



Coordenação de Armindo Rodrigues

## Solitões Fantásticos e Onde os Encontrar

Autor:  
Cláudio Gomes

No livro de fantasia «Monstros Fantásticos e Onde Encontrá-los» de J. K. Rowling, autora da saga Harry Potter, e subseqüentes adaptações cinematográficas, conta-se a história de um magizoologista que estuda criaturas fantásticas e as peripécias que ocorrem quando acidentalmente liberta algumas em Nova Iorque. Na Física também existem uns «monstros» fantásticos que andam por aí e que serão apresentados neste artigo: os solitões!

Para começarmos, temos de recuar até 1834, no estreito canal da União, perto de Edimburgo na Escócia, ao lado do qual o engenheiro naval John Scott Russell passeava de cavalo e observava uma ligeira elevação de água na proa de um pequeno barco que percorria aquele canal. Quando a embarcação parou, Russell verificou que aquela onda continuou a sua trajetória em frente sem alterar ou atenuar a sua forma ou velocidade! Ora, esta observação era precisamente oposta ao senso comum de quando se atira uma pedra num lago e se observa a perturbação em forma de ondas que se vão atenuando à

medida que se propagam. A este novo tipo de onda chamou «onda de translação».

Apesar do trabalho de Russell em caracterizar esta e posteriores observações de forma rigorosa e sistemática, só surgiu realmente interesse científico neste fenómeno em 1871 por Boussinesq e em 1876 por Rayleigh. Estes concluíram que essas ondas se deviam a uma compensação entre os efeitos não lineares e os efeitos de diminuição de amplitude associada à dispersão.

E somente em 1895, surgiu um modelo matemático através de uma equação diferencial não linear às derivadas parciais proposto por Diederick Korteweg e Gustav de Vries e cuja solução correspondia à onda de translação de Russell. Surgiram também soluções numéricas de equações diferenciais que modelavam ondas de translação em 1965 por Zabusky e Kruskal, sendo nesta altura que é inventado o termo «solitão».

Na realidade, hoje sabemos que essas ondas são ondas solitárias, e que surgem por haver uma compensação entre os efeitos não lineares e os de dispersão ou difração, o que permite a sua propagação sem alterar a sua forma ou velocidade. Se após a colisão de ondas solitárias, estas passarem uma pela outra e mantiverem as suas características iniciais então tratam-se de solitões!

Agora vem a perguntar mais interessante: onde os podemos encontrar? Existem diversos exemplos destas ondas não lineares tão especiais. Começemos por apontar a Grande Mancha Vermelha de Júpiter, resultado de uma tempestade de grandes dimensões. A matéria escura nas galáxias e enxames de galáxias também pode ser vista como um solitão, ou mesmo a pressão sanguínea. Estas situações podem ser descritas pela equação de Korteweg-de Vries. Mas existem outras equações que admitem igualmente soluções solitónicas, como a equação de

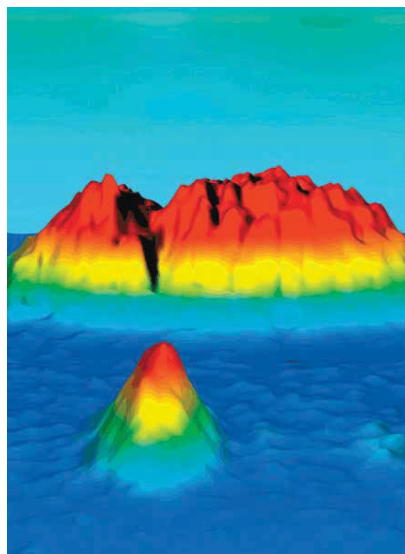


Fig. 1. Representação gráfica de solitões claro («ilha que se propaga») e escuro («depressão/ausência de luz no continente») em condensados de Bose-Einstein.

Coordenação de Armindo Rodrigues



Fig. 2. Solitões constituídos por anéis de ar produzidos por golfinhos.

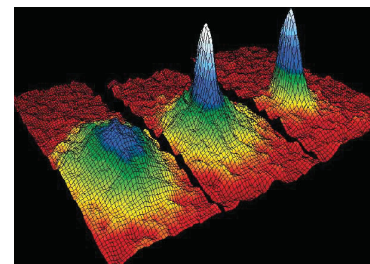
em vértice, isto é, podemos imaginar um cone, no qual o disco galáctico assenta na sua base, e o movimento de rotação do cone em torno do eixo de revolução corresponde à rotação da galáxia, preservando as características da mesma: não vemos um braço da Via Láctea a ir mais rápido que outro ou a se «desmembrar». Na biologia também ocorrem solitões, por exemplo, quando os golfinhos produzem anéis de ar debaixo de água, e que se propagam mantendo as suas características iniciais.

De facto, estes fenómenos são ubíquos na Natureza e no nosso dia-a-dia. O leitor pode produzir ondas solitárias em canais de lava-pés ao lado de piscinas, ou observar o comportamento de tsunamis e furacões. Uma aplicação humana antiga destes fenómenos são os anéis de fumo produzidos por tribos de índios como forma de comunicação a grande distância. Já imaginaram o quão fantástico é criar e ver estes solitões a se propagarem?

Um desafio final é deixado ao leitor: procure uma zona de águas rasas (por exemplo, o canal litoral entre a Alfândega e o forte de São Brás em Ponta Delgada) e observe ondas que se propagam sem atenuação e que após colisão mantêm as suas características iniciais!

Bateman-Burgers que é utilizada na mecânica de fluidos, na acústica não linear ou no fluxo de trânsito. Outro exemplo é a equação de Schrodinger não linear, que apresenta um termo potencial quadrático, e que está na base da descrição dos solitões claros e escuros que ocorrem nos condensados de Bose-Einstein.

Ondas solitárias e solitões também aparecem em Ótica Não Linear, em Topologia, na teoria de cordas quânticas e de supergravidade, e noutros domínios do conhecimento! As galáxias espirais constituem um exemplo de ondas solitárias



## Condensados de Bose-Einstein

Os condensados de Bose-Einstein foram previstos por Einstein com base nos trabalhos de Bose em estatística quântica, nas partículas chamadas bosões, e correspondem a um estado de matéria no qual átomos ou partículas, a temperaturas

próximas do zero absoluto (-273,15°C), se comportam como uma única entidade numa escala quase macroscópica. Em geral, podem ser compostos por moléculas, átomos, partículas, quase-partículas ou fótons.