

Lanternas vivas

Categories : [Frederico Brandini](#)

*".....it is not the property of
fire alone to give
light;...small drops of the
water, struck off by the
motion of the oars in
rowing, seem sparkling and
luminous." (".....produzir luz
não é uma propriedade
exclusiva do
fogo;...pequenas gotas da
água, espirradas pelos
remos, parecem faíscas
iluminadas" - Francis
Bacon, 1605)*

foto: divulgação

Acho que James Cameron um dia quis ser Oceanógrafo. Após dirigir e afundar o Titanic no Oceano Atlântico Norte, o diretor e produtor de Avatar mais uma vez buscou no ambiente marinho a inspiração para criar os personagens e cenários de seus filmes. Além das árvores titânicas, fazem parte do seu ecossistema incrivelmente criativo da floresta de Pandora, mega-criaturas meio vegetais meio animais que se contraem ao serem tocadas, igualzinho a um poliqueta marinho. Plagiou cuspida e escarradamente (no bom sentido, é claro) a contração pulsativa das medusas marinhas locomovendo-se em suspensão na água, com aquelas medusinhas incandescentes, as tais sementes da Árvore da Vida.

Mas o genial diretor inspirou-se no mar principalmente porque usou e abusou de uma propriedade biológica quase que exclusivamente marinha, na decoração de seus cenários épicos e biotecnológicos: A bioluminescência. Bioiluminou com fileiras de pontinhos luminosos a pele azul dos Na'Vi, seus personagens nativos habitantes das florestas de Pandora, meio-humanos meio panteras, com 3 metros de altura e um belo rabo felino. O padrão de distribuição das luzinhas no rosto e nas costas dos Na'Vi lembra muito as fileiras de fotóforos sobre a pele de peixes marinhos de zonas profundas mesopelágicas (200 - 1000 metros). Como os do gênero *Porichthys*, os

mictofídeos e o peixe pescador, dentre outros. Além do mais, o rabo dos Na'Vi tem a ponta ramificada em tentáculos encapsulados por uma estrutura fállica de cor avermelhada, certamente inspirados nos pogonóforos gigantes, um grupo de vermes abissais sem boca nem trato digestivo, que dominam a paisagem das fontes hidrotermais onde alimentam-se através da simbiose com bactérias quimiossintetizantes redutoras de sulfetos. Parece mesmo ficção científica.

A natureza me apresentou à bioluminescência logo na infância enquanto admirava vaga-lumes anunciando as primeiras noites de verão em Ubatuba. Depois, nadando no mar de noite, muito antes de ter visto o filme Tubarão, enquanto chacoalhava a água abaixo da superfície ou arrastava o pé na areia molhada da maré baixa, estimulando mecanicamente a emissão de luz verde-azulada em *Noctiluca scintillans*, um bicho unicelular do grupo dos dinoflagelados e comedor voraz de ovos de peixes. Esses são os verdadeiros responsáveis pelo show de bioluminescência da famosa Baía Fosforescente em Porto Rico que iluminam os rastros da natação dos golfinhos, encantando os turistas.

Não confunda bioluminescência nem com fluorescência nem com fosforescência. Fluorescência é a emissão de fótons por determinadas moléculas como a clorofila que se excita ao absorver fótons da luz solar e retransmite imediatamente os mesmos fótons de volta para o meio externo quando relaxam voltando ao estado anterior. Fosforescência é a propriedade que certas substâncias químicas tem de emitir luz no escuro, como por exemplo algumas tintas usadas em placas de sinalização, ponteiros de relógio e a tecla do interruptor de luz. Em nenhum desses casos ocorre produção real de luz.

Na bioluminescência a luz é produzida quimicamente como resultado da oxidação de uma proteína reativa chamada luciferina (adivinha se o nome não vem de Lúifer ?) que se transforma em oxiluciferina. Essa oxidação é catalizada pela enzima luciferase. O sistema luciferina-luciferase é quase que universal na bioluminescência. Em alguns casos ambos substrato e enzima combinam-se com o oxigênio, formando um terceiro composto; uma fotoproteína que nada mais é do que uma “bombinha molecular de luz” pronta pra explodir, cujo pavio é o estímulo de um íon específico, normalmente o Cálcio, um dos elementos químicos mais abundantes na água do mar. Esse mecanismo de emissão luminosa pode, portanto, ser controlado pelo sistema nervoso ou hormonal dos animais marinhos para atrair, espantar, seduzir e enganar predadores, presas e parceiros sexuais.

De fato, a principal fonte de luz dos oceanos é a bioluminescência. Faz sentido, uma vez que 99% do espaço oceânico sempre esteve permanentemente no escuro total, desde os primórdios da formação dos mares onde a bioluminescência deveria ter alguma vantagem para a sobrevivência dos organismos que a produziam. Só a vida em suspensão na água poderia economizar energia suficiente para ser gasto na emissão de luz, coisa que seria inconveniente em pássaros e mamíferos que precisam economizar energia para voar, manter a temperatura do corpo, etc. Ela ocorre em quase todos os filos marinhos, exceto nos vegetais, répteis, aves e mamíferos. É mais freqüente no zooplâncton, os animais da comunidade planctônica representados por protozoários

e invertebrados com mobilidade restrita e, portanto, transportados passivamente pelas correntes.

Curioso como a natureza evoluiu a mesmíssima reação bioquímica em animais marinhos tão diferentes, como lulas, peixes, bactérias e protozoários, sem nenhuma relação taxonômica entre si. Quanto mais no vagalume que não tem nada a ver com o mar. O mais curioso é não apenas o fato da bioluminescência ter surgido no mínimo 40 vezes em ramos distantes da árvore cronológica evolutiva, a verdadeira “Árvore da Vida”, como também são sempre os mesmos tipos de moléculas envolvidas no processo, ou seja, o sistema luciferina-luciferase aparecendo em momentos e em ramos distintos da árvore evolutiva da biosfera. As moléculas de luciferina e luciferase específicas para cada grande grupo biológico podem ter pequenas diferenças estruturais, mantendo sempre a mesma capacidade de emitir luz quando a reação é estimulada mecanicamente, hormonalmente ou nervosamente na presença de oxigênio.

A bioluminescência sofre de “resiliência evolutiva”. Ou seja, se todos os organismos que hoje produzem bioluminescência na terra, no ar ou no mar se extinguissem de uma só vez, e com eles a reação [luciferina + oxigênio (+ luciferase) → oxiluciferina + luz], haveria uma enorme probabilidade de surgir de novo em poucos milhões de anos, em bactérias ou em qualquer outro grupo animal. É um processo biológico singular que a natureza insiste em recriar e manter eternamente, envolvendo sempre os mesmos compostos reativos. Isso nos leva a crer que ou a bioluminescência é uma propriedade necessária para a sobrevivência das espécies que a produzem, e não se sabe ainda muito bem por quê, ou é apenas um fruto teimoso da Árvore da Vida.

É fácil para a natureza recriar a bioluminescência nas condições ambientais estáveis das profundezas marinhas. Um habitat onde, apesar da altíssima pressão, quase não há variações de temperatura e salinidade, com pouca turbulência, nenhuma corrente intensa e, evidentemente, ausência total de luz. Isso é o oposto do que ocorre na “zona eufótica”, como é a chamada a camada superficial do mar iluminada pelo sol, onde a fotossíntese das algas produz a matéria orgânica que abastece quase toda a teia alimentar marinha. Além disso, se comparado com rios e lagos, o mar profundo é muito mais transparente, uma condição *sine qua non* para transmitir a luz, e tem muito mais íons essenciais para as reações bioquímicas (p.ex., Cálcio). Todas essas propriedades ambientais justificam perfeitamente a origem e a ocorrência diversificada da bioluminescência no mar. Em água doce ocorre apenas em um gênero de caracol e larvas de alguns insetos. Em habitats terrestres, além do já famoso vagalume, ocorre em vários gêneros de fungos que colonizam troncos de árvore em decomposição, e raras espécies de besouros, minhocas, centopéias, mosquitos e caramujos.

Obviamente presume-se que na hierarquia evolutiva a capacidade de produzir quimicamente a luz tenha surgido primeiro nas bactérias marinhas primitivas, antes até da reação da fotossíntese que produz oxigênio. Antes de surgirem os vegetais, não havia oxigênio livre na atmosfera primitiva que, como na Pandora de Cameron, era basicamente formada por metano e amônia. Só não deu tempo dos Na’Vi evoluírem aqui porque a radiação UV literalmente fritava qualquer organismo

vivo que pusesse a cara p'ra fora do mar, quanto mais aqueles que ousassem evoluir fora d'água. Os raios UV da nossa Gaia primitiva eram tão intensos que penetravam mais fundo na água do mar provocando mutações genéticas nas bactérias. Dai a hipótese sugerindo que a função do sistema bioluminescente das bactérias primitivas, cuja intensidade luminosa era tão fraca que o olho humano não teria sido capaz de enxergar, era reparar através de uma foto reação qualquer, as moléculas de DNA danificadas pela mutação, mantendo intacta a estrutura do genoma bacteriano.

Outra hipótese esta associada à afinidade bioquímica entre a bioluminescência e a respiração. Ambas usam os mesmos aparatos bioquímicos e compostos intracelulares usados na oxidação do alimento ingerido, para se obter a energia química que todos os seres vivos necessitam para sobreviver. Sem a tal da adenosina tri-fosfato (o ATP) uma bactéria não se divide e você nem pisca. Quando algo de errado ocorria em uma determinada etapa do processo respiratório, ao invés de produzir energia química para ser usada no metabolismo celular, a mitocôndria produzia energia luminosa que era imediatamente excretada p'ra fora da célula.

Finalmente, a explicação para a evolução da bioluminescência nas bactérias marinhas pode ter sido a necessidade de se livrar de radicais livres, moléculas de oxigênio extremamente reativas que, evidentemente, começaram a se concentrar após a produção em massa de oxigênio pela fotossíntese. Também não havia oxigênio na água do mar onde os processos vitais eram exclusivamente anaeróbicos. Agora imagine você, um ser anaeróbico deparando-se com uma molécula de oxigênio querendo oxidá-lo, como fazem os radicais livres gerando células cancerígenas. A bactéria tinha que se defender dessa molécula mortal aprisionando-a em algum composto inerte. Talvez a luciferina tenha evoluído justamente p'ra isso. Um mecanismo primitivo de defesa que antecedeu a respiração aeróbica (?) É óbvio que a evolução da respiração aeróbica foi induzida pela presença do então abundante oxigênio, que após oxidar todos os metais dissolvidos na água do mar, só se tornaria inerte mais tarde ao oxidar os alimentos no sistema aeróbico do qual extrai-se a energia química para as funções metabólicas. Entretanto, a fotoreação da bioluminescência se manteve na era aeróbica porque mesmo não sendo mais tão necessária para anular o poder oxidante das moléculas de oxigênio, ela não induzia a seleção natural porque não fazia mal algum.

A persistência da bioluminescência na base da Árvore da Vida primitiva criou as oportunidades de evolução no reino animal, desenvolvendo-se em milhares de espécies da metade dos filos taxonômicos que existem hoje na Biosfera terrestre. Na verdade, a origem evolutiva da bioluminescência no reino animal é uma incógnita para os evolucionistas. Um dos enigmas da Teoria da Evolução. Por quê essa característica animal pulou de galho em galho na árvore filogenética, ao invés de seguir uma linha evolutiva definida? Afinal, a emissão de luz só faz sentido co-evoluindo com o olho que, aliás, é outro caso que Sir Darwin preferiu incluir nas exceções da seleção natural, juntamente com os órgãos elétricos das enguias; o velho Charles nunca conseguiu entender qual vantagem um órgão primitivo precursor do olho, isto é um "meio-olho", teria na sobrevivência de um animal evoluindo por seleção natural em um olho completo

com toda sua complexidade biológica, física e mecânica.

A bioluminescência surgiu muito mais tarde no reino animal provavelmente através da simbiose com bactérias bioluminescentes, uma associação que ainda persiste em peixes e lulas. Alguns desses animais mantêm uma cultura de fotobactérias (*Vibrio fischeri*) em fotóforos específicos, às vezes próximos ao olho para iluminar o alimento (uma lanterninha), às vezes em glândulas no trato digestivo, já pensando em expelir uma gosma luminosa p'ra enganar o predador. Algumas espécies de lulas usam seus fotóforos para controlar a cor da epiderme; conforme aumenta a intensidade de luz na água enquanto migram verticalmente na direção da superfície, elas compensam iluminando-se para eliminar a sombra de seus corpos, tornando-se invisível para o predador. Mas a simbiose não é o mecanismo dominante de emissão de luz no mar. Na maioria das vezes são encontrados o sistema luciferin-luciferase nos fotóforos do animal bioluminescente sem qualquer relação simbiótica com bactérias. Em alguns casos, como nos peixes do gênero *Porichthys*, os elementos químicos luciferina-luciferase essenciais da bioluminescência podem ser obtidos através da dieta de organismos planctônicos bioluminescentes.

Sempre se especulou que a vantagem para o predador luminoso é atrair presas. Como no caso do peixe pescador, bem ilustrado ameaçando Nemo e a Doroty no filme da Pixar. Ou para a presa luminosa enganar o predador, como fazem algumas lulas e poliquetas que “vomitam luz” ao comprimir uma determinada glândula para ejetar uma gosma bioluminescente, confundindo o inimigo enquanto escapam pela porta dos fundos. Como faz um copépodo marinho (*Metridia lucens*) que descarrega algo semelhante que continua brilhando por cerca de 20 segundos, tempo suficiente para fugir enquanto o predador se distrai com esse showzinho pirotécnico. Também se presume que a bioluminescência em peixes e crustáceos sirva para a comunicação. Sobretudo para reproduzir, que aliás é basicamente o que interessa no encontro de animais do sexo oposto. Exceto nos pingüins imperadores, alguns periquitos, algumas poucas aves e mamíferos que não me lembro e, obviamente, nos humanos (pelo menos na maioria), os quais mais do que fazer sexo para procriar, se acasalam para cuidar do pequenino resultado. Pela lei da selva, na maioria dos encontros entre macho e fêmea, se não for p'ra reproduzir e perpetuar a espécie, o pau come de novo em sentido figurado, mas é pela disputa de alimento.

O homem também adotou essa propriedade de produzir sua própria luz.? Antes do antropoceno nosso planeta tinha apenas dois hemisférios geográficos (Norte e Sul), e só haviam duas fontes naturais de luz: a das estrelas, incluindo evidentemente o sol entre elas, e a da biosfera bioluminescente que dominava as profundezas do mar. Entretanto, mais de um século após a invenção da lâmpada o planeta passou a ter outros dois tipos de hemisfério: um iluminado com luz solar natural e outro iluminado com luz artificial. Ao contrário dos hemisférios geográficos que são estáticos, esses novos hemisférios se alternam constantemente pelo movimento de rotação da Terra, e nós viajamos sem parar através deles a mais de 1.600 km/hr. De dia estamos em um, e de noite estamos no outro. A emissão da “bioluminescência humana” com luz elétrica a partir da superfície terrestre é cada vez maior e ainda não sabemos o impacto ambiental que isso pode estar causando. Assim como a poluição química, sólida, visual e sonora, o aumento da poluição

luminosa acompanha de perto o crescimento urbano e industrial. [Dê uma olhada na foto composta do planeta por imagens de satélites feitas de noite, disponível no site \[http://antwarp.gsfc.nasa.gov/apod/image/0011/earthlights_dmsp_big.jpg\]\(http://antwarp.gsfc.nasa.gov/apod/image/0011/earthlights_dmsp_big.jpg\)](http://antwarp.gsfc.nasa.gov/apod/image/0011/earthlights_dmsp_big.jpg)

- A iluminação de ambos hemisférios por 24 horas faz parte do nosso cotidiano, mas não no dos outros animais. Os bichos evoluíram durante milhões de anos sob a luz do luar e das estrelas. E em um pouco mais de apenas um século se viram rodeados de luzes artificiais vindas de todas as direções, com cores e intensidades variáveis. Interferem principalmente no ciclo de vida de tartarugas e aves migratórias. As tartaruguinhas do Tamar quando quebram a casca do ovo não sabem se seguem aquela estrela ou aquele poste, aquela lua ou aquele holofote da quadra de tênis. As aves migratórias (dizem) necessitam da luz das estrelas para a navegação. Não sei se isso foi ou não comprovado. Mas se foi, talvez sintam que estão voando de cabeça pra baixo ao deparar-se com milhares de novos pontos luminosos na superfície terrestre ao longo de suas rotas anuais. As baleias migram todos os anos desde os locais de alimentação para os de reprodução em águas mais quentes. É lógico supor que o principal fator que controla o rumo dessa migração seja o gradiente de temperatura e, secundariamente, a navegação por orientação magnética ou astronômica. Sinceramente não sei se é assim que elas decidem se vem para o Brasil ou para a Austrália. Talvez os navios iluminados e a construção de faróis e cidades costeiras também tenham interferido na migração das baleias nos últimos séculos. Não pretendo levá-los com a corrente da especulação, pois talvez nada disso faça sentido. Afinal todos os anos a Jubarte vem p'ra Salvador apesar da iluminação costeira. Mas uma coisa é certa: o espectro da luz visível do planeta sofreu mudanças irreversíveis nos últimos séculos. A resposta da natureza a essas alterações pode levar séculos e até milhões de anos para chegar, quem sabe evoluindo um avatar-vingador, bio-iluminado da cabeça aos pés para ofuscar as luzes de Paris e os fogos de Copacabana.