

# A HISTÓRIA DO AZOTO

BOM E MAU  
EM PEQUENINO EM GRANDE

Vanda Brotas Gonçalves

Ilustrações de Rui Sousa







A HISTÓRIA DO AZOTO

BOM E MAU

EM PEQUENINO

EM  
GRANDE

## FICHA TÉCNICA

**TÍTULO** A história do azoto, bom em pequenino e mau em grande

**EDIÇÃO** FCIências.ID -Associação para a Investigação e Desenvolvimento de Ciências.

**AUTORES** Vanda Brotas Gonçalves (Texto) e Rui Sousa (Ilustração)

**PAGINAÇÃO** Sugo Design

**COORDENAÇÃO CIENTÍFICA** Inês Santos, Helena Serrano, Pedro Pinho e Cristina Branquinho, do Centro de Ecologia, Evolução e Alterações Ambientais (CE3C), da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

**IMPRESSÃO** A3 Artes Gráficas, Lda.

**AGRADECIMENTOS** Maria Amélia Martins-Loução (Revisão científica/esquemas técnicos), Ana Sampaio (Revisão de Texto) e Filipa Grilo (Ilustrações técnicas). Icons de Guilherme Furtado, Julian Roman, Wahyuntile, Falaschi, Dan Jenkins, Mikicon, Creative Stall, Jason Dilworth, Glyph.faisalovers, Carla Gom Mejorada, IYIKON, do Noun Project.

## FINANCIAMENTO



Este livro foi elaborado no âmbito do projecto NITROPORTUGAL - Strengthening Portuguese research and innovation capacities in the field of excess reactive nitrogen, financiado pela Comissão Europeia no âmbito do Horizonte 2020 – Programa-Quadro Comunitário de Investigação & Inovação, Grant agreement n.º 692331

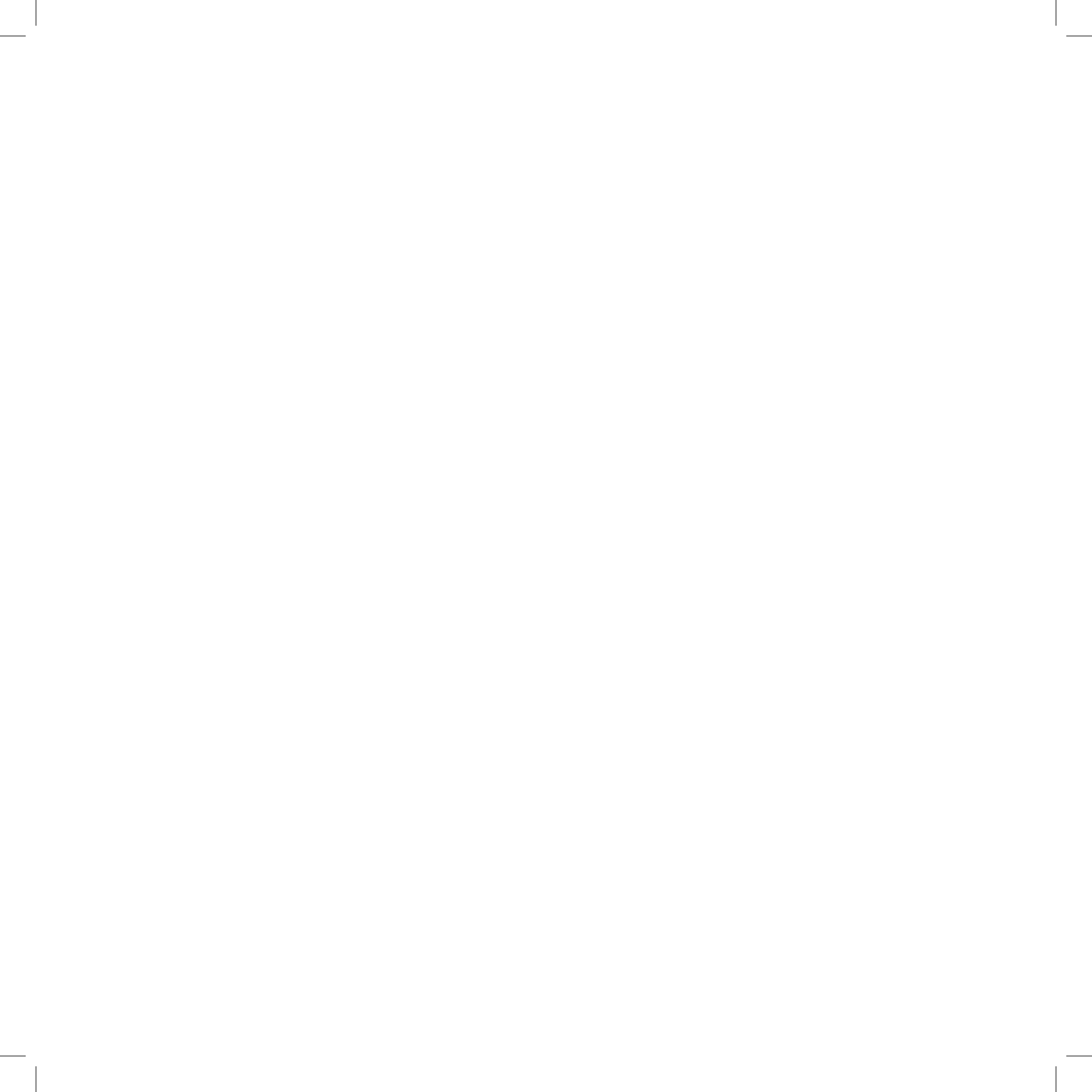
## APOIOS



Este livro foi apoiado pelo Centro de Ecologia, Evolução e Alterações Ambientais (CE3C), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), e Pavilhão do Conhecimento - Centro Ciência Viva.

**DEPÓSITO LEGAL** 448993/18

**1ª EDIÇÃO** Novembro 2018





# O LAGO COM PEIXES MORTOS

Naquela escola, no final de outubro, a Professora e os alunos costumavam organizar um piquenique à beira do lago. Era um acontecimento importante, que requeria grande capacidade de organização.



Jorgito e quatro amigos tinham sido encarregados de escolher o local adequado para o piquenique. Percorreram as margens do lago, procurando rãs escondidas nas plantas semi-submersas, lançando pedrinhas para a superfície da água, vendo quem conseguia que saltassem mais longe. Até que descobriram um local ideal para o piquenique, uma zona com relvado, plana e larga, com sombra, onde o lago era pouco profundo.

Foi o Ruben quem chamou a atenção: **havia muitos peixes mortos entre as ervas de folhas largas do lago, e a água cheirava a ovos podres.**



# O CONCURSO DOS FEITIÇOS

Quando chegaram à escola, não tiveram tempo de falar sobre os peixes mortos do lago. Para comemorar o dia das bruxas (Halloween), a Professora tinha organizado um concurso de feitiços.

**Quem inventasse o feitiço mais original ganharia o prémio.**





No final de uma tarde muito divertida, com feitiços de toda a espécie, cada qual o mais terrível, toda a turma ficou sem perceber porque é que Madalena tinha ganho. Madalena era uma menina nova na escola; era alta, magra, e falava pouco, o que não a tornava muito popular entre os colegas.



O feitiço vencedor era o seguinte:

“Faço-te um feitiço e todos os átomos de Azoto do teu corpo se volatilizam”.

**Azoto?** Comentaram alguns alunos, franzindo o nariz. Nunca tinham ouvido essa palavra.

– De certeza que eu não tenho azoto nenhum no meu corpo – protestou o António.

– Eu como carne, peixe, leite, legumes, fruta, mas nunca como azoto – disse a Patrícia.



– Patrícia, – exclamou a Professora – o azoto está em todos os alimentos!

Jorgito e os amigos interromperam para falar dos peixes mortos que tinham visto no lago. E ficaram muito surpreendidos com a resposta da Professora:

– Temos de ir lá observar, mas provavelmente é porque o lago está muito poluído, como consequência do excesso de nutrientes, incluindo o azoto, que entra no lago. Mas está a tocar para a saída, discutimos tudo isto para a semana, prometo.

Ficaram sem perceber nada. **Então o Azoto era uma coisa tão importante no nosso organismo, de acordo com o feitiço de Madalena, e por outro lado era a causa da morte dos peixes?? Como poderia ser?**

De certeza que a Professora se tinha enganado. Discutiam animadamente no caminho para casa, sem chegar a nenhuma conclusão.







# O GRANDE AZOTO MAU


Durante o fim de semana foram de novo ao lago observar os peixes mortos. Tencionavam igualmente procurar o misterioso Azoto e castigá-lo severamente. A superfície da água do lago estava completamente parada, com bolhas de ar a boiar, com estrias de cor verde clara, que faziam uma espécie de desenho em anéis concêntricos.

— São algas, — explicou Jorgito — se fossem plantas não flutuavam, tinham raízes, mas não são nada tão bonitas como as algas da praia.

Procuraram por todo o lado, mas não viram Azoto nenhum. **No domingo de manhã, finalmente, avistaram o Azoto ao longe, no meio dos troncos de árvores, no local mais escuro e denso da floresta.** Foi apenas por uma fração de segundo, mas era nitidamente o Azoto, com o corpo coberto de pelos e uma cabeça enorme de onde saíam duas orelhas espetadas. Joãozinho distinguiu nitidamente os urros do Azoto por entre o murmurar das folhas agitadas pela brisa.







Extremamente satisfeitos consigo próprios, foram para o jardim da pequena cidade, onde se encontraram com o resto da turma. Excitadíssimos, começaram a contar como tinham avistado o Azoto, prometendo que o iriam capturar com uma estratégia que por enquanto era secreta.

– Que disparate, – disse Madalena – **o monstro do Azoto com orelhas peludas não existe, só na vossa imaginação. O que existem são átomos de azoto. Existem, mas são invisíveis, e nenhuma planta ou animal pode existir sem azoto, por isso o azoto é bom.**

– **Então se o azoto é bom, porque é que mata os peixes do lago?** – replicou Jorgito.

– E porque não vais investigar como deve ser, em vez de combateres monstros imaginários? – sugeriu Madalena; e virou-lhe as costas.





# MAS DE ONDE VEM O AZOTO?

Assim, foi uma turma dividida e tensa que a Professora encontrou na segunda-feira de manhã. Os seguidores de Jorgito a acharem que o Azoto era mau e os amigos e amigas de Madalena a defenderem que o Azoto era bom.

A Professora mostrou figuras e esquemas, explicou, explicou e voltou a explicar, recorrendo a gráficos, tabelas, figuras, imagens... Disse também que o nome atual do azoto é nitrogénio. Até que se lembrou de fazer o jogo dos átomos e moléculas. Dividiu a turma em três grupos, o primeiro grupo eram os átomos de azoto (ou de nitrogénio, como voltou a sublinhar), o segundo grupo eram os átomos de oxigénio e o terceiro os átomos de hidrogénio.

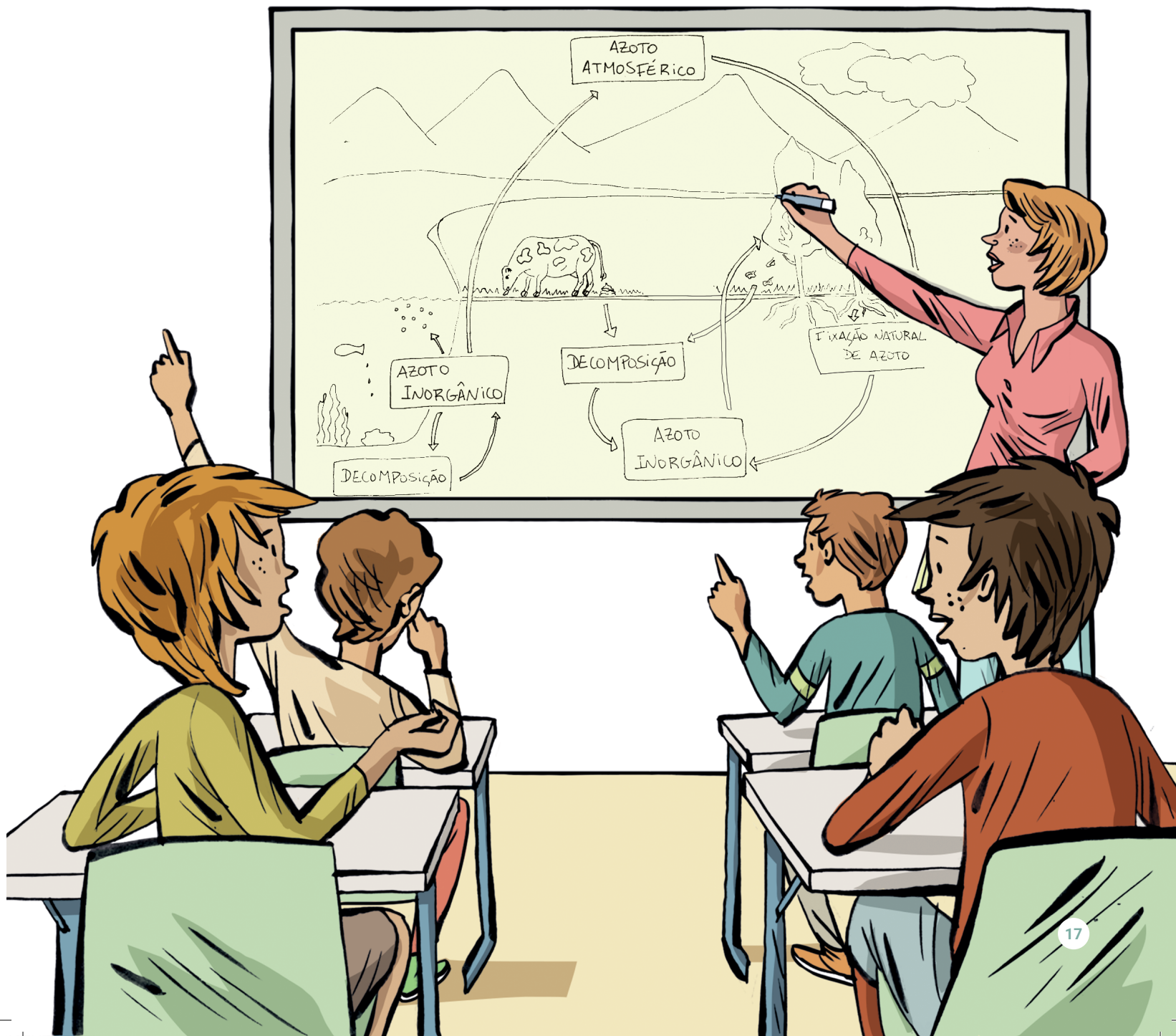
– Atenção, – ordenou a Professora – os átomos de azoto dão as mãos dois a dois, e sobem para cima das mesas: vocês representam a molécula de azoto que há na atmosfera, constituindo 80% do ar que respiramos. – virando-se para os outros alunos, acrescentou – Agora, um átomo de azoto vai dar a mão a três átomos de oxigénio: vocês são outra molécula, os nitratos. **Os nitratos são nutrientes indispensáveis para o crescimento das plantas.** Por último, um átomo de azoto vai dar a mão a quatro átomos de hidrogénio, vocês são a molécula de amónia, que também é um nutriente. **Tanto o nitrato como a amónia são fertilizantes, dado que fazem crescer as plantas. A amónia também é produzida pela degradação da matéria orgânica, ou seja, quando as plantas ou os animais mortos se decompõem.**

Quando a Professora, satisfeita com o resultado do jogo, se preparava para tirar uma selfie com toda a turma a fingir que eram moléculas de azoto, a Maria Rita, muito zangada, largou as mãos e declarou:

– Eu não quero ser a amónia, que pertence ao azoto mau.







Pronto, estava lançada a confusão, todos largaram as mãos, desfazendo as moléculas, e começaram a falar ao mesmo tempo, numa grande barulheira.

**– Não há azoto bom nem azoto mau, – dizia de novo a Professora – já vos expliquei que o azoto é um elemento indispensável à vida, só que em quantidades excessivas pode ter efeitos negativos no ambiente.**

– Mas como pode o Azoto ser bom e mau ao mesmo tempo? – Perguntava um dos rapazes.

– Mas isso é como tudo, – era a voz fininha e tímida da Mariana – é por exemplo como os beijinhos. É bom, mas quando são demasiados, deixam a cara toda lambuzada.

Uma enorme gargalhada sacudiu toda a turma.

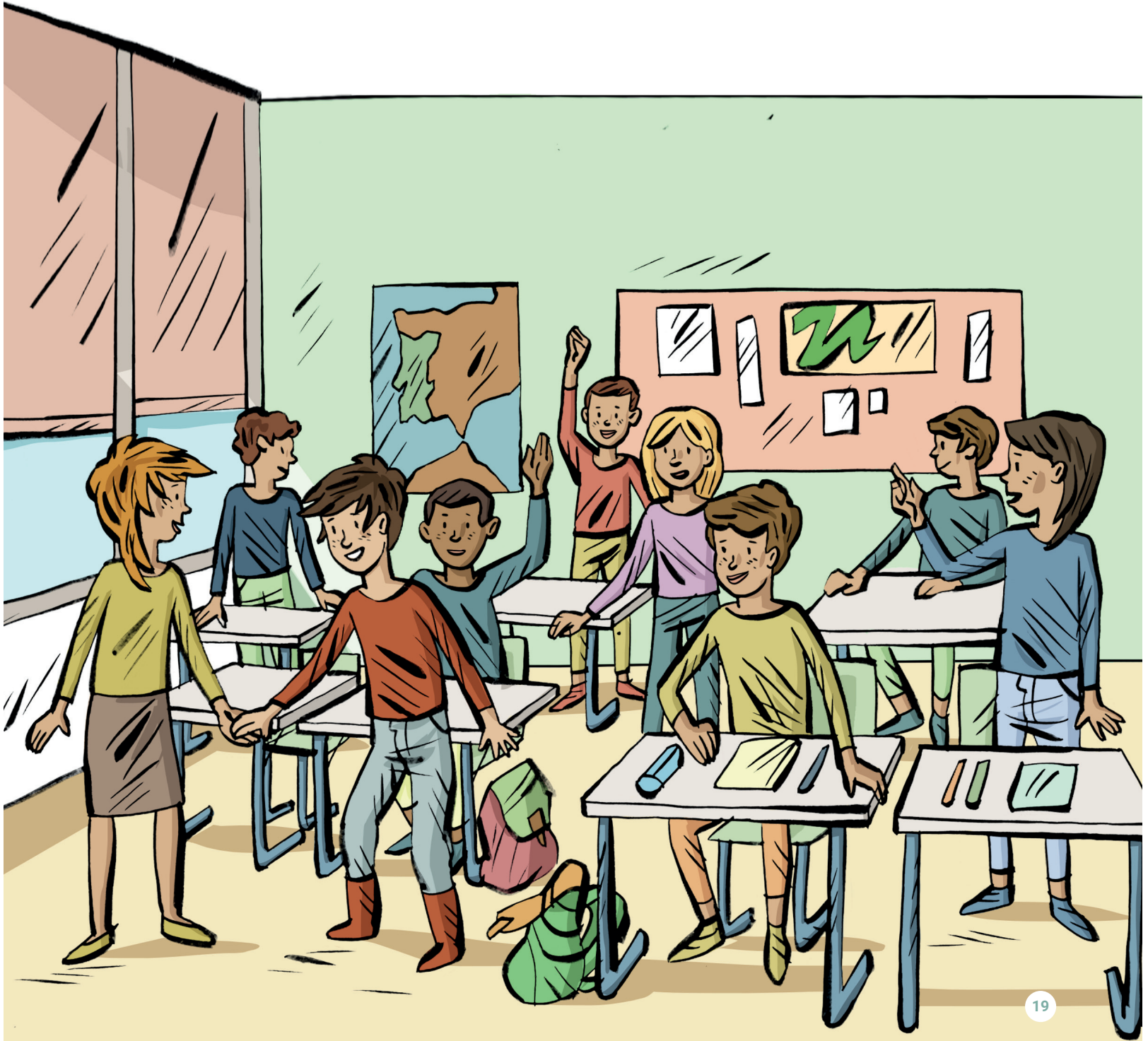
– Mas porque é que os peixes morreram? – insistia de novo alguém.

– Bom, – explicou a Professora - o lago está numa zona que recebe os esgotos de algumas fábricas. Provavelmente, haverá alguma fábrica ou estação de tratamento de efluentes (os efluentes são os resíduos líquidos das nossas casas, das fábricas, de tudo, enfim: lixo líquido) que lança esgotos sem serem devidamente

tratados, com excesso de azoto. Esse azoto vai para a água do lago, fazendo crescer as algas de tal modo que estas formam uma camada à superfície da água, não deixando entrar o oxigénio. Em consequência disso, os peixes morrem, dado que não conseguem respirar. Ou então também pode ser por causa das vacas. As vacas produzem muitos excrementos, que, com a chuva, são empurrados para dentro do lago, introduzindo demasiados nutrientes na água.

– As vacas do meu Avô não são com certeza! – protestou o Tó - São vacas muito mansinhas, não fazem mal a ninguém.

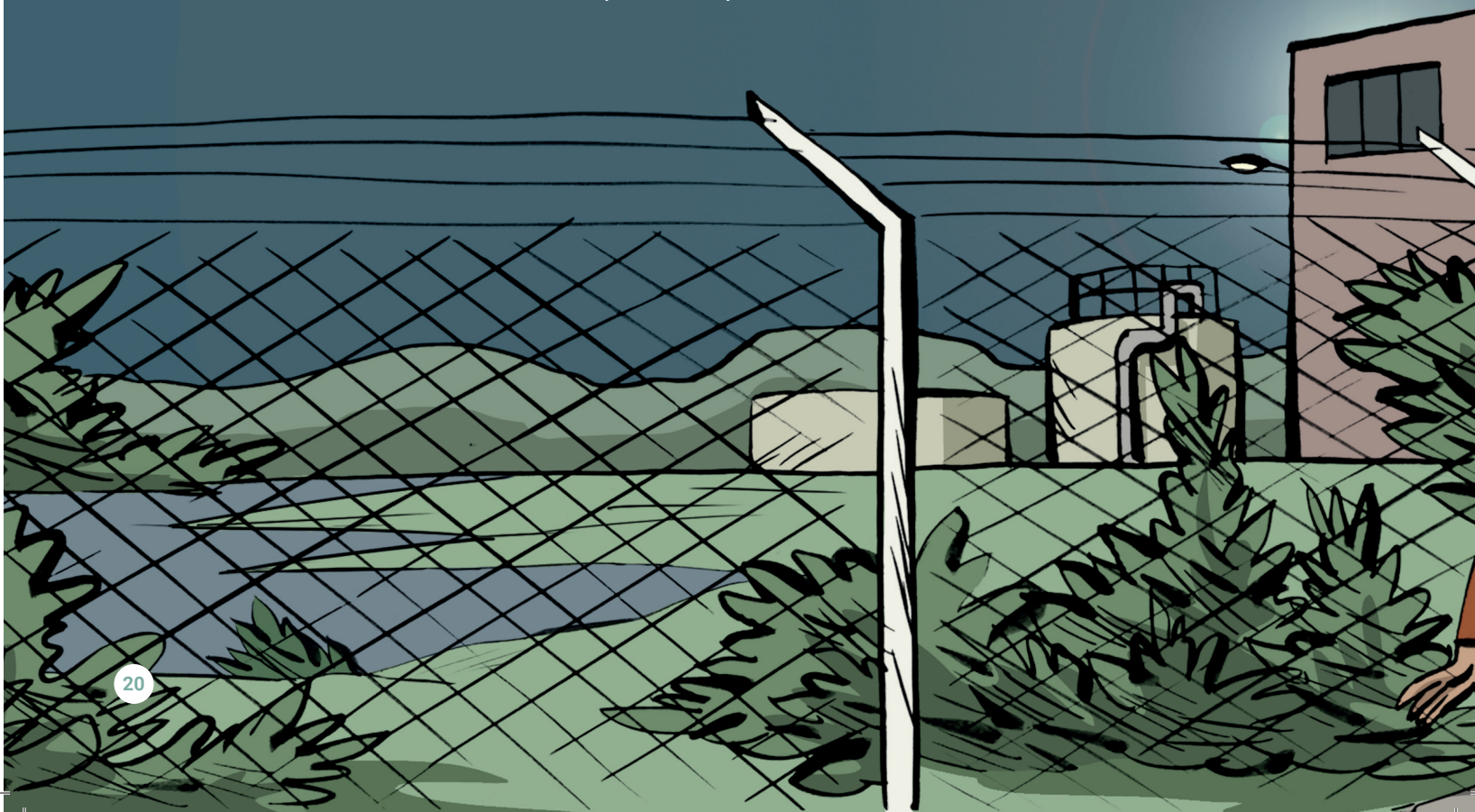
Seguiu-se uma discussão acalorada e um pouco desorganizada, onde alguém chegou a propor que o azoto das vacas fosse o azoto bom e o das fábricas o azoto mau. A Professora repetia, “Não, não é assim tão fácil”.





# MISTÉRIO ESCLARECIDO

Por causa do mistério da morte dos peixes, toda a turma se costumava reunir no jardim, no fim das aulas. Estavam decididos a resolver o problema, com urgência, de preferência antes do piquenique programado para a beira do lago. Discutiam e discutiam. As vacas não poderiam ser a origem do azoto mau, a maior parte dos pais, mães, irmãos e vizinhos tinha vacas, trabalhava com vacas, ganhava dinheiro com o leite e com os queijos. Pelo contrário, na estação de tratamento de efluentes (ETAR, Estação de Tratamento de Águas Residuais, como estava escrito na tabuleta), a única pessoa conhecida era a vizinha do Manuel João, de quem ele nem gostava muito. Decidiram, portanto, que seria a ETAR a causa do azoto mau.



Assim, nomearam um Grupo Exploratório de quatro elementos, com a missão de explorar a área, e de descobrir o tal esgoto que a Professora mencionara. Partiram ao lusco-fusco, explorando toda a área à volta da ETAR, sem descobrirem nada. Já de noite, ouviram-se os gritos desesperados do Carlitos, que parecia estar a ser engolido pela terra.



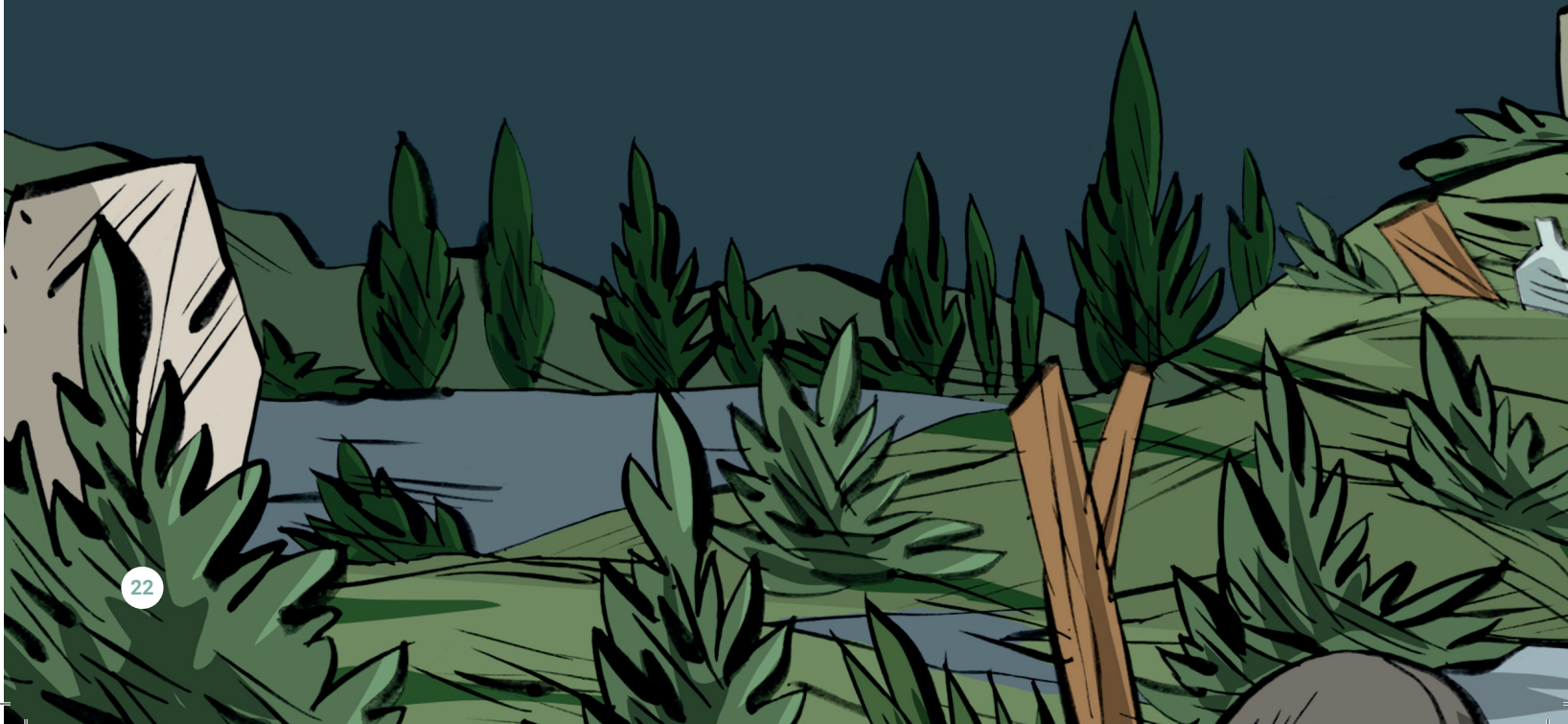


Carlitos tinha caído num buraco; estava enterrado até à cintura, numa mistura repugnante de líquido malcheiroso, terra e plantas. Enquanto o salvavam, repararam que desde esse local até à margem do lado, havia fumos brancos que saíam da terra.

– Como é que vocês não perceberam? – exclamou Madalena, quando lhe explicaram as aventuras na manhã seguinte – o Carlitos caiu num troço do esgoto, que em vez de estar dentro de um cano, corre cá fora, escondido apenas pela vegetação. E os fumos que viram são fruto da condensação da água, que deve vir a altas temperaturas.

– **Ah, descobrimos o mistério!** – Patrícia espetava o dedo no ar, imitando a Professora

– o esgoto, sem ser tratado, corre para o lago, onde deposita enormes quantidades de azoto. Ainda por cima, a água do esgoto é quente, o que explica o fumo da condensação. Assim, a água do lago fica com muitos nutrientes, o que tem como resultado fazer crescer muito as plantas e algas, que ao apodrecerem consomem mais oxigénio. E os peixes, coitados, ficam sem oxigénio suficiente para respirarem e morrem!





# E AGORA O QUE FAZER?

Uns dias depois, nas paredes da ETAR, tinha aparecido, em grandes letras vermelhas, a frase **“Peixes Mortos Não, Lago Sem Poluição Sim”**, repetida dez vezes (embora na nona e décima estivesse Poluissao...).

Com a visita de jornalistas e uma reportagem nas notícias locais, a guerra do azoto bom e do azoto mau tomou proporções quase assustadoras. Todos, grandes e pequenos, discutiam acaloradamente sobre o Azoto. Todas as manhãs apareciam rumores, cada qual o mais terrível.





Como por exemplo:

1) O azoto é um químico que faz mal à saúde, os peixes do lago estavam todos envenenados e, em breve, todas as pessoas que tinham por hábito comer peixes do lago ficariam com a pele cheia de bolhas verdes.

2) Ou que alguém tinha matado os peixes de modo a culpar as vacas, destruindo o ganha-pão de muitas famílias.

3) Ou que o azoto estava no ar que respiramos.

4) Ou que era tudo mentira, mas que servia para afastar os turistas, prejudicando o comércio da cidade.

5) Ou que havia umas bactérias escondidas nas raízes das plantas que tiravam azoto da atmosfera. O azoto ia depois para a parte comestível das plantas, que as pessoas comiam, sem se aperceberem dessa presença de azoto.

DESTES 5  
RUMORES,  
ADIVINHA QUAL  
OU QUAIS O(S)  
VERDADEIRO(S)



PEIXES MORTOS NÃO  
LAGO SEM POLUIÇÃO  
SIM



# É PRECISO PENSAR EM TUDO AO MESMO TEMPO

Por essa altura, todos fervilhavam de atividades. A Professora tinha pedido ajuda à Universidade para poder explicar melhor aos alunos toda a complexidade do ciclo do azoto. E juntos, tinham organizado uma exposição de posters.

**Os agricultores e donos das vacas discutiam com os pescadores o modo de reduzir o impacto dos fertilizantes e dos excrementos das vacas na qualidade da água do lago. O gestor da estação de tratamento de efluentes, depois de várias reuniões com o presidente da câmara, com as associações de agricultores e de turismo, tinha começado obras para tratar o problema do esgoto a céu aberto. E numa dessas reuniões, alguém se lembrou de fazer o Evento do Azoto.**

Assim, no domingo, dia das festas da cidade, toda a população se organizou para fazer o Festival do Azoto. Os jornalistas filmaram com drones o acontecimento, que ocorreu no largo da cidade, enquanto, no coreto, a banda dos bombeiros tocava música festiva.

# Festival do AZOTO



O objetivo do evento era explicar o ciclo do azoto, mostrar a composição dos nutrientes azotados (tal como no jogo dos átomos e moléculas), mostrar que o azoto fazia parte dos aminoácidos, que os aminoácidos eram como que os tijolos das proteínas. Por outro lado, **quando as proteínas, que existem tanto nas plantas como nos animais, entravam em processo de decomposição, formavam-se de novo nitratos e amónia que, em excesso, eram maus para o ecossistema.**

A cada habitante, foi dada uma T-shirt colorida, representando os vários átomos (uma cor diferente para cada átomo), e todos desfilaram em cortejo, enquanto a Professora, empunhando um megafone, ia explicando os vários passos do ciclo do azoto e a sua importância. O desfile começava com as crianças da creche, que eram as moléculas de azoto da atmosfera. Madalena e um grupo de alunos das turmas do 3º e 4º anos eram as moléculas de nitrato e amónia, boas em pequenas quantidades, indispensáveis para o crescimento das plantas; acenavam a toda a gente, atirando serpentinas coloridas.

A seguir vinham os adultos, primeiro os notáveis da cidade, marchando pausadamente, representando um aminoácido, e depois toda a população, organizada em aminoácidos que se ligavam uns aos outros, formando as proteínas. A um sinal da Professora, havia uma espécie de teatro em que as proteínas se partiam aos bocados e arrebanhavam, em grande gritaria, todos os que estavam vestidos com a T-shirt verde (que representavam os átomos de oxigénio), inclusive os que estavam ligados às moléculas de nitrato.












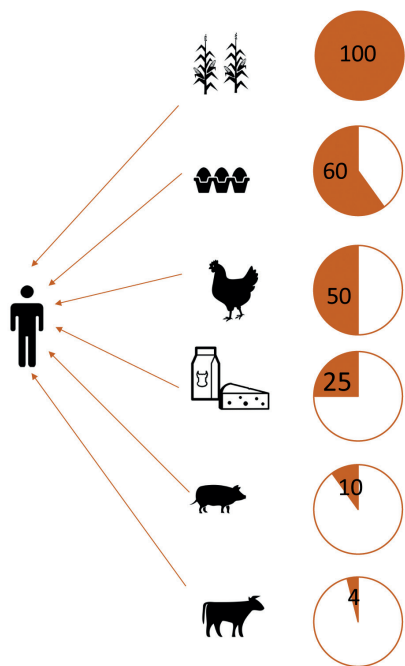
No fim do cortejo, vinham todos os alunos da cidade e arredores, do 5º ao 12º ano, que representavam os nitratos e a amónia, maus em grandes quantidades. Para mostrar que eram maus, vinham com máscaras assustadoras e espadas pretas ou fluorescentes, faziam muito barulho e ameaçavam toda a gente à sua volta. Jorgito e os amigos faziam parte deste lote, claro.



**O evento foi um sucesso, foi filmado e colocado na internet, onde obteve 1 745 891 visualizações.**

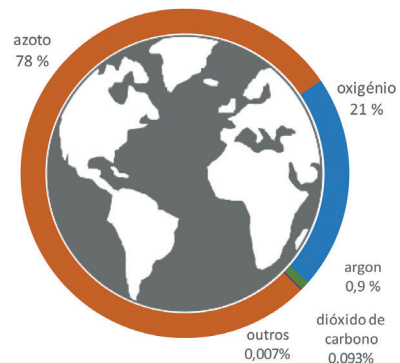
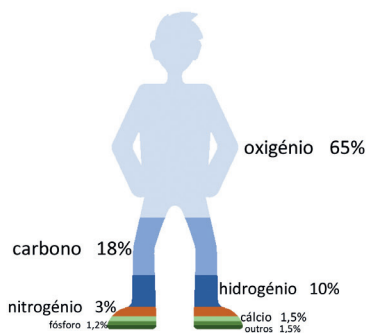
A cidade atraiu muitos visitantes e turistas. O presidente da câmara, as freguesias, os agricultores, os pescadores, os donos das fábricas da região, o gestor e os empregados da estação de tratamento de efluentes, todos compreenderam a importância de não poluir o ambiente e aceitaram as mudanças propostas por uma comissão de especialistas.

O piquenique desse ano, à beira do lago, foi o melhor e mais divertido de que havia memória.



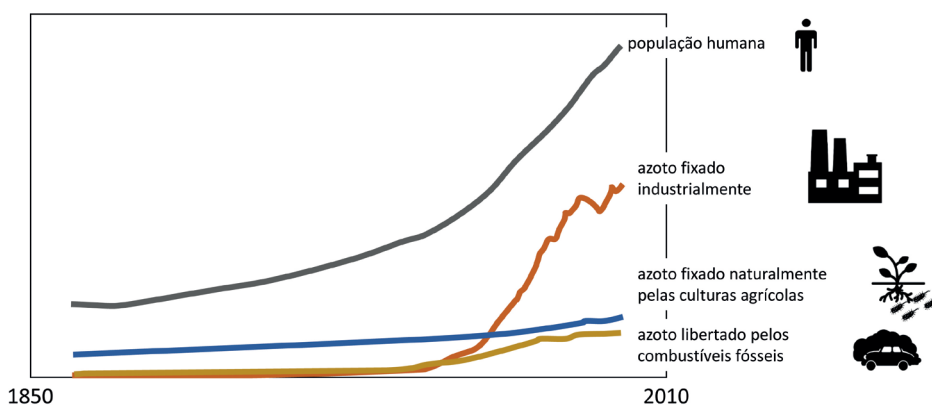
### EFICIÊNCIA ALIMENTAR DA PROTEÍNA ANIMAL VERSUS VEGETAL

O esquema representa a % de azoto absorvido por um humano ao preferir obter proteína de um alimento de origem animal versus um equivalente vegetal com um conteúdo nutricional equivalente. Se optarmos por comer carne de vaca, apenas aproveitamos 4% do azoto que aproveitaríamos ao optar por um alimento vegetal. Todo o restante azoto é desperdiçado nas várias fases da agricultura, uma parte na fertilização do alimento para o gado, outra parte no crescimento do animal e o restante no desperdício alimentar.



### AZOTO NA TERRA

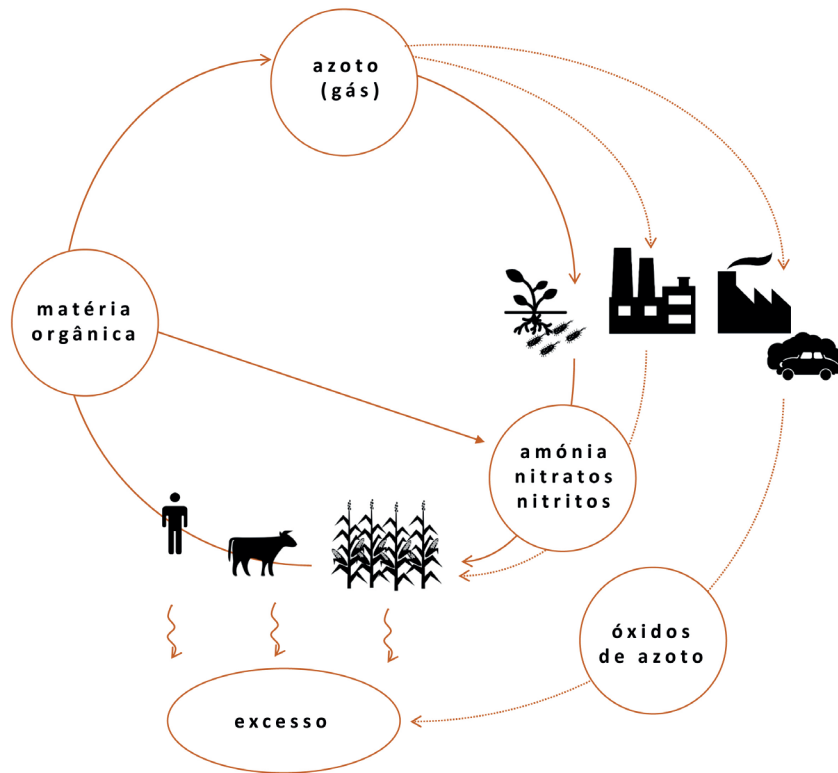
O azoto, ou nitrogénio, é o gás mais abundante na atmosfera terrestre, sob a forma de  $N_2$ , um gás inerte. Nos seres vivos o azoto é essencial na formação de proteínas e representa cerca de 3% da massa de um ser humano.



### O AZOTO FIXADO INDUSTRIALMENTE E A POPULAÇÃO HUMANA

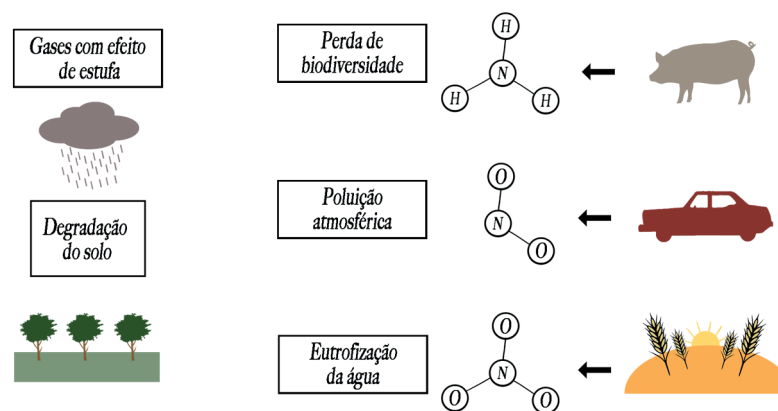
Antes da revolução industrial o azoto utilizado na agricultura era fixado por processos naturais nos solos agrícolas. No início do sec. XX foi descoberto o processo de fixação industrial do azoto que esteve na base da produção de fertilizantes, responsável pela revolução verde do pós-guerra. A partir de 1950, foi possível a agricultura intensiva, devido ao fornecimento do azoto via fertilizante, o que alimenta pelo menos metade da população humana atual.





### O CICLO DO AZOTO E A INTERVENÇÃO HUMANA

Até à revolução industrial o azoto tinha um ciclo dominado por processos naturais: o azoto atmosférico (N<sub>2</sub>) é fixado por bactérias no solo e na água, e de seguida transformado numa forma reativa, por exemplo amónia, nitratos e nitritos; esse azoto reativo é usado por plantas, depois animais e humanos no crescimento. Através dos excrementos ou da morte, todo o azoto presente na matéria orgânica volta a entrar no ciclo. A intervenção humana a partir da revolução industrial (tracejado) levou à produção de fertilizantes azotados em fábricas, que alimentam a produção agrícola atual. Também a utilização de combustível fóssil origina outra forma de azoto reativo, os óxidos de azoto, para além de amónia que se perde na atmosfera. Contudo, os ecossistemas não têm capacidade de absorver todo o azoto extra, criando-se um excesso de azoto, que se perde no solo e água ou para a atmosfera e que causa efeitos negativos no meio ambiente.



## NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

**VANDA BROTAS GONÇALVES** é bióloga, professora na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, e investigadora do centro MARE. A sua linha principal de investigação tem sido sobre as microalgas e a sua função nos ecossistemas, onde se inclui o tema eutrofização (entrada de nutrientes nos ecossistemas), retratado na história.

Escreveu "Histórias para Meninos Não Quero" (integrado no Plano Nacional de Leitura), "O Namorado da minha mãe", "A menina que via o mar de vários cores", publicados pela Gradiva, e ainda "Os meus amigos Triops", editado pela Liga para a Proteção da Natureza.

**RUI SOUSA** nasceu em Lisboa, em 1966.

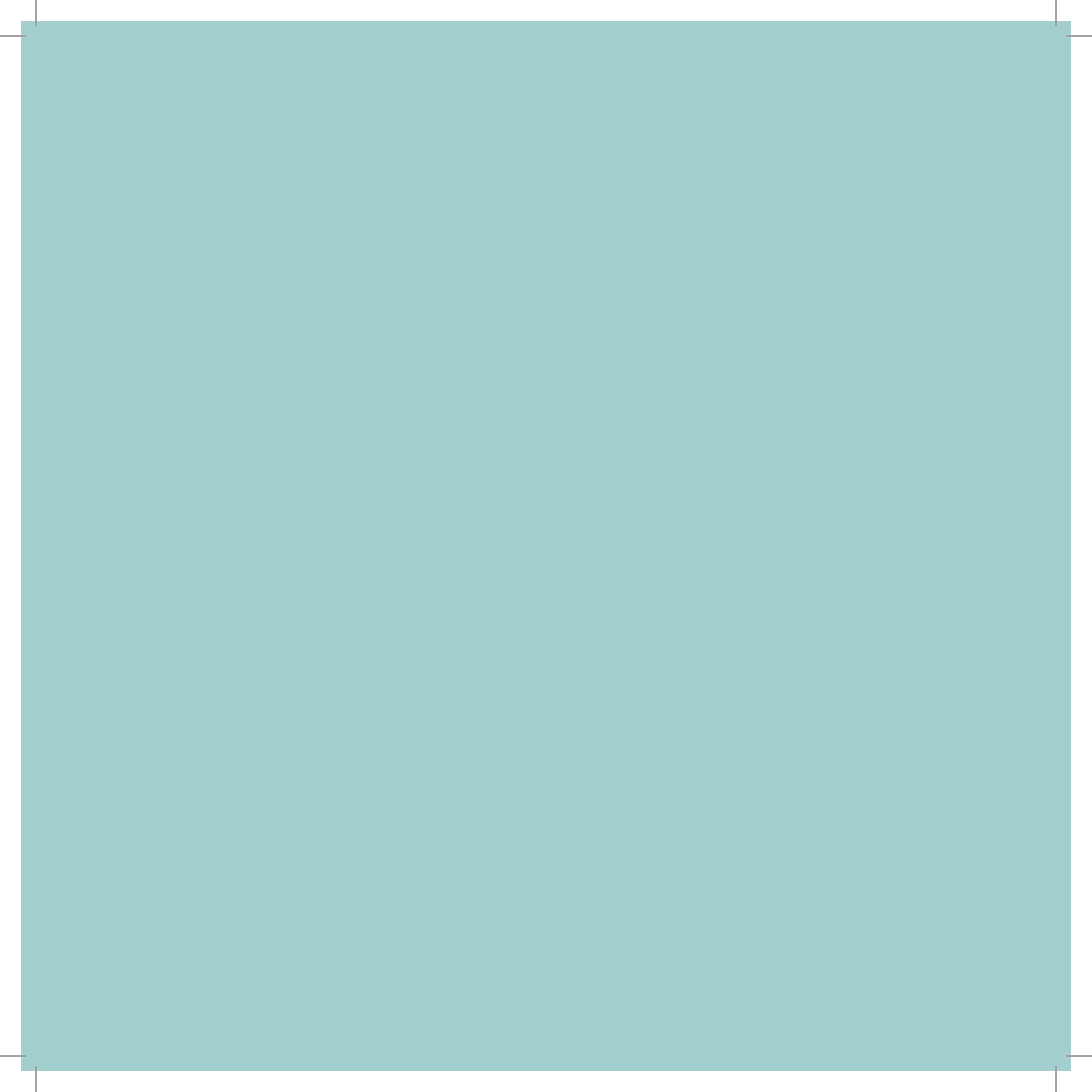
Concluiu a licenciatura em Pintura na Faculdade de Belas-Artes de Lisboa em 1992.

Durante os últimos trinta anos dividiu a maior parte do seu trabalho entre a ilustração e a pintura, colaborando com editoras, jornais e revistas e realizando exposições.

Com a Animanostra, realizou o filme de animação "Um caso bicudo".

É autor de quatro livros infantis.

Como complemento das viagens que realizou desenvolveu também o trabalho de «Urban Sketcher», com cadernos publicados.





O que farias se encontrasses o teu lago preferido cheio de peixes mortos?

Se fores como o Jorgito e a Madalena vais querer a resposta para o porquê de terem ficado sem o seu local preferido para piqueniques.

O vilão desta história (ou herói)? O Azoto!

Afinal o que é o Azoto? É bom ou mau? De onde vem e como foi parar ao lago? Será da produção de Vacas, da ETAR, mas o azoto não está no ar?

Vem descobrir a jornada do Jorgito e da Madalena na sua procura duma solução para restabelecer a beleza ao lago da cidade.

