

Matemática, pinguins e cadeias alimentares!?

Num Planeta que suporta vida, a Biologia desempenha um papel fundamental na explicação de fenómenos e na compreensão de problemas que afetam o Planeta Terra. Por exemplo, as cadeias alimentares da Antártica são afetadas pelas alterações climáticas, estando por vezes associadas ao degelo que se faz sentir nesta região. Nestas questões, a Ciência Polar em Portugal tem vindo a desenvolver progressos consideráveis nestes estudos.

Qual o papel da Matemática no conhecimento e compreensão desses mesmos fenómenos biológicos? Uma forma de divulgar e comunicar ciência é promover o diálogo entre diferentes áreas ou mesmo entre temas de diferentes anos internacionais.

Se 2013 é um ano especialmente dedicado à Matemática do Planeta Terra, 2007–2008 foi o *Ano Polar Internacional* (API). O API foi preponderante para o avanço da Ciência Polar no mundo, e também em Portugal. Foram mais de 200 projetos científicos e educacionais que reuniram mais de 50000 cientistas de cerca de 60 países. Desde então há projetos e organismos que continuaram a desenvolver trabalho nesta área. No âmbito destas iniciativas, um grupo de cientistas polares reserva, todos os anos por altura dos equinócios (março e setembro), uma semana para a divulgação da ciência polar nas escolas. A iniciativa é a *Semana Polar Internacional* (*Polar Weeks*) que é parte dos projetos «Profissão: Cientista Polar» e *EDUCAÇÃO PROPOLAR*, com o Programa Polar Português *PROPOLAR* (ver também <http://www.propolar.org/>), a APECS PORTUGAL (Associação de Jovens Investigadores Polares de Portugal; <http://www.portalpolar.com/apecs-portugal.html>), a APECS internacional (<http://apecs.is>) e a associação *Polar Educators Internacional* (PEI) (<http://www.polareducator.org/>). Durante esta semana, alunos e professores de várias escolas estabelecem contacto com investigadores através de conferências, painéis de discussão e *skype calls* para escolas localizadas em Portugal, e em todo o mundo, incluindo Brasil, Reino Unido, Canada, Austrália, França e S. Tomé e Príncipe. Evidenciar o papel dos jovens cientistas polares portugueses na ciência polar, dar a conhecer o seu trabalho científico realizado e mostrar a importância das regiões polares para compreender os efeitos das alterações climáticas na biodiversidade, o degelo e a degradação do *permafrost*, como se

estudam gases que causam o efeito de estufa na Antártica, são alguns dos objetivos desta iniciativa.

José Xavier, investigador do Instituto do Mar da Universidade de Coimbra e da *British Antarctic Survey*, é um biólogo marinho e já efetuou 8 campanhas científicas na Antártida. À questão «José, porque estás sempre de bom humor e com um sorriso?», a resposta é simples... «todos os dias sinto que sou um privilegiado em estar na Antártica e que estou a ter uma oportunidade única de viver ao vivo um mundo diferente. Quero simplesmente aproveitar todos os minutos!!!!». Patrícia Azinhaga é professora de Biologia e Geologia no Externato Cooperativo da Benedita. Ambos pertencem à coordenação do Projeto «Profissão: Cientista Polar» e «Educação PROPOLAR».

Neste número da E&M, José e Patrícia elucidam-nos quanto ao papel de diferentes espécies de peixes na cadeia alimentar na Antártida e da importância da matemática para avaliarem a sua distribuição e para fazer previsões ao nível das consequências das alterações climáticas na mesma.

Qual a presença da Matemática na vida e no trabalho destes investigadores? Como podem as ciências matemáticas contribuir para o desenvolvimento da ciência polar? Como é que isso se pode tornar visível aos olhos de todos?

Para promover a Ciência Polar nas gerações mais novas, a equipa tem também investido na elaboração de alguns recursos educativos, como é o caso do jogo Jenga, explicado ao longo do artigo. Embora esta variante do jogo Jenga sugira uma actividade para uma aula de Biologia, a verdade é que, com base nas cadeias alimentares da Antártida e no jogo Jenga, a Matemática e a Biologia podem surgir como complementares na compreensão deste fenómeno, nomeadamente na noção da proporção que determinadas espécies ocupam na cadeia alimentar da Antártida e na interpretação de dados da ciência polar através de representações estatísticas. Convidamos o leitor a deliciar-se com a leitura deste artigo, posteriormente apreciar uma versão interdisciplinar do jogo Jenga na secção Vamos Jogar... e, finalmente, enriquecer o leque de tarefas de sala de aula com uma possibilidade de exploração deste jogo na secção *Materiais para a aula de Matemática*.

JOANA LATAS

Dos Pinguins aos Ursos Polares

O Papel das Ciências Matemáticas em Ciência Polar

As regiões polares são partes do planeta que nos podem ajudar a compreender fenómenos científicos muito importantes. Questões como o degelo, o aumento do nível médio da água do mar, as alterações climáticas e o buraco na camada do ozono são assuntos abordados regularmente quando nos referimos às regiões polares. Perceber que as regiões polares são apenas parte de um puzzle em que Portugal (e a Europa) é mais uma peça, é essencial para mostrar como o nosso planeta é pequeno. Por exemplo, as alterações que ocorrem nas correntes frias do Antártico podem ter implicações na produtividade das nossas águas Europeias. Uma evidência da importância destes assuntos, é a referência regular aos mais recentes desenvolvimentos na área nos noticiários ou jornais diários. Conclusão: compreender os fenómenos que afetam as regiões polares é extremamente importante para perceber o que poderá vir a acontecer em Portugal e noutras partes do mundo. E para compreender o que se passa é necessário caracterizar o que se passa, através de estudos científicos...em que as ciências matemáticas são *fundamentais* na quantificação dos resultados obtidos.

Portugal possui atualmente cerca de 50 cientistas, de 15 Universidades e Institutos superiores, que fazem ciência no Ártico e na Antártica, de uma forma regular, em áreas que vão desde as ciências do mar, às ciências terrestres, sociais e até às da atmosfera (Xavier, Vieira & Canário, 2006). Politicamente as regiões polares são também muito interessantes. Portugal aderiu ao Tratado da Antártida em 2010, que advoga que este continente deverá ser devotado à ciência e à paz, e onde o uso militar não é permitido. É incrível que atualmente exista uma área do tamanho da Europa (semelhante também aos Estados Unidos da América), que não seja pertença de qualquer nação, não é?

A ciência feita nas regiões polares, principalmente na Antártida, possui uma forte componente internacional, e os

projetos são geralmente interdisciplinares, pois reduzem os custos associados às campanhas dos vários países e maximizam os produtos (produção de artigos científicos, maior conhecimento, soluções a problemas, desenvolvimento de novas tecnologias, ...), e todos estes usam matemática!

O caso particular dos estudos em ciência marinha Antártica do Instituto do Mar da Universidade de Coimbra, com a *British Antarctic Survey*, e com várias Universidade e institutos estrangeiros, foca-se nos efeitos das alterações climáticas na cadeia alimentar marinha, em particular nos animais que vivem no topo desta. Por exemplo, colegas investigadores descobriram que um dos predadores de topo do Ártico, os ursos polares, tem de nadar cada vez mais distâncias mais longas à procura de alimento (podem chegar a nadar 450 km em 10 dias sem parar) há medida que o derreter do gelo do Ártico aumenta (Pagano *et al.*, 2012). Os nossos estudos mostram que espécies de pinguins se estão a deslocar mais para sul à medida que a Península Antártica aquece, e conseqüentemente a competição por comida com outras espécies de pinguins que vivem a sul, aumenta. Como a sua comida (nomeadamente o camarão (*Krill*) do Antártico) está a diminuir, é previsível que estas espécies de pinguins venham a ter problemas na procura de alimento. No caso dos albatrozes é notável. Apesar de serem pre-



Figura 1. Albatrozes de cabeça cinzenta.

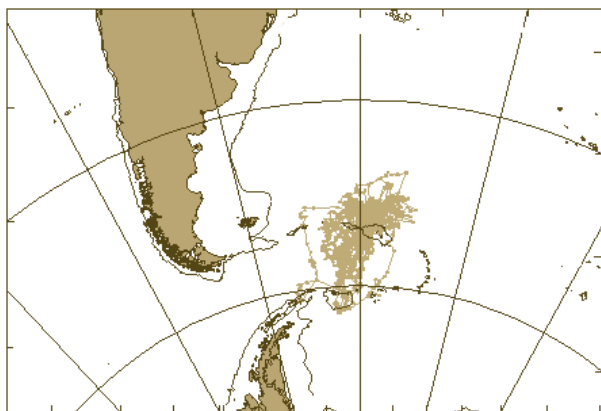


Figura 2. Ano «bom».

dadores de topo (e logo se pensaria que seriam capazes de se alimentarem bem independentemente das variações de algumas das suas presas), não são capazes de lidar com a ausência das suas principais presas como se pode observar pelas imagens seguintes. Ambas ilustram as áreas onde os albatrozes se deslocam para procurar alimentos, na figura 2 num ano «bom» e na figura 3 num ano «mau» (Xavier, Trathan & Wood, 2003).

Num ano «mau» das condições ambientais, os nossos estudos de rastreio via satélite mostram que os albatrozes de cabeça cinzenta tentam procurar presas alternativas, mas o problema é que só as encontram a distâncias demasiado longínquas da sua colónia de reprodução. Quando regressam com as presas alternativas para alimentar os seus filhotes, estes já morreram. Em conclusão, caso estes anos «maus» se tornem cada vez mais frequentes, as populações destes albatrozes, e possivelmente outros, podem vir a sofrer um declínio das suas populações. É através das ciências matemáticas, particularmente a estatística, que conseguimos quantificar a comida ingerida pelos animais em estudo, avaliar qual a duração das suas viagens à procura de alimento e até testar se as variações entre anos são significativas ou não. Aliás, resultados preliminares dos estudos mais recentes de nossos colaboradores, utilizam modelos matemáticos para prever o que poderá acontecer a várias espécies, quer de predadores (como os pinguins e albatrozes) quer de presas (como as lulas, peixe e crustáceos), à medida que a temperatura do nosso planeta vai aumentando (Jenouvrier, 2012). Por exemplo, para algumas espécies de pinguins, como o pinguim imperador, prevê-se uma diminuição da sua população de cerca de 81% em 2100. É essencial que as comunidades científicas, de todas as áreas (matemáticas, biológicas, ...), estimulem os seus cientistas a comunicar a sua ciência de um modo simples, acessível e compreensível, para que o público em geral, habi-

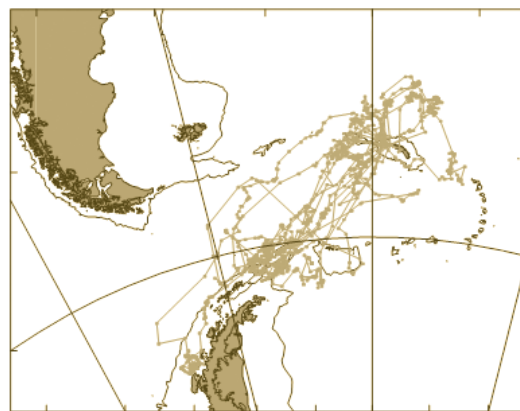


Figura 3. Ano «mau».

tantes do nosso planeta compreendam as transformações que se vão revelando. De momento, como biólogo, as diversas linguagens me parecem de tão difícil compreensão como comprar um jornal desportivo e este só conter equações matemáticas incompreensíveis sem legendas...

CIÊNCIA POLAR NA SALA DE AULA: TEIA ALIMENTAR JENGA

Através de um simples jogo os alunos poderão explorar conceitos importantes relacionados com a biologia marinha da região antártica, tais como biodiversidade, alterações climáticas, efeitos de sobrepesca e espécies chave do ambiente marinho. Para que se compreenda «quem come quem» na teia alimentar da região antártica, é essencial ter em atenção os seguintes conceitos:

- Os animais e plantas que habitam na região Antártica possuem adaptações às baixas temperaturas, aos longos períodos sem luz e à extensão sazonal de gelo marinho.
- O fitoplâncton (algas), conhecido como produtor, está na base das cadeias e teias alimentares da Antártida. O fitoplâncton é ingerido por consumidores, tais como o *Krill* do antártico, *Euphausia superba* (uma espécie pequena de camarão) e zooplâncton herbívoro (ex. Copépodes). Por sua vez, estes são consumidos por uma grande variedade de espécies de peixes, lulas e predadores de topo, como baleias, focas, pinguins e albatrozes.
- A transferência de energia do fitoplâncton para os predadores de topo pode ser bastante rápida. Por exemplo, uma das cadeias alimentares mais simples da Antártida é a seguinte, o fitoplâncton é comido por *krill* do antártico e esta espécie, por sua vez, é comida por um predador de topo, as baleias de barbatanas.



Figura 4. Exemplo do jogo Jenga.

- O *Krill* do antártico é considerado uma espécie chave (espécie que tem um papel crucial na manutenção da estrutura de um ecossistema) no ecossistema marinho antártico. Caso o *krill* seja removido do ecossistema marinho antártico, este ecossistema entraria em colapso e experimentaria uma mudança dramática na sua estrutura.
- A exploração dos recursos marinhos da Antártida (pesca e caça a baleias e focas) teve início no século XIX com um interesse evidente na caça à baleia e focas e na pesca, levando algumas espécies ao risco de extinção. Hoje em dia, a caça à baleia, focas e pinguins é proibida e há uma gestão mais sustentável da pesca (focada maioritariamente em peixe e *krill* do antártico).
- As alterações climáticas têm impacto no ecossistema marinho antártico. Exemplo disso é o efeito negativo que o aumento da temperatura global exerce na abundância, distribuição e capacidade reprodutiva de várias espécies deste ecossistema, tais como o *krill* do antártico, peixes e espécies bentónicas (ou seja, aquelas que vivem no fundo do mar).

UMA POSSÍVEL ABORDAGEM ...

No início da atividade pode explorar a torre Jenga completa que pretende representar a teia alimentar antártica em equilíbrio (espécies diferentes alimentam-se de outras espécies). O primeiro conceito a explorar será o facto de a teia alimentar antártica poder ser relativamente simples ou tornar-se bastante complexa (diferentes espécies alimentam-se de espécies variadas).

À medida que se vão removendo peças Jenga da torre (recorde que devem colocar-se no topo da torre) vão aparecendo lacunas na estrutura da torre tornando-a mais »frágil«. Esta fragilidade permite ilustrar os efeitos negativos da extinção/remoção de espécies do ecossistema marinho antártico resultantes da sobrepesca ou das alterações climáticas.

À medida que o jogo vai decorrendo haverá uma peça Jenga que ao ser removida fará a torre colapsar. Essa peça representa o *krill* do antártico, a espécie chave da teia alimentar. Sem a sua presença toda a teia alimentar irá colapsar.

SUGESTÕES PARA O PROFESSOR

A complexidade do jogo Jenga deverá ser adaptada à idade dos alunos. Aos alunos mais novos poderá ser entregue uma peça Jenga onde poderão desenhar o seu organismo favorito da teia alimentar antártica à medida que os conceitos gerais relativos às teias alimentares e à relevância do *Krill* do antártico vão sendo explicados. Para os alunos com idade superior (nível Secundário e Universitário) deverá ser feito um enquadramento teórico comparando teias alimentares de diferentes áreas da Antártida (ex. Mar de Scotia versus Mar de Ross).

Caso não seja possível usar um jogo Jenga, pode realizar a atividade recorrendo a um jogo mikado ou um conjunto de pequenas varas. Neste caso, inicialmente todas as varas deverão estar em contacto com outras varas para que seja demonstrada a complexidade que uma teia alimentar antártica pode conter (qualquer vara tocando noutra poderá representar a espécie que é «comida» ou que «irá comer» a outra espécie). Neste caso, os estudantes desempenham o papel da «pesca» ou das «alterações climáticas» à medida que vão retirando as varas do conjunto...até que se corra o perigo de não existir mais nenhuma espécie.

Referências bibliográficas

- Jenouvrier S, Holland M, Stroeve J, Barbraud C, Weimerskirch H, Serreze M, Caswell H (2012). Effects of climate change on an emperor penguin population: analysis of coupled demographic and climate models. *Global Change Biology*, 18, 2756–2770.
- Pagano, A.M., Durner, G.M., Amstrup, S.C., Simac, K.S., and York, G.S. Long-distance swimming by polar bears (*Ursus maritimus*) of the southern Beaufort Sea during years of extensive open water. *Canadian Journal of Zoology* 90(5): 663–676, 2012.
- Xavier, J.C., Croxall, J. P., Trathan, P. N. & Wood, A. G. (2003). *Feeding strategies and diets of breeding grey-headed and wandering albatrosses at South Georgia.*

AROMAS DA MATEMÁTICA NUMA PARCERIA ENTRE A EBI DA APELAÇÃO E A ESCOLA SECUNDÁRIA DO PRÍNCIPE

«Para que serve afinal aprender Matemática?», «Porque preciso eu de estudar isto?», «Com que finalidade?». Estas e muitas outras questões semelhantes são ouvidas todos os dias, vindas dos nossos alunos. De facto, os jovens conseguem mil e uma desculpas para justificar a sua pouca vontade de aprender e conhecer a matemática.

Desmistificar a Matemática não é tarefa fácil, mas este grupo de professores aproveitou o mote da Matemática do Planeta Terra, e particularmente o concurso *Matemática, onde estás?*, para proporcionar uma Matemática mais humana e experimental para os seus alunos. Assim surgiu o projeto *Saudinha*.

Este projeto consiste na recolha e tratamento de dados relativos ao tema saúde na comunidade escolar e na produção de produtos de higiene, a partir de ingredientes do dia a dia. As fases do mesmo passam, por um lado, pela elaboração, implementação de inquéritos por questionários incidindo nas práticas de saúde oral, acesso a serviços de saúde e alimentação saudável e respetivo tratamento dos dados estatísticos e, por outro, pelo incentivo a práticas de higiene sustentáveis. Sendo uma parceria entre uma escola em Portugal e outra na ilha do Príncipe, os resultados e conclusões finais serão comparados, assim como as recomendações de melhoria nestas duas realidades.

Do desenvolvimento do projeto, destacamos nesta partilha a experiência de produção de sabão artesanal, de óleos vegetais e de detergentes. Para isso, colocámos a Matemática ao nosso serviço, nomeadamente, a transversalidade da Matemática às disciplinas de Química e Ciências Naturais.

A matemática passou a ter cor, forma, aromas e espuma. Como assim?

A resposta é fácil... Através de fórmulas cuidadosamente elaboradas, e tendo em conta a sustentabilidade ambiental, foram criados sabões e detergentes pelos alunos e profes-

sores do 2.º ciclo, no Agrupamento de Escolas de Apelação, em Portugal, e também na Escola Secundária do Príncipe, em S. Tomé e Príncipe.

E afinal, onde está a Matemática?

Os alunos, em laboratório fazem cálculos de volume e de proporções, tendo como objectivo encher um recipiente. Dependendo do volume do recipiente, é necessário calcular a quantidade de cada ingrediente a usar. Por exemplo: «Para encher esta forma, que tem um volume de 1 litro, dado que a receita é para 700 ml de sabão, quanto é necessário de cada ingrediente?» ou «Para uma garrafa de 2 litros, dado que a receita é para ½ litro de lixívia, que quantidade precisamos de cada ingrediente?». Depois de calculadas as quantidades necessárias, é preciso pesar os ingredientes e medir as quantidades de líquido usando uma pipeta. De seguida, depois de todos os ingredientes pesados e medidos, dá-se início à preparação: aquecer e misturar ingredientes controlando as temperaturas e o pH dos produtos. O produto final é depois colocado nos recipientes e fica em repouso durante o tempo especificado. Depois, é usar!

A matemática é assim mais facilmente colocada em prática e com resultados palpáveis e úteis.

Quanto às recomendações... terão que ficar para depois. De momento, estamos a tratar os dados recolhidos nos inquéritos e a construir gráficos comparativos que ilustrem duas realidades diferentes.

Ana Eliete Reis, 3ºciclo, EBI da Apelação
Dulce Mourato, 2ºciclo, EBI da Apelação
Joana Latas, Projecto Escola+

Partilhe connosco a experiência do concurso *Matemática, onde estás?* na sua escola.

Escreva-nos para mpt2013@apm.pt.

Xavier, J. C., Vieira, G. T. & Canário, A. (2006). *Portuguese science strategy for the International Polar Year*. Centre of Marine Sciences, University of Algarve and University of Lisbon, 42pp.

Xavier, J. C. & Peck, L. (2013). *Antarctic Marine Ecosystems*. In Antarctic Research, Liggett, D. (ed), Springer-Verlag, New York (Book chapter; in press).

JOSÉ XAVIER

INSTITUTO DO MAR DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

PATRICIA AZINHAGA

EXTERNATO COOPERATIVO DA BENEDITA