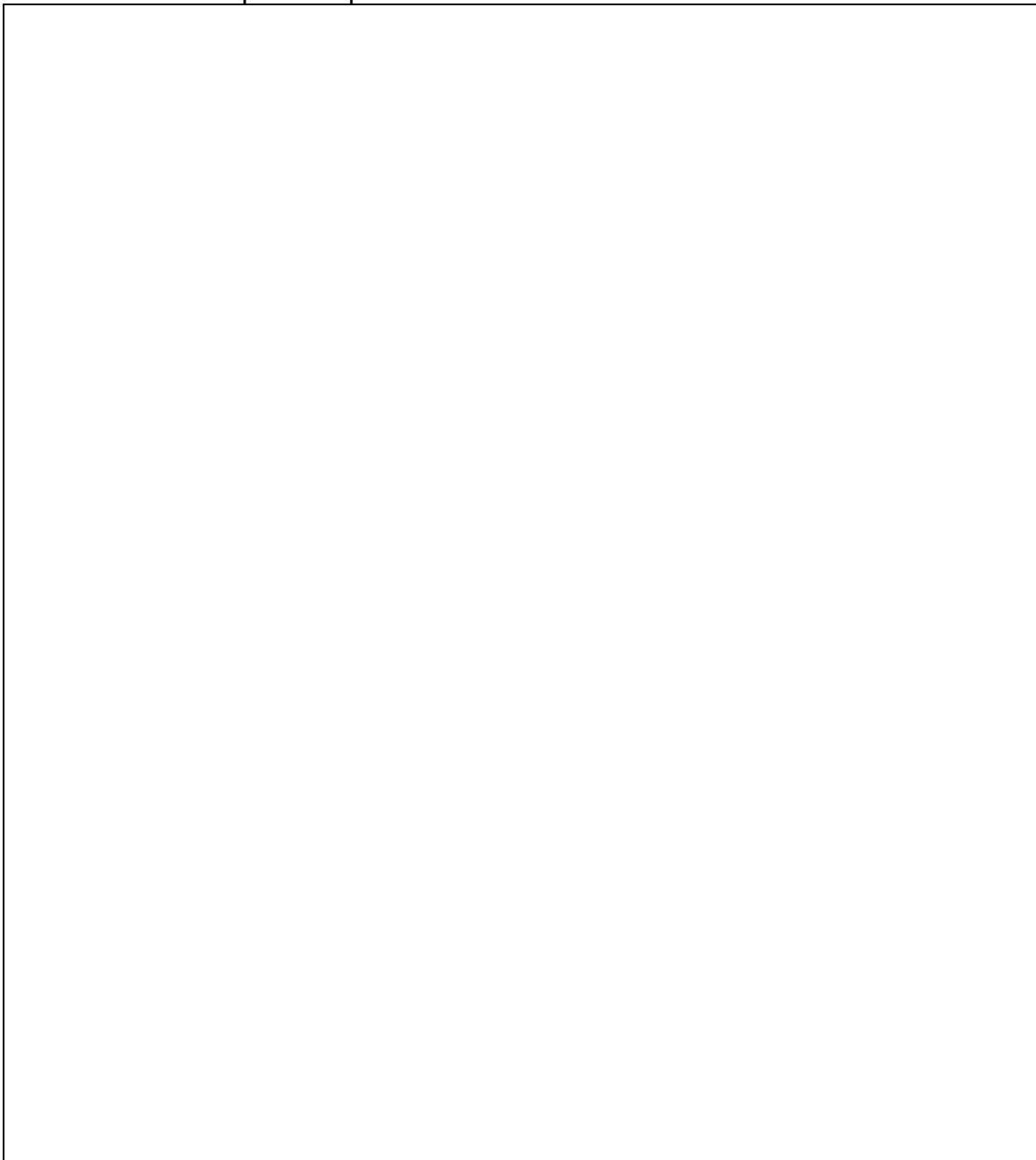
Tabela 7 – Valores para a incerteza do volume com seringa.

Número de medidas com a seringa	Estimativa de incerteza (ml)
<b>1</b>	<b>0,5</b>
<b>2</b>	<b>0,7</b>
<b>3</b>	<b>0,9</b>
<b>4</b>	<b>1,0</b>
<b>5</b>	<b>1,1</b>

Com essas informações, o grupo já consegue estimar o valor da densidade da água e do óleo.

**3.6** - Estimem o valor da densidade e da incerteza dos líquidos água e óleo com os dados preenchidos na tabela 5. Qual dos líquidos possui maior densidade?

**Observação:** É necessário descontar o valor da massa do copo para poder calcular a densidade dos líquidos aqui mencionados.

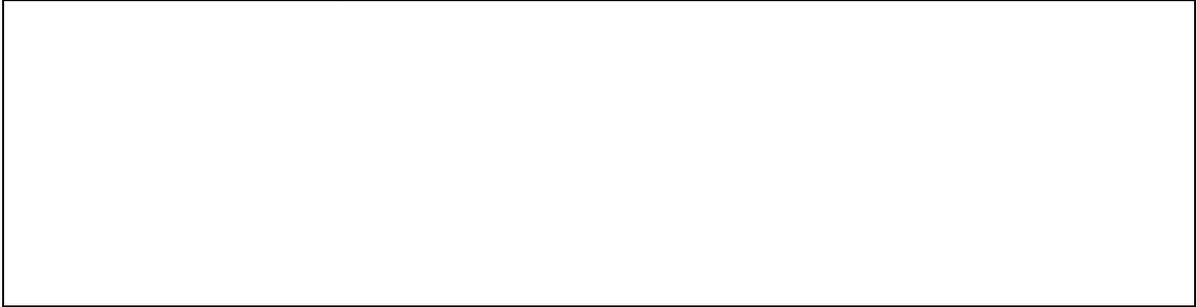


No item **3.5.1** o grupo observou como ficou a configuração água e óleo no copo. Então pode-se pensar em dois casos diferentes:

**HIPÓTESE A:** O líquido que ficou na parte de baixo do copo possui uma massa maior que o líquido que ficou na parte de cima.

**HIPÓTESE B:** O líquido que ficou na parte de baixo do copo possui uma densidade maior que o líquido que ficou na parte de cima.

**3.7** - É possível descartar alguma das duas hipóteses acima com os dados obtidos até o momento? Justifiquem.



Reflitam sobre como poderíamos testar estas hipóteses. Continuaremos esta atividade na próxima aula.

## Guia Experimental do Aluno - Parte II

Caros alunos, esta é a parte II do guia experimental. Os grupos serão os mesmos do último encontro. O encontro dessa semana tem por objetivo chegar a uma conclusão sobre as hipóteses feitas no último encontro. Vocês vão obter dados experimentais por meio da utilização da seringa e da balança como instrumentos de medida. Além disso, poderão compreender melhor sobre a relação entre a estimativa de incerteza e precisão.

Segue a lista de materiais necessários:

- ✓ **Balança digital;**
- ✓ **Seringa de 20 ml;**
- ✓ **Copos descartáveis de 200 ml;**
- ✓ **Óleo de soja (aproximadamente 200 ml);**
- ✓ **Água (aproximadamente 200 ml);**
- ✓ **Calculadora;**

### ETAPA 4

Na última aula, observamos um fenômeno e foram apresentadas duas hipóteses para explicá-lo:

**HIPÓTESE A:** O líquido que ficou na parte de baixo do copo possui uma massa maior que o líquido que ficou na parte de cima.

**HIPÓTESE B:** O líquido que ficou na parte de baixo do copo possui uma densidade maior que o líquido que ficou na parte de cima.

Na Ciência, as hipóteses nunca podem ser confirmadas apenas rejeitadas (ou descartadas). Para o progresso científico, é sempre desejável descartar hipóteses de maneira a ficar com apenas uma hipótese plausível que sustente os resultados experimentais.

**4.1** – Pensem em alguma proposta ou ideia experimental a fim de descartar a hipótese A ou a hipótese B. Registrem abaixo o resultado da discussão do grupo.

Discuta com o professor e com os outros grupos as ideias registradas no item **4.1**.

**4.2** – Nesse momento serão realizadas novas medidas da massa de água e da massa de óleo, porém agora com volumes diferentes. Peguem dois copos plásticos descartáveis. Preencham um copo com 30 ml de água com o auxílio da seringa. No outro copo preencham com 60 ml de óleo, também utilizando a seringa.

**4.2.1** - Estimem a massa do copo com água e a massa do copo com óleo utilizando a balança e registrem na tabela 8.

**Tabela 8** – Leitura de massa do copo com água e copo com óleo.

<b>Copo com água</b>	
<b>Aluno</b>	<b>Massa (g)</b>
1	
2	
3	
4	
5	

<b>Copo com óleo</b>	
<b>Aluno</b>	<b>Massa (g)</b>
1	
2	
3	
4	
5	

--

**4.2.2** - Qual sistema possui maior massa, copo com água ou copo com óleo?

**4.2.3** - Calculem a densidade dos líquidos água e óleo com os dados preenchidos na tabela 7. Qual possui maior densidade?

**Observação:** Lembrem-se de descontar a massa do copo descartável, encontrado no item **2.3.4** do Guia Experimental **Parte I**.

**4.3** - Prevejam o que acontecerá se despejarmos lentamente os dois líquidos em um único recipiente, qual líquido ficaria em cima e qual ficaria em baixo? Por quê?

**4.4** - Agora, peguem o copo com água e despejem lentamente a água no outro copo contendo óleo.

**4.4.1** - Após uns instantes como ficou a configuração final dos dois líquidos em um mesmo copo? Ela é igual à do item **3.5.1** quando os volumes eram iguais, feito no Guia Experimental **Parte I**?

Depois de finalizada esta etapa podemos retornar às hipóteses A e B feitas anteriormente.

**HIPÓTESE A:** O líquido que ficou na parte de baixo do copo possui uma massa maior que o líquido que ficou na parte de cima.

**HIPÓTESE B:** O líquido que ficou na parte de baixo do copo possui uma densidade maior que o líquido que ficou na parte de cima.

**4.4.2** - A partir dos resultados obtidos, é possível descartar alguma das hipóteses? Justifiquem.

**4.5** - Comparem os valores medidos para a densidade da água dos itens **3.6** (Guia Experimental **Parte I**) e **4.2.3** (Guia Experimental **Parte II**).

**Tabela 9 – Comparação entre densidade da água com volumes diferentes.**

Densidade de 60 ml de água	Densidade de 30 ml de água

4.5.1 – O que é possível afirmar sobre a densidade da água a partir da tabela 9?

**ETAPA 5**

5.1 - Peguem a balança e posicionem ela em uma superfície plana e horizontal. Em seguida coloquem o copo plástico descartável com água sobre a balança. Preencham a tabela 10 fazendo, para cada um dos valores de volume presentes na tabela 10, 5 medidas da massa da água e estimando o seu valor e sua incerteza. Lembrem-se de descontar a massa do copo encontrada no item 2.1.4 no **Guia Experimental Parte I**.

**Tabela 10 – Valores medidos de volume e massa de água.**

Volume da Água (ml)	Leituras da Massa da Água (g)	Medida da Massa da Água (g)
20,0 ± 0,5	• • • • •	
40,0 ± 0,8	• • • • •	
60,0 ± 1,0	• • • • •	
80,0 ± 1,2	• • • • •	
100,0 ± 1,5	• • • • •	

A partir destes dados coletados é possível obter a densidade da água.

## ETAPA 6

**6.1** - Tendo como referência os dados da tabela 10 **calculem a densidade da água para cada linha** e preencham a tabela 11. Qualquer dúvida no cálculo da densidade e sua incerteza o grupo poderá lembrar através das páginas 7 e 8 do Guia Experimental Parte 1.

--

**Observação:** Não esqueçam que toda medida tem valor, incerteza e unidade de medida.

**Tabela 11 – Estimativas de densidade e incerteza da água.**

Medida de Volume da Água (ml)	Medida de Massa da Água (g)	Valor da Densidade da Água (g/ml)	Limite Superior da Densidade (g/ml)	Limite Inferior da Densidade (g/ml)	Estimativa da incerteza (g/ml)
20,0 ± 0,5					
40,0 ± 0,7					
60,0 ± 0,9					
80,0 ± 1,0					
100,0 ± 1,1					

**6.2** – Observando a tabela 11 o grupo consegue identificar padrões dos dados preenchidos? Justifique.

**6.3** – Compare com outro grupo os padrões observados na tabela 11.

## ETAPA 7

Até agora utilizamos um método que superestima as incertezas experimentais. A diferença entre o maior e o menor valor se chama **amplitude** e até o momento utilizou-se a metade da amplitude como estimativa simplificada de incerteza.

**7.1 - A partir daqui o professor utilizará os dados que o grupo obteve para mostrar, através de uma planilha eletrônica alguns padrões encontrados.** Todos os grupos quando chegarem neste item devem parar e esperar os demais para seguirem juntos com o professor.

A metade da amplitude de medida é uma estimativa grosseira da incerteza pois utiliza apenas os dois valores extremos, porém é possível obter estimativas com incertezas menores, por meio da utilização de todos os pontos medidos no conjunto de dados. Existem outras formas de se obter uma melhor estimativa para a incerteza e que levam em consideração todo o conjunto de dados. Verifique com seu professor algumas dessas formas.

**7.2 - Depois da análise juntamente com o professor.** Quais padrões foram observados pelo grupo a partir dos dados colocados na planilha?

**7.3** – O valor medido de uma grandeza se torna mais preciso a partir de um único dado analisado ou a partir de um conjunto de dados? Justifiquem.

**7.4** – Observando os dados medidos para essa faixa de volume, é possível afirmar que a densidade da água é constante? Justifiquem.

**7.5** – Se a resposta ao item **7.4** foi positiva, qual foi o valor encontrado para a densidade da água? Se a resposta for negativa, justifiquem.

## ETAPA 8

Nessas atividades do Guia Experimental parte I e II, vocês tiveram contato com alguns pontos importantes para o raciocínio científico e para o desenvolvimento de práticas experimentais relacionadas ao processo de medição.

Nessas atividades do Guia Experimental foi visto que toda medida deve ser representada através de um **valor**, uma **incerteza** e **unidade de medida**. Foi reforçada a importância do uso correto dos algarismos significativos na representação dos valores e das incertezas.

Nessas atividades do Guia Experimental, vocês fizeram medidas diretas e medidas indiretas. Associe a seguir a definição sobre o que é medida direta e medida indireta.

a) Medidas diretas são	( ) medições feitas a partir da relação matemática entre uma ou mais grandezas
b) Medidas indiretas são	( ) medidas feitas a partir da leitura de um instrumento de medição e envolve apenas uma grandeza.

A partir dessas medidas, vocês puderam estimar as incertezas experimentais seja pela resolução do instrumento de medida ou pela variabilidade do conjunto dos dados experimentais. Essas incertezas estão associadas à precisão de uma medida, ou seja, quanto menor a incerteza mais precisa é a medida. Também foram analisadas as incertezas absolutas e as incertezas relativas do conjunto de dados.

A comparação entre os valores medidos e o valor de referência indicam o grau de concordância entre eles, ou seja, a exatidão ou acurácia de uma medida.

a) Precisão	( ) É relacionada com a incerteza de um valor medido, obtido por medições repetidas.
b) Exatidão (ou Acurácia)	( ) É a comparação entre os valores medidos e o valor de referência, indicando o grau de concordância entre eles.

Esses conceitos relacionados à medição foram necessários para que pudéssemos investigar propriedades de alguns fluidos. Vocês verificaram que densidade da água permaneceu constante para os volumes medidos. Logo, a água se comporta como um líquido incompressível nestes volumes analisados.

Vocês puderam testar e descartar hipóteses a partir dos dados coletados e analisados, uma parte essencial do processo científico.

Espero que tenham gostado e aproveitado o aprendizado adquirido com esta atividade experimental.