



A Determinação da Densidade de Sólidos e Líquidos

Janaína César

Marco-Aurélio De Paoli

João Carlos de Andrade *

dandrade@iqm.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química

Experimento testado por Alana dos Reis Figueiredo

Informações do Artigo

Histórico do Artigo

Criado em Julho de 2004

Palavras-Chaves

Densidade
Densidade Absoluta
Densidade Relativa
Propriedades químicas
Propriedades físicas

Resumo

Muitos estudantes pensam que a densidade é apenas o resultado de uma operação aritmética de divisão entre a massa e o volume de uma substância, mas esse conceito é muito mais amplo e está relacionado a outros, como compressão e empacotamento. Por exemplo, quanto maior for o empacotamento dos átomos, mais densa é a substância. Da mesma forma, quanto maior for a compressão sobre um objeto, maior será a sua densidade. Nesse trabalho serão abordados apenas os aspectos mais diretos e as técnicas de laboratório mais comuns envolvidas na determinação da densidade de sólidos e líquidos, mas vale a pena buscar um detalhamento mais profundo sobre o conceito de densidade. O experimento proposto, de caráter conceitual e metodológico, tem uma duração prevista de duas horas de atividades em laboratório, com baixo grau de risco.

Chemkeys. Licenciado sob Creative Commons (BY-NC-SA)

Introdução

As propriedades dos materiais são agrupadas em químicas e físicas. As propriedades químicas descrevem uma transformação química, tal como a interação de uma substância com outra, ou a transformação de uma substância em outra. As propriedades físicas não envolvem qualquer mudança na composição ou identidade da substância, isto é, são propriedades que podem ser observadas e medidas sem modificação de sua composição. As propriedades físicas podem ser classificadas como extensivas ou intensivas.

As propriedades extensivas são diretamente proporcionais à quantidade de matéria da substância presente da amostra,

enquanto que as intensivas independem da quantidade de matéria. Temperatura (T), pressão (p), cor e densidade (d) são propriedades intensivas, enquanto que massa (m) e volume (V) são propriedades extensivas.

É importante ressaltar que uma propriedade extensiva pode ser convertida em uma propriedade intensiva de duas maneiras: 1) dividindo-se a propriedade extensiva pela quantidade de matéria ou 2) dividindo-se por outra propriedade extensiva - usualmente massa ou volume. Por exemplo, a densidade, que é uma propriedade intensiva, é dada pela razão massa/volume.

* Autor para contato

Definições e conceitos [2]

A densidade absoluta (ρ) de uma substância é definida [2] como a relação entre a sua massa e o seu volume:

$$\rho = m/v$$

A densidade absoluta é também uma propriedade específica, isto é, cada substância pura tem uma densidade própria, que a identifica e a diferencia das outras substâncias.

A densidade relativa

$$d = \rho / \rho^0$$

de um material é a relação entre a sua densidade absoluta e a densidade absoluta de uma substância estabelecida como padrão. No cálculo da densidade relativa de sólidos e líquidos, o padrão usualmente escolhido é a densidade absoluta da água, que é igual a $1,000 \text{ kg dm}^{-3}$ (equivalente a $1,000 \text{ g cm}^{-3}$) a 4°C , dado por

$$\rho^0 = \rho (\text{H}_2\text{O}, 4^\circ\text{C})$$

No caso de gases, a densidade relativa é tomada em relação ao ar ou ao hidrogênio.

Tabela 1 - Grandezas, símbolos e unidades.

| Nome da Grandeza | Símbolo | Nome da Unidade | Símbolo |
|--------------------|---------|-----------------------------|--------------------|
| Densidade | ρ | quilograma por metro cúbico | kg m^{-3} |
| Densidade relativa | d | adimensional | ----- |
| Massa | m | quilograma | kg |
| Volume | V | metro cúbico | m^3 |
| Temperatura | T | kelvin | K |
| Pressão | p | pascal | Pa |

A densidade é uma propriedade física importante e pode ser utilizada para distinguir um material puro de um impuro (ou de ligas desse metal), pois a densidade dos materiais que não são puros (misturas) é uma função da sua composição. Ela também pode ser utilizada na

identificação e no controle de qualidade de um determinado produto industrial, bem como ser relacionada com a concentração de soluções.

A densidade de um sólido pode ser determinada *pesando-o*¹ cuidadosamente e em seguida determinando seu volume. Se o sólido apresentar uma forma irregular (o que torna impossível medir suas dimensões), o volume poderá ser determinado utilizando um método de deslocamento [3]. Basicamente, determina-se a massa de uma amostra do



Figura 1: Representação da posição do menisco.

sólido e então transfere-se quantitativamente essa massa para um instrumento volumétrico graduado apropriado (ex: proveta ou bureta), parcialmente cheio com água (ou em algum líquido no qual o sólido não flutue). O sólido deslocará um volume de líquido igual ao seu volume. Assim, ao anotar a posição do *menisco*² (Figura 1) [4] antes e depois da adição do sólido, o volume poderá ser deduzido [5].

A densidade dos líquidos pode ser determinada analogamente à densidade dos sólidos, medindo-se a sua massa e determinando-se o seu volume. Entretanto, no caso dos líquidos, uma alteração relativamente pequena na temperatura pode afetar consideravelmente o valor da densidade, enquanto que a alteração de pressão tem que ser relativamente alta para que o valor da densidade seja afetado [6].

A densidade apresenta variações periódicas com o número atômico, mas essas variações não são regulares, já que a relação entre as propriedades físicas e a configuração eletrônica não é direta [7]. Pense nisso! **(Descreva em seu relatório, de uma forma breve, que conclusões podem ser retiradas desta afirmação).**

¹ A pesagem é um procedimento necessário em quase todas as análises, seja para a medida do tamanho da amostra, seja no preparo de soluções-padrão, dentre outros. Em um trabalho de rotina, as massas pesadas podem variar de vários gramas a alguns miligramas, ou menos. O conhecimento dos procedimentos de pesagem são detalhes importantes a serem considerados. Quando a quantidade de substância a ser pesada não requer precisão, pode-se empregar uma balança com duas ou três casas decimais, equivalentes a precisões entre $\pm 1\text{mg}$ e $\pm 10\text{mg}$. Se forem necessárias pesagens mais precisas, deve-se empregar balanças analíticas, com um precisão de pelo menos $\pm 0,1\text{mg}$ (quatro casas decimais).

² A leitura correta do menisco deve ser feita na perpendicular, para evitar os erros de paralaxe. O ponto máximo ou mínimo da curvatura do menisco é que deve ser usado como referência para a leitura da magnitude do volume que está sendo medido. Por que o menisco é curvo? A resposta termodinâmica para essa pergunta é discutida na referência [4].

Reagentes e Materiais

Os reagentes e materiais (Figura 2) necessários para esse experimento são:

- Balança analítica³ (Figura 3)
- Uma proveta de 10,0mL
- Um picnômetro⁴ (Figura 4) de 25,0mL
- Um béquer de 50,0mL e dois béqueres de 250,0mL
- Uma Pisseta
- Água destilada
- Bico de Bunsen
- Tripé
- Tela de amianto
- Caixa de fósforos (ou similar)
- Pregos (de ferro ou de aço), aparas de alumínio e fios de cobre. O tamanho das amostras devem apresentar dimensões compatíveis com as dimensões das vidrarias utilizadas (proveta e picnômetro).
- Leite (O ideal seria que metade dos alunos determinassem a densidade de uma amostra de leite integral e a outra metade de leite desnatado)
- Álcool comercial
- Termômetro
- Tiras de papel higiênico
- Pinça



Figura 3: Balança Analítica.



Figura 4: Picnômetro

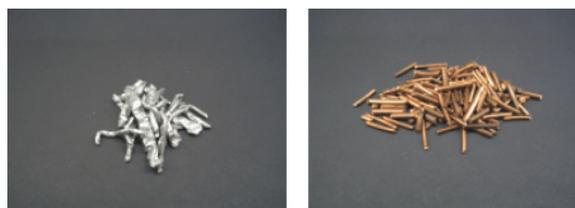


Figura 5: Aparas de alumínio (esquerda) e fios de cobre (direita).

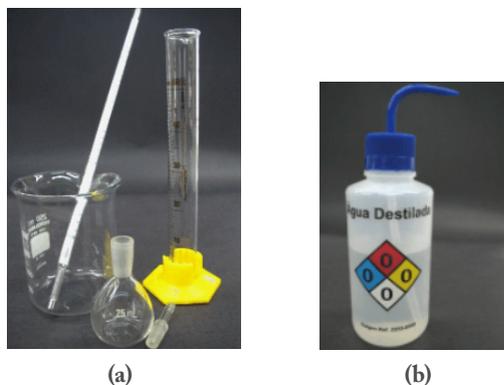


Figura 2: Materiais necessários para o experimento. (a) vidrarias; (b) pisseta de 250mL.

Procedimento Experimental

Medidas da densidade de sólidos

Neste experimento você trabalhará com diferentes metais os quais apresentarão diferentes formas. O objetivo é que você determine a densidade de cada amostra (utilizando proveta e picnômetro) e que posteriormente se faça uma comparação entre os resultados obtidos e uma tabela de densidades conhecidas [6]. Pense nisso! **(Descreva em seu relatório outros métodos para se determinar a densidade de sólidos)**

³ A balança analítica é um dos instrumentos de medida mais usados no laboratório e dela dependem basicamente todos os resultados analíticos. As balanças analíticas modernas, que podem cobrir faixas de precisão de leitura da ordem de 0,1 µg a 0,1 mg, já estão bastante aperfeiçoadas a ponto de dispensarem o uso de salas especiais para a pesagem. Mesmo assim, o simples emprego de circuitos eletrônicos não elimina as interações do sistema com o ambiente. Destes, os efeitos físicos são os mais importantes, pois não podem ser suprimidos.

⁴ É principalmente utilizado para determinar a densidade de amostras líquidas, mas eventualmente pode ser usado em amostras sólidas. São feitos de vidro resistente, com baixo coeficiente de expansão térmica. Existem vários modelos diferentes, porém o mais comum é o mostrado na figura ao lado. É apresentado geralmente em volumes de 25,0 mL ou 50,0 mL e tem precisão até a quarta casa decimal.

a) Utilizando a proveta

- Pese aproximadamente 5,000g de pregos(s) e anote sua massa. Com o auxílio de uma pisseta, coloque água destilada na proveta até aproximadamente a metade de sua capacidade total. Ajuste o menisco e anote o volume.
- Introduza o(s) prego(s) na proveta (sugestão: incline a proveta num ângulo de aproximadamente 30° ao introduzir a amostra, para evitar o impacto entre a amostra e o fundo da proveta e para impedir que parte da água destilada espirre para fora)
- Anote o novo volume. (sugestão: anote o novo volume após bater levemente na lateral da proveta algumas vezes para eliminar bolhas de ar que eventualmente tenham ficado retidas na superfície da amostra).
- Meça a diferença entre o volume inicial e o volume final, esta medida fornecerá o volume da amostra.
- Com os resultados obtidos acima, calcule a densidade da amostra.
- Compare a densidade calculada para o prego com a Tabela 2.
- Repita a operação para as demais amostras (aparas de alumínio e fios de cobre), anotando os valores encontrados para cada uma delas na Tabela 5.

Tabela 2 - Densidades aproximadas de algumas substâncias [8]

| Substância | Densidade (g cm ⁻³) | Substância | Densidade (g cm ⁻³) |
|------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|
| Álcool | 0,79 | Níquel | 8,9 |
| Alumínio | 2,7 | Platina | 21,4 |
| Latão | 8,4 | Porcelana | 2,4 |
| Cobre | 8,9 | Prata | 10,5 |
| Vidro | 2,6 | Aço inoxidável | 7,9 |
| Ouro | 19,3 | Água | 1,0 |
| Ferro | 7,9 | Estanho | 7,26 |
| Mercúrio | 13,6 | | |

b) Utilizando o picnômetro

O picnômetro deve ser previamente calibrado, conforme as instruções abaixo:

- Em um béquer de 250,0mL limpo, coloque aproximadamente 150,0mL de água destilada. Aguarde algum tempo (até atingir o equilíbrio térmico à temperatura ambiente) e, com o auxílio de um termômetro de mercúrio, meça a temperatura da água.
- Pese cuidadosamente o picnômetro vazio e seco. Anote sua massa. Utilize um pedaço de papel para

carregar o picnômetro.

- Complete o picnômetro com água destilada do béquer. Tampe o picnômetro de maneira que o excesso de água escorra pelo capilar. Verifique se bolhas de ar não ficaram aprisionadas no interior do picnômetro. Se isso ocorreu, remova-as e preencha-o novamente. Coloque o picnômetro preenchido dentro do béquer contendo o restante da água destilada, evitando que o nível de água do béquer atinja a tampa do picnômetro. Aguarde 15 minutos para que se atinja o equilíbrio térmico. Verifique novamente e anote a temperatura da água no béquer. Através da Tabela 3, determine a densidade da água nessa temperatura. Interpolar para frações de grau Celsius, se necessário.
- Com um pano ou papel poroso, enxugue o líquido presente na parte externa do picnômetro.
- Pese o picnômetro com água. Anote a massa. Utilize um pedaço de papel para carregar o picnômetro.
- Repita a pesagem mais duas vezes retirando o picnômetro da balança a cada pesagem. Atenção! Procure realizar esta operação o mais delicada e rapidamente possível, para não sujar ou engordurar as paredes externas do picnômetro e para evitar que o líquido mude de temperatura com relação à ambiente.
- A diferença entre essa massa e a massa do picnômetro vazio permitirá determinar a massa de água contida no picnômetro.
- Complete a Tabela 6 com os dados obtidos e determine a capacidade do picnômetro.

Tabela 3 - Densidade absoluta da água [8]

| T (°C) | d/(g cm ⁻³) | T (°C) | d/(g cm ⁻³) |
|--------|-------------------------|--------|-------------------------|
| 10 | 0,999700 | 20 | 0,998203 |
| 11 | 0,999605 | 21 | 0,997992 |
| 12 | 0,999498 | 22 | 0,997770 |
| 13 | 0,999377 | 23 | 0,997538 |
| 14 | 0,999244 | 24 | 0,997296 |
| 15 | 0,999099 | 25 | 0,997044 |
| 16 | 0,998943 | 26 | 0,996783 |
| 17 | 0,998774 | 27 | 0,996512 |
| 18 | 0,998595 | 28 | 0,996232 |
| 19 | 0,998405 | 29 | 0,995944 |

Atenção: Utiliza-se geralmente água para a calibração dos instrumentos utilizados em densimetria, porém as medidas de densidade são afetadas pela variação da temperatura. Para a água à temperatura ambiente, a densidade decresce cerca de 0,03% por °C de aumento de temperatura [9].

Para a determinação da densidade das amostras sólidas:

- Lave o picnômetro com álcool.
- Determine a massa do picnômetro vazio, após secá-lo. Utilize um pedaço de papel para carregar o picnômetro.
- Adicione o(s) prego(s). Coloque água destilada até aproximadamente metade do volume do picnômetro e mergulhe-o em um béquer contendo água destilada em ebulição para remover as bolhas de ar que ficaram aderidas na superfície do sólido.
- Mergulhe o picnômetro em um béquer com água à temperatura ambiente durante 10 minutos. Troque a água do béquer algumas vezes durante este período.
- Retire o picnômetro do béquer, preencha-o com água destilada. É importante tomar cuidado ao encher o frasco com a água, para não ocorrer formação de bolhas. Isso acarretaria erros nos resultados.
- Coloque a tampa de maneira que o excesso de água esorra pelo capilar. Com um pano ou papel poroso, enxugue o líquido presente na parte de fora do picnômetro.
- Pese novamente o picnômetro contendo (amostra + água destilada) e anote sua massa. Pese mais duas vezes retirando o picnômetro da balança a cada pesagem. Utilize um pedaço de papel para carregar o picnômetro.
- Repita a operação para as demais amostras (aparas de alumínio e fios de cobre).
- Construa uma tabela semelhante à Tabela 7 para cada uma das amostras (prego, Al e Cu) e calcule os valores de suas densidades.
- Complete a Tabela 8 com os dados obtidos na Tabela 7.
- Determine a massa do picnômetro vazio e calibre-o (veja o item discutido acima).
- Lave três vezes o picnômetro com um pequeno volume do líquido cuja densidade será determinada (álcool comercial) para remover os resíduos de água do seu interior. Descarte estas alíquotas num local apropriado.
- Adicione o álcool (sugestão: ao encher o frasco com álcool, tome cuidado para não haver a formação de bolhas, pois isto acarretaria erros nos resultados) e coloque a tampa de maneira que o excesso de líquido esorra pelo capilar. Com um pano ou papel poroso, enxugue o líquido presente na parte externa do picnômetro.
- Pese o picnômetro (contendo o líquido) e anote sua massa. Repita a pesagem mais duas vezes retirando o picnômetro da balança a cada pesagem. Utilize um pedaço de papel para carregar o picnômetro.
- Meça a temperatura do líquido.
- Complete a Tabela 9. A diferença entre essa massa e a massa do picnômetro vazio permitirá determinar a massa do álcool. Como o volume do álcool corresponde ao volume do picnômetro determinado durante a calibração, a densidade do álcool poderá ser facilmente determinada.

c) A determinação da densidade do leite

Por quê o leite? Desde o nascimento do ser humano, o leite apresenta-se quase indissociável de sua alimentação. A melhoria na qualidade de vida do ser humano é ressaltada pela vital necessidade de se ter alimentos saudáveis. O leite é constituído principalmente por água, gordura, vitaminas, proteínas, enzimas, lactose e substâncias minerais. A Tabela 4 apresenta a composição média do leite de vaca. A densidade do leite varia entre $1,023 \text{ g mL}^{-1}$ e $1,040 \text{ g mL}^{-1}$, a 15°C . O valor médio é $1,032 \text{ g mL}^{-1}$. O leite com alto teor de gordura apresenta maior densidade em relação ao leite com baixo teor de gordura [10].

Tabela 4 - Composição média do leite de vaca [10]

| Constituinte | Teor (g kg^{-1}) | Variação (g kg^{-1}) |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Água | 873 | 855 - 887 |
| Lactose | 46 | 38 - 53 |
| Gordura | 39 | 24 - 55 |
| Proteínas | 32,5 | 23 - 44 |
| Substâncias minerais | 6,5 | 5,3 - 8,0 |
| Ácidos orgânicos | 1,8 | 1,3 - 2,2 |
| Outros | 1,4 | |

Medidas da densidade de líquidos

a) A determinação da densidade do álcool comercial

Além de ser amplamente utilizado como combustível, o álcool também está presente na indústria farmacêutica, de cosméticos, de higiene e limpeza e como solvente na indústria de tintas e vernizes.

O poder bactericida desse composto, associado ao seu poder solubilizante, à sua alta taxa de evaporação e ao seu baixo custo, fazem do álcool etílico um dos produtos de higiene e limpeza mais procurados pelo mercado consumidor final. Além disso, o álcool etílico é encontrado na composição de bebidas alcoólicas, obtidas pela fermentação de açúcares.

b) Procedimento

d) Procedimento

- Lave o picnômetro com álcool.
- Determine a massa do picnômetro vazio, após secá-lo.
- Lave três vezes o picnômetro com um pequeno volume do líquido cuja densidade será determinada (leite) para remover os resíduos do seu interior. Descarte estas alíquotas num local apropriado.
- Adicione o leite (atenção: É importante tomar cuidado ao encher o frasco com o leite para não haver formação de bolhas, pois isto acarretaria erros nos resultados) e coloque a tampa de maneira que o excesso de líquido esorra pelo capilar. Com um pano ou papel poroso, enxugue o líquido presente na parte externa do picnômetro.
- Pese o picnômetro (contendo o líquido) e anote sua massa. Repita a pesagem mais duas vezes retirando o picnômetro da balança a cada pesagem. Utilize um pedaço de papel para carregar o picnômetro.
- Meça a temperatura do líquido.
- Complete a Tabela 10. A diferença entre essa massa e a massa do picnômetro vazio permitirá determinar a massa do leite. E, como o volume do leite corresponde ao volume do picnômetro determinado durante a calibração, a densidade do leite poderá ser facilmente determinada.

Pense nisso! **(Descreva em seu relatório outros métodos que poderiam ser utilizados para se determinar a densidade de líquidos).**

As possíveis fontes de erros do método [9] são:

- Evaporação do líquido durante a pesagem. Líquidos voláteis precisam de picnômetros com tampa no braço lateral.
- Absorção de umidade ambiente na superfície do frasco durante a pesagem.
- Flutuações de temperatura.
- Presença de bolhas de ar.

Resultados

Densidade de sólidos

a) Medidas da densidade de sólidos utilizando a proveta

Tabela 5 - Resultados referentes à determinação da densidade de sólidos

| Amostra | Prego | Alumínio | Cobre |
|---------------------------------|-------|----------|-------|
| Massa (g) | | | |
| Volume Inicial (mL) | | | |
| Volume final (mL) | | | |
| Volume Deslocado (mL) | | | |
| Densidade (g mL ⁻¹) | | | |

b) Medidas da densidade de sólidos utilizando o picnômetro

Tabela 6 - Resultados referentes à calibração do picnômetro.

| Grandeza | Representação | Resultado |
|------------------------------|----------------------------------|-----------|
| Massa do picnômetro vazio | m_{PV} | |
| Massa do picnômetro com água | m_{PA} | |
| Massa da água | $m_{H_2O} = (m_{PA}) - (m_{PV})$ | |
| Temperatura da água | T | |
| Densidade da água | d_{H_2O} | |

Tabela 7 - Resultados referentes à determinação da densidade de sólidos

| Grandeza | Representação | Resultado |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|
| Massa do picnômetro vazio | m_{PV} | |
| Massa (picnômetro + amostra) | m_{PA} | |
| Massa da amostra | $m_A = (m_{PA}) - (m_{PV})$ | |
| Massa (picnômetro + amostra + água) | m_{total} | |
| Massa da água | $m_{H_2O}(ad) = (m_{total}) - (m_{PA})$ | |
| Volume da água | $V_{H_2O} = m_{H_2O}(ad) / d_{H_2O}$ | |
| Volume da amostra | $V_A = (V_P) - (V_{H_2O})$ | |

Tabela 8 - Densidade dos sólidos utilizando picnômetro

| Amostra | Prego | Alumínio | Cobre |
|------------------------------------------|-------|----------|-------|
| Densidade Absoluta (g mL ⁻¹) | | | |

Densidade de líquidos

Tabela 9 - Resultados referentes ao álcool comercial

| Grandeza | Representação | Resultado |
|---------------------------|---------------|-----------|
| Massa do picnômetro vazio | m_{PV} | |

| | | |
|-----------------------------|-------------------------------------------|--|
| Massa (picnômetro + álcool) | m_{PA} | |
| Massa do álcool | $m_{\text{álcool}} = (m_{PA}) - (m_{PV})$ | |
| Volume do álcool | $V_{\text{álcool}}$ | |
| Densidade do álcool | $d_{\text{álcool}}$ | |

Tabela 10 - Resultados referentes ao leite

| Grandeza | Representação | Resultado |
|----------------------------|------------------------------------------|-----------|
| Massa do picnômetro vazio | m_{PV} | |
| Massa (picnômetro + leite) | m_{PL} | |
| Massa de leite | $m_{\text{leite}} = (m_{PL}) - (m_{PV})$ | |
| Volume de leite | V_{leite} | |
| Densidade do leite | d_{leite} | |

Segurança

Precauções

- Leia todas as instruções relacionadas à experiência que irá realizar.
- Verifique os “*Material Safety Data Sheet*” – MSDS – das substâncias envolvidas no trabalho de laboratório.
- Trabalhe cuidadosamente com as vidrarias.
- Conserve limpa sua bancada. Evite derramar líquidos, mas, se o fizer, lave imediatamente o local.
- Equipamentos de Proteção Individual (EPI) necessários: óculos e avental.
- Ao término do período de laboratório, lave todas as vidrarias utilizadas e deixe-as da mesma forma em que se encontrou no início da aula.

Descarte de resíduos

- Descarte a água destilada na pia do laboratório.
- O leite, como já foi manipulado, não poderá mais ser consumido. Portanto, deverá ser descartado conforme orientação do professor responsável.
- O álcool comercial poderá ser descartado num recipiente apropriado para: a) posteriormente ser utilizado como produto de limpeza ou, b) passar por um processo de destilação e ser reutilizado em outros experimentos.

Tópicos para discussão no relatório

- Em todas as determinações calcule as médias e os erros médios relativos.

- Compare os valores calculados da densidade com os valores teóricos na tabela periódica. Em cada caso, calcule o erro porcentual em relação ao valor teórico previsto e complete a Tabela 11. Explique o por quê desta diferença nos valores da densidade.
- Descreva, com suas palavras, como se utiliza um picnômetro.
- Quais os erros mais comuns que podem ser cometidos no uso do picnômetro? Você acha viável determinar a densidade de sólidos utilizando esta vidraria?
- Por quê um prego afunda na água e um navio flutua?
- Certo líquido insolúvel na água tem densidade igual a 1,200 g mL⁻¹. Esse líquido deve flutuar ou afundar na água? Por quê?

Tabela 11 - Valores de densidade com seus respectivos erros relativos

| | | Metal | Ferro | Alumínio | Cobre |
|------------|------------------------------------------|-------|-------|----------|-------|
| Proveta | Densidade Tabelada (g mL ⁻¹) | | | | |
| | Densidade Medida (g mL ⁻¹) | | | | |
| | Erro Relativo (%) | | | | |
| Picnômetro | Densidade Medida (g mL ⁻¹) | | | | |
| | Erro Relativo (%) | | | | |

Referências Bibliográficas

1. Hawkes, S. J., “The Concept of Density”, J. Chem. Educ., 2004, 81: 14-15.
2. Inczéd, J.; Lengyel, T.; Ure, A.M. (eds.), “IUPAC – Compendium of Analytical Nomenclature: Definitive Rules”, 3a. edição, Blackwell Science Ltd., Oxford, 1997, Cap. 1, pp.1-5.
3. Sterrett, F.S.K.; Kennedy, S.E.; Sparberg, E.B., “A Laboratory Investigation of Concepts in Chemistry”, Harper & Row Publishers, New York, 1968, pp.30-32.
4. Henriksson, U.; Eriksson, J.C., “Thermodynamics of capillary rise: Why is the meniscus curved?”, J. Chem. Educ., 2004, 81: 150-154.
5. Dickson, T.R.; Healey, J.T., “Laboratory

Experiments for an Introduction to Chemistry”; John Wiley & Sons, Inc.; New York, 1971, pp.13-14.

6. **Sienko, M.J.; Plane, R.A.**, “Experimental Chemistry”, 4th. edition, McGraw-Hill, New York, 1972, pp.31-35.
7. **Russel, J. B.**, “Química Geral”, Editora McGraw-Hill, São Paulo, 1981, pp.193-194.
8. **Baccan, N.; de Andrade, J.C.; Godinho, O.E.S.; Barone, J.S.**, “Química Analítica Quantitativa Elementar”, 3ªed., 3ª reimpressão, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 2003, p.292.
9. **Cecchi, H. M.**, “Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos”, 2ª ed. Revisada, Editora Unicamp, Campinas, 2003, pp. 98-100.
10. **Silva, P. H. F.**, “Leite: aspectos de composição e propriedades”, Química Nova na Escola, 1997, 6: 3-5.