

Acerca de um mito: o vórtice de Coriolis no ralo da pia

PUBLICADO NO *CADERNO CATARINENSE DE ENSINO DE FÍSICA*, FLORIANÓPOLIS, v.17, n.1: p.22-26, 2000

Fernando Lang da Silveira (IF-UFRGS) e Rolando Axt (UNIJUÍ)

Resumo. A explicação usual que afirma ser a força de Coriolis responsável pelos redemoinhos ou vórtices em ralos de pias, tanques ou banheiras é questionada. Descrevem-se os experimentos realizados por Shapiro (1962), com o objetivo de testar essa afirmação. Finalmente são propostos alguns experimentos que o leitor facilmente pode realizar em casa, mostrando a insustentabilidade daquela explicação.

Introdução

É comum *ouvir-se* que, ao escoar por um ralo, no hemisfério Sul da Terra a água produz um vórtice ou redemoinho em sentido horário; já no hemisfério Norte, o vórtice ocorreria em sentido anti-horário. A força inercial de Coriolis¹ é apontada para justificar tais comportamentos. Recentemente a revista *Ciência Hoje* (v. 25, nº 150 de junho de 1999, p. 4) divulgou tal concepção.

Comentando sobre isso com alunos, um deles relatou ter assistido um programa de televisão, gravado na linha do Equador, onde em um recipiente do qual escoava água podia-se observar o redemoinho, ora em um sentido, ora em outro, dependendo do lado da linha em que o recipiente era colocado.

Intrigados com a origem dessa concepção, consultamos textos de Mecânica, alguns deles utilizados em disciplinas dos cursos de graduação e pós-graduação em Física, com o objetivo de encontrar referências sobre o problema dos vórtices em ralos de pias. Em diversos desses textos era discutida a formação de vórtices na atmosfera (ciclones) devido à força de Coriolis, demonstrando que eles ocorrem em sentido anti-horário no hemisfério Norte e horário no hemisfério Sul. Surpreendentemente não encontramos qualquer referência – exceto uma que aparecerá adiante – sobre a formação de vórtices em ralos de pias, tanques ou banheiras.

A força de Coriolis sempre atua ortogonalmente à direção da velocidade da partícula em relação à Terra e ortogonalmente à direção do eixo de rotação da Terra. A aceleração que ela produz sobre uma partícula em movimento na superfície da Terra é sempre inferior a $1,5 \times 10^{-4} \times V$ m/s² (Goldstein, 1970), onde V é a velocidade da partícula em relação à Terra em metros por segundo. Se a partícula movimentasse paralelamente à superfície da Terra, é a componente horizontal da força de Coriolis que pode desviá-la horizontalmente, determinando que sua trajetória nesse plano não seja retilínea. No Equador essa componente é nula; nos pólos ela assumirá o valor referido. Se a água, ao escoar em direção ao ralo, tiver velocidade da ordem de centímetro por segundo, a aceleração de Coriolis horizontal máxima – que ocorre nos pólos da Terra – vale $1,5 \times 10^{-6}$ m/s². Isto significa que a força de Coriolis horizontal máxima sobre uma certa massa de água é cerca de 10 milhões de vezes menor do que o peso dessa massa. Sendo tão pequena, seus efeitos sobre a água que escoar em uma pia não podem ser ali observados, como bem notou Marion (1970). O texto de Mecânica desse autor é o único em que encontramos referência a esse problema e, ainda assim, no sentido de negar a possibilidade de se observar redemoinhos em pias produzidos pela força de Coriolis. No interessante livro “*O grande circo da Física*” (Walker, 1990) também há um discussão sobre o redemoinho na pia, negando que tenha causa na força de Coriolis.

¹ Em homenagem ao engenheiro e físico G. G. Coriolis (1792 – 1843) que deduziu a equação para as forças inerciais que atuam em um corpo em um sistema de referência em rotação (por exemplo, a Terra): a força centrífuga e a força de Coriolis.

É decisiva para a ocorrência do vórtice na pia a quantidade de movimento angular residual na água. Explicando melhor, antes da abertura do ralo a água já está em movimento e é este movimento que decidirá o sentido do vórtice. Na próxima seção apresentaremos sucintamente os experimentos de Shapiro (1962) realizados em Boston – EUA, relativamente ao surgimento de vórtices em um tanque.

Os experimentos de Shapiro

Shapiro imaginou que, se o vórtice no ralo de um tanque fosse devido à força de Coriolis, ele deveria ocorrer no sentido anti-horário no hemisfério Norte. Ele utilizou um tanque cilíndrico com 6 pés (183 cm) de diâmetro e fundo horizontal. No centro do tanque havia um orifício com diâmetro de 3/8 polegada (0,95 cm); a esse orifício estava conectada uma mangueira com 20 pés de comprimento (6 m), na extremidade da qual havia uma válvula. O tanque era enchido até que a lâmina de água atingisse 6 polegadas (15 cm) de altura. Portanto, continha quase 400 litros de água; ao ser aberta a válvula, ele esvaziava-se completamente em 20 minutos.

Ao encher o tanque, propositalmente a água era introduzida de forma que girasse lá dentro em sentido horário, isto é, em sentido contrário ao predito pela hipótese que admite a formação do vórtice por força de Coriolis. Depois do tanque cheio, aguardava cerca 1 ou 2 horas para abrir a válvula. Um pequeno flutuador de madeira em forma de cruz, com uma polegada (2,5 cm) de comprimento em cada haste era cuidadosamente colocado a flutuar diretamente sobre o ralo, um pouco antes da abertura da válvula. Esse flutuador funcionava como detector de vórtice. Entre 1 e 2 minutos após a abertura do ralo, já era possível observar um vórtice em *sentido horário, contrário ao predito pela força de Coriolis*. Tal se devia à quantidade de movimento angular residual em sentido horário, ainda restante no final de 1 ou 2 horas após o enchimento do tanque.

Shapiro efetuou outro experimento, desta vez esperando 24 horas para abrir a válvula. Durante esse tempo o tanque permaneceu coberto com uma lâmina de plástico, a fim de evitar efeitos de corrente de ar, minimizar trocas de calor por evaporação na superfície e conseqüentes correntes de convecção na água. Aberta a válvula, durante os primeiros 15 minutos (lembramos que o tanque esvaziava-se em 20 minutos) não podia ser percebido vórtice; no final desse tempo, começava-se a notar o início do vórtice em sentido anti-horário, de acordo com a teoria da força de Coriolis. Quando o tanque estava prestes a se esvaziar completamente, o vórtice levava de 3 a 4 s para descrever uma rotação completa.

Esses dois experimentos permitem concluir que em uma pia ou tanque doméstico, certamente a formação do vórtice não poderá ser atribuída à força de Coriolis. Lembremos que mesmo que a água permaneça sem ser perturbada por muito tempo após o enchimento da pia ou tanque, o ato de abrir já é suficiente para determinar alguma quantidade de movimento angular inicial; outros fatores capazes de influenciar na formação dos redemoinhos são apresentados mais adiante. Inspirados nos experimentos de Shapiro, fizemos outros na pia do banheiro, que são facilmente reproduzíveis por quem assim desejar. A seguir descreveremos como fazê-los.

Os experimentos na pia

Encha com água uma pia que tenha o ralo no seu centro, tendo o cuidado de amarrar um barbante na tampa do ralo para poder abri-la com o mínimo de perturbação possível. Imprima à água, com a mão ou com auxílio de uma colher, um movimento de rotação em torno do ralo no *sentido anti-horário* – contrário ao predito para o hemisfério Sul pela força de Coriolis. Espalhe sobre a água farelos que flutuem (por exemplo, farelo de trigo). Aguarde em torno de cinco minutos; no final desse tempo você poderá perceber que os farelos ainda estão em movimento lento em torno do ralo. Com auxílio do barbante destaque então o ralo; a água começará a escoar e, quando a pia já estiver quase vazia, se formará um

vórtice *em sentido anti-horário*. Se você quiser que o vórtice ocorra com a pia cheia, repita o procedimento destapando o ralo logo após ter impresso o movimento de rotação. Caso deseje um vórtice em sentido horário, faça a água girar em torno do ralo nesse sentido. Se você encher a pia, aguardando um tempo suficiente para que o movimento não seja perceptível (em torno de quinze minutos), e então abrir com cuidado o ralo, poderá observar *a água escoar sem que ocorra o redemoinho*.

Conclusão

Para concluir citamos Walker (1990; p. 402), referindo-se às possíveis causas dos redemoinhos em ralos: “*podem ocorrer em qualquer sentido, devido a fatores não controlados tais como a forma da banheira, o movimento devido à sucção do tubo de escoamento, o rodopio residual do enchimento, as correntes de ar acima da água, e a forma e a posição do escoamento*”.

Apesar da força de Coriolis não ser responsável pelos redemoinhos que vemos cotidianamente em pias, banheiras etc, pode produzir notáveis efeitos em outras circunstâncias, como por exemplo:

1. Sobre massas que se desloquem com grande velocidade (centenas de metros por segundo) em relação à Terra – como os projéteis de artilharia. Esses têm a sua trajetória defletida horizontalmente para a esquerda da direção da sua velocidade no hemisfério Sul e para a direita no hemisfério Norte. Os desvios são tanto mais pronunciados quanto mais próximos dos pólos os projéteis estejam.
2. Sobre massas de ar que se movimentam com velocidades da ordem de dezenas de metros por segundo por longos intervalos de tempo, causando assim os já referidos ciclones.
3. Sobre massas que, apesar de terem baixas velocidades, se movimentam por tempos longos, quase livres de forças horizontais e perpendiculares à velocidade, exceto a de Coriolis. É o caso do pêndulo de Foucault², que tem o seu plano de oscilação lentamente rotado. O sentido e o período de rotação do plano de oscilação dependem da latitude. Por exemplo, no hemisfério Sul o plano de oscilação gira em sentido anti-horário com período de 24 horas no pólo, 48 horas em Porto Alegre (30 graus de latitude Sul) e 107 horas em Salvador (13 graus de latitude Sul).

Alguns autores, como por exemplo, Dorn e Bader (1975), Nussenzveig (1981), Savéliev (1984), ainda apontam os seguintes efeitos da força de Coriolis: o desgaste maior do trilho esquerdo (direito) em ferrovias do hemisfério Sul (Norte); erosão maior na margem esquerda (direita) dos rios do hemisfério Sul (Norte).

Fica no final dessa discussão uma dúvida: já que a literatura especializada – os textos de Mecânica – não veiculam o mito do vórtice de Coriolis no ralo da pia, como ele se originou e continua se propagando, inclusive entre a comunidade dos físicos?

Bibliografia

- DORN, F. e BADER, F. *Physik – Oberstufe MS*. Hannover: Schroedel, 1975.
GOLDSTEIN, H. *Classical mechanics*. Reading: Addison-Wesley, 1970.
MARION, J.B. *Classical dynamics of particles and systems*. New York: Academic Press, 1970.
NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica*. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.
SAVÉLIEV, I. V. *Curso de Física Geral*. Moscou: Editorial MIR, 1984.
SHAPIRO, A. H. Bath-tub vortex, *Nature*, v. 196 (p. 1080-1081), 1962.
WALKER, J. *O grande circo da Física*. Lisboa: Gradiva, 1990.

² Em homenagem ao físico francês L. Foucault (1819 – 1868)