

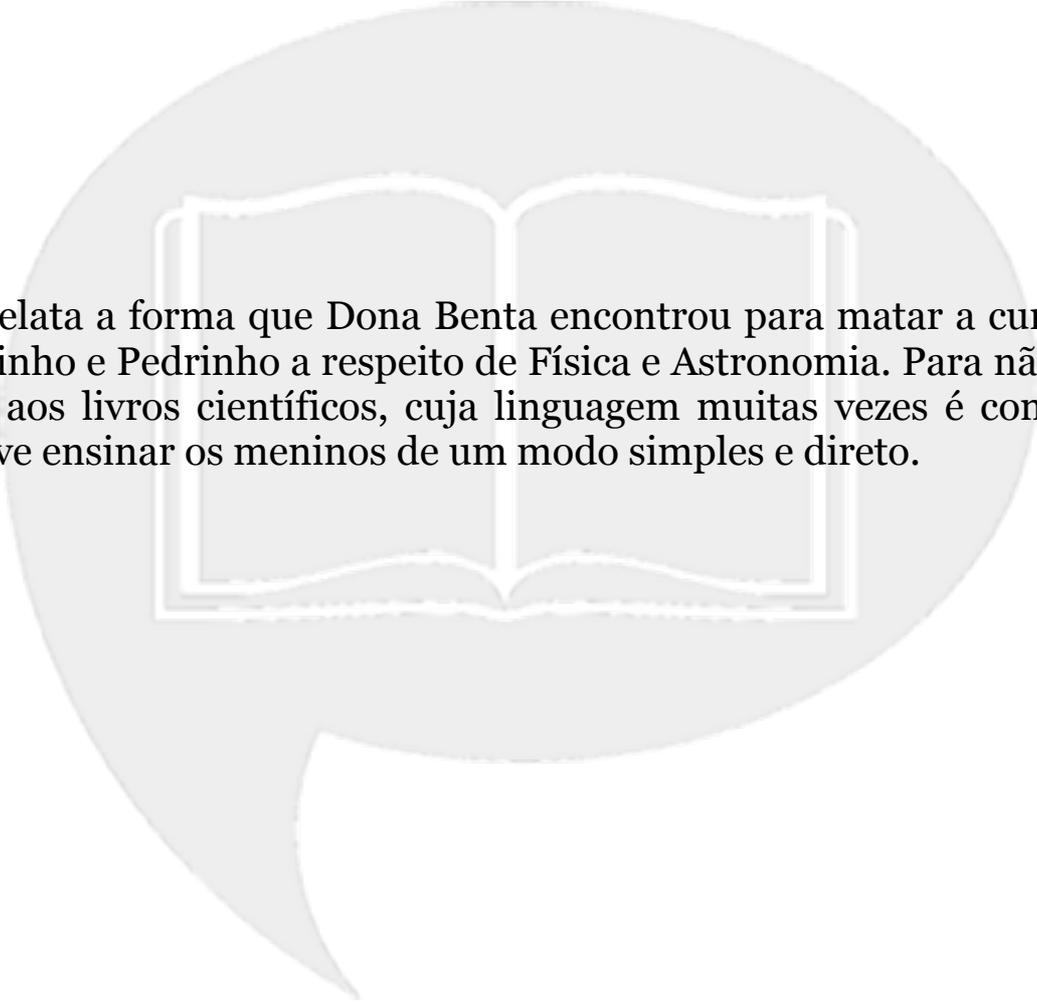
MONTEIRO  
LOBATO

# Serões de Dona Benta

edição comentada

ilustrações  
Roberto Fukue





O livro relata a forma que Dona Benta encontrou para matar a curiosidade de Narizinho e Pedrinho a respeito de Física e Astronomia. Para não ter que recorrer aos livros científicos, cuja linguagem muitas vezes é complicada, ela resolve ensinar os meninos de um modo simples e direto.

# CAPÍTULO I - COMICHÕES CIENTÍFICAS

DONA BENTA havia notado uma mudança nos meninos depois da abertura do Caraminguá n.º 1, o primeiro poço de petróleo no Brasil. Aprenderam um pingo de geologia e ficaram ansiosos por mais ciência.

— Sinto uma comichão no cérebro, disse Pedrinho. Quero saber coisas. Quero saber tudo quanto há no mundo...

— Muito fácil, meu filho, respondeu Dona, Benta. A ciência está nos livros. Basta que os leia.

— Não é assim, vovó, protestou o menino. Em geral os livros de ciência falam como se o leitor já soubesse a matéria de que tratam, de maneira que a gente lê e fica na mesma. Tentei ler uma biologia que a senhora tem na estante, mas desanimei. A ciência de que gosto é a falada, a contada pela senhora, clarinha como água do pote, com explicações de tudo quanto a gente não sabe, pensa que sabe, ou sabe mal-e-mal.

— Outra coisa que não entendo, disse Narizinho, é esse negócio de varias ciências.

Se a ciência é o estudo das coisas do mundo, ela devia ser uma só, porque o mundo é um só. Mas vejo física, geologia, química, geometria, biologia — um bandão enorme. Eu queria uma ciência só.

— Essa divisão da Ciência em várias ciências, explicou Dona Benta, os sábios a fizeram para comodidade nossa. Mas quando você toma um objeto qualquer, nele encontra matéria para todas as ciências. Este livro aqui, por exemplo. Para estudá-

lo sob todos os aspectos temos de recorrer à física, à química, à geometria, à aritmética, à geografia, à história, à biologia, a todas as ciências, inclusive a psicologia que é a ciência do espírito porque o que nele está escrito são coisas do espírito.

— Mas que é ciência, vovó? — perguntou Narizinho. Eu mesma falo muito em ciência, mas não sei, bem, bem, bem, o que é.

— Ciência é uma coisa muito simples, minha filha. Ciência é tudo quanto sabemos.

— E como sabemos?

— Sabemos graças ao uso da nossa inteligência, que nos faz observar as coisas, ou os fenômenos, como dizem os sábios.

— Então fenômeno é o mesmo que coisa?

— Fenômeno é tudo na natureza. Aquela fumacinha lá longe, que sobe para o céu, é um fenômeno. A chuva que cai é um fenômeno. O som da

minha voz é um fenômeno. Fenômeno é tudo que acontece. E foi observando os fenômenos da natureza que o homem criou as ciências.

No começo o homem era um pobre bípede que valia tanto como os quadrúpedes de hoje. Vivia como todos os animais, nu em pêlo, morando só nos lugares de bom clima, onde houvesse abundância de frutas silvestres e caça. Um animal como outro qualquer. Mas a inteligência que foi nascendo nele fez que começasse a observar os fenômenos da natureza e a tirar conclusões. O homem teve a idéia de plantar, e com isso criou a agricultura, Teve a idéia de inventar armas, o arco e a flecha, o machado de pedra, o tacape, e com isso aumentou a eficiência dos seus músculos. Um dia descobriu o fogo e o meio de conservá-lo sempre aceso — e disso nasceu um colosso de coisas, entre elas o preparo dos metais. Com o fogo derretia certas rochas e tirava uma coisa preciosa, diferente da pedra — o ferro, o cobre, os metais, em suma. E com esses metais obtinha machados muito melhores que os feitos de pedra.

Também aprendeu a domesticar certos animais, de que se servia para a alimentação ou para ajudá-lo no trabalho. E a inteligência do homem, de tanto observar os fenômenos, foi criando a ciência, que é o modo de compreender os fenômenos, de lidar com eles e produzi-los quando se quer. E o homem tanto fez que chegou ao estado em que se acha hoje — dono da terra, dominador da natureza, rei dos animais.

— Bom, estou percebendo — disse Narizinho. O que um aprendia, passava aos outros, não era assim?

— Exatamente. Para que haja ciência é necessário que os conhecimentos adquiridos por meio da observação se acumulem, passem de uns para outros e pelo caminho se vá juntando com os novos conhecimentos adquiridos.

Entre esses conhecimentos o maior de todos foi tirar partido de certas forças da natureza a fim de aumentar a força natural dos músculos. Isso deu ao homem eficiência, isto é, capacidade de fazer coisas. Por fim entrou a inventar instrumentos e máquinas, meios mecânicos de aumentar grandemente a força dos músculos — e hoje o homem tem máquinas poderosíssimas, como a locomotiva, o navio, os guindastes, os automóveis, os aviões, tudo. A ciência foi nascendo, e o que chamamos progresso não passa de aplicação da ciência à vida do homem.

— *Sinto uma comichão no cérebro — disse Pedrinho. Quero saber coisas. Quero saber tudo quanto há no mundo...*

Nesse ponto um passarinho cantou no pomar. Pedrinho pôs-se de ouvido alerta.

— Que passarinho será aquele? — murmurou, falando consigo mesmo. E saiu disparado para ver.

— Ora aí está como se forma a ciência — disse a boa senhora. Se o canto fosse de sabiá, Pedrinho não se incomodaria, porque já conhece o sabiá. Mas como não reconheceu o canto, ficou logo assanhado por saber — e foi correndo ao pomar. A curiosidade diante dum fenômeno que não conhecemos é a mãe da ciência.

Logo depois Pedrinho voltou.

— Era uma saíra das raras — a segunda que vejo por aqui, disse ele — e Dona Benta continuou a desenvolver o seu tema: — Muito bem; sua curiosidade, Pedrinho, fez que você adquirisse um conhecimento novo. Ficou sabendo que esse canto é duma saíra rara por aqui. Para chegar a essa conclusão, você teve de observar o fenômeno — de ir ver, porque só com o ouvido não podia identificar o passarinho. Você neste caso fez o papel do cientista que observa, descobre e fica sabendo. E nós aqui, que não fomos pessoalmente observar, aceitamos esse conhecimento que você adquiriu e também ficamos sabendo que o tal canto é duma saíra rara por aqui. Quando alguém me perguntar: "Que passarinho é esse que está cantando?" Eu responderei, fiada na observação que você fez e nos comunicou: "É uma saíra rara por aqui." Se a ciência ficasse com o homem que a adquire, de bem pouco valor seria, porque desapareceria com esse homem. Mas a ciência se transmite dum homem para outro e assim vai aumentando o patrimônio de conhecimentos da humanidade.

Chegamos hoje a um ponto em que, para a menor coisa, recorreremos a muitas ciências sem o saber. A pobre tia Nastácia, quando vai assar um frango, recorre a uma porção de ciências, embora não o perceba. Para pegar o frango, para matá-lo, para depená-lo, para limpá-lo, para recheá-lo, para assá-lo, ela emprega inúmeros conhecimentos científicos, adquiridos no passado e transmitidos de geração em geração.

Pedrinho ficou entusiasmado.

— Nesse caso, vovó, eu sou um verdadeiro sabiozinho, porque sei mil coisas práticas. Sei sem que ninguém me ensinasse...

— Engano seu, meu filho. Tudo quanto você sabe foi ensinado sem que você o percebesse. A maior parte das coisas que sabemos nos vem de ver os outros fazerem.

— Isso lá é verdade — confessou o menino. Cada coisa que eu sei veio de alguém lá de casa — sobretudo da mamãe e papai. A gente quando é

criança presta atenção a tudo e imita. Mas eu não sabia que isso era ciência...

— Sim, meu filho, tudo que sabemos constitui ciência, e quando você estudar física, por exemplo, vai verificar que os livros de física apenas explicam teoricamente muita coisa que praticamente sabemos. Por que motivo na mesa, ontem, quando Emília derramou aquele copo d'água, você gritou para tia Nastácia: "Traga um pano?"

— Porque é com pano que se enxuga água.

— Perfeitamente. Você sabe de modo prático uma coisa que na Física se chama capilaridade. O pano é feito de algodão, cujas fibras, por causa desse fenômeno da capilaridade, absorvem, chamam para si a água. Quer dizer que você, como toda gente, quando enxuga uma água com um pano, faz uso dum princípio da física, embora não o conheça teoricamente. Até tia Nastácia, que Emília chama poço de ignorância, sabe um monte de coisas científicas — mas só as sabe praticamente, sem conhecer as razões teóricas que estão nos livros. Querem ver?

E Dona Benta chamou a preta.

— Tia Nastácia, que é do pano com que você enxugou a mesa ontem?

— Está no varal, secando, Sinhá.

— Bem. Pode ir.

A negra retirou-se com um resmungo e Dona Benta prosseguiu: — Vê como ela sabe coisas e como aplica as ciências? Sabe que se deixasse o pano amontoado num canto, ele emboloraria. Sabe que para não estragar o pano tem que mantê-lo seco. Sabe que para secá-lo tem de estendê-lo no varal, ao sol ou ao vento. Mas faz tudo isso sem conhecer as razões teóricas do emboloramento e da evaporação — coisas que vocês também não sabem, porque ainda não abriram nenhum compêndio de física.

— Estou compreendendo, vovó — disse Narizinho. Estudar ciência é aprender as razões das coisas que fazemos de um modo prático.

— Isso mesmo. E depois de aprendida a teoria duma ciência, não só compreendemos perfeitamente a prática, como corrigimos essa prática nos pontos em que ela se mostra defeituosa — e ainda descobrimos novas aplicações práticas.

As ciências só têm valor quando nos ajudam na vida — e é para isso que existem.

Mas... Uf! Que calor está fazendo nesta sala. Abra a janela, Pedrinho.

## CAPÍTULO II - O AR

ASSIM QUE Pedrinho abriu a janela uma lufada de ar entrou, levando uma folha de papel de cima da mesa. Dona Benta aproveitou-se do incidente para falar do ar.

— Esse vento que acaba de arejar a sala, disse ela, está nos indicando um caminho.

Podemos começar o nosso estudo de hoje pelo ar. Quem sabe o que é o ar?

— Eu sei, disse Emília. É essa coisa branca que a gente respira.

— Branca, Emília? Então o ar é branco?

— Eu digo branco à toa, respondeu Emília. Sei que ar não tem cor. É como vidro.

— Isso. É transparente. Mas tem cor, sim. É levemente azulado — tão levemente que só quando visto em grandes camadas o seu azul se torna perceptível. Sabemos que o ar é azul por causa do céu, que não passa da camada de ar que envolve a terra. Mas vamos ver que coisa é o ar.

— Eu sei que o ar forma a camada de atmosfera que envolve o globo, disse Pedrinho.

— Sim. O mais certo, porém, é dizer que o ar faz parte da terra, como as rochas, as águas e o mais. Forma parte gasosa da terra e por isso mesmo fica por cima da parte sólida, por ser mais leve — e é nessa parte gasosa que vivem os animais e plantas terrestres.

Sem ar não pode haver vida. Sem ar isto por aqui seria um deserto horrível, só pedras. Vamos ver quais são as características do ar, qual a sua composição, e que empregos o homem faz dele.

— Que altura tem a camada de ar, vovó?

— Até bem pouco tempo quase nada sabíamos sobre a altura da camada atmosférica, pois não tínhamos meios de estudá-la. Os meios vieram depois da invenção dos balões, graças aos quais podemos subir a grandes alturas. E para além das alturas a que o homem consegue subir, podemos enviar balões sem gente dentro.

— Mas isso é inútil. Se não vai ninguém dentro, que adianta?

— Muita coisa, meu filho. Podemos colocar nesses balões termômetros e outros instrumentos que nos informem do que procuramos saber. Quando esses balões chegam muito alto, rebentam — e os instrumentos registradores caem em pára-quedas, trazendo-nos a informação desejada. Alguns desses balões têm subido a mais de 30 quilômetros.

— E com gente dentro, qual a maior altura? Indagou a menina.

— Em 1862 os aeronautas Coxwell e Glaisher subiram a 11 quilômetros de altura.

Em 1932 Picard subiu a 16 quilômetros, e em 1935 Stevens e Andersen subiram a 21 quilômetros. Para imaginarmos o que essas alturas representam temos de refletir que o edifício mais alto de S. Paulo, o Martinelli, tem apenas 70 metros; a torre Eiffel em Paris tem 300; o Empire State Building em Nova Iorque, tem 380.

— E as montanhas e as nuvens?

— A montanha mais alta que temos na terra é o pico do Everest, no Himalaia. Vai a 8.850 metros. E as nuvens mais altas são as chamadas cirros, que bóiam entre 10

e 11 quilômetros.

— Quer dizer então que o tal Stevens, mais o Andersen, subiram 10 quilômetros acima da mais alta nuvem?

— Sim, 10 quilômetros — e ainda hão de ser batidos por outros aeronautas, porque esses recordes não duram muito tempo. O homem é um bichinho levado da breca. Na ascensão de Coxwell por um triz não houve desastre. Na altura de 11

quilômetros seu companheiro Graisher caiu em estado de inconsciência e Coxwell mal pôde abrir com os dentes a válvula do gás,, a fim de que o balão descesse.

— E como foram os outros tão mais alto?

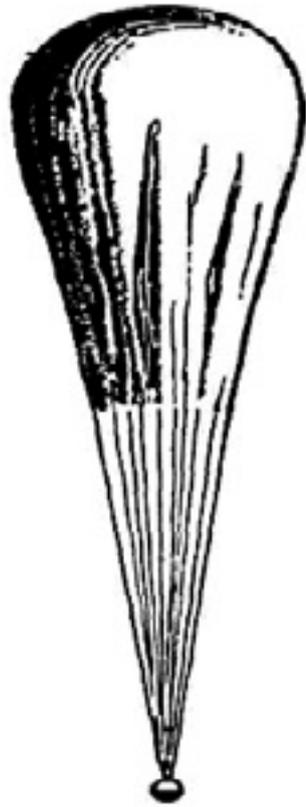
— Porque prepararam uma cabina herméticamente fechada, suspensa ao balão, com reservas de oxigênio e outras precauções. Graças a isso puderam entrar na estratosfera.

— Que bicho é esse?

— À camada atmosférica que vai até 12 quilômetros os sábios chamam TROPOSFERA; e a que vai daí para diante eles chamam ESTRATOSFERA. Nesta camada não há nuvens, nem a menor umidade. Secura completa.

— E que adiantou isso?

— Muita coisa. Os sábios ficaram sabendo tudo quanto queriam, e hoje estão empenhados no estudo da estratosfera com esperança de que a navegação aérea se faça por lá. As vantagens seriam enormes. Não somente os aviões poderiam voar com velocidades incríveis, como estariam livres dos ventos, tempestades e nevoeiros da troposfera. Até eu, que já estou no fim da vida, ainda não perdi a esperança de ir daqui à Europa em minutos, por esse maravilhoso caminho da estratosfera.



*E para além das alturas a que o homem consegue subir, podemos enviar balões sem gente dentro.*

## CAPÍTULO III - AINDA O AR

A VIAGEM DE Dona Benta pela estratosfera veio assanhar os meninos. Surgiram projetos, cada qual mais louco. Por fim a professora disse: — Chega de fantasia; vamos agora voltar ao arzinho que temos por aqui em redor de nós. O homem sempre soube, por experiência, que, quando mergulhava n'água, a água exercia pressão sobre seu corpo, tanto maior quanto mais fundo mergulhasse. Mas que o ar também exercesse pressão, isso ninguém sabia.

— E como se veio a saber? — perguntou o menino.

— Dum modo interessante. Em 1640 o Duque da Toscana mandou abrir um poço na sua cidade e colocar uma bomba, mas com grande desapontamento viu que a bomba não puxava a água até em cima. O duque pediu a Galileu, um grande sábio da época, que explicasse o mistério. Galileu, então com 76 anos de idade, não pôde cuidar do assunto por sentir-se doente, e mandou que um seu discípulo, de nome Torricelli, estudasse o caso — e esse discípulo resolveu o problema, provando que a água não subia até em cima por causa da pressão exercida pelo ar.

Torricelli refletiu que tanto podia, fazer a sua experiência com água como com outro líquido qualquer, e escolheu o mercúrio por ser muito pesado e fácil de lidar.

Se usasse a água, teria de fazer a experiência com uma coluna d'água de 10 metros, o que era complicado. Com o mercúrio obteria o mesmo resultado com uma coluna muito menor. E sua experiência ficou célebre graças às muitas conseqüências que teve.

— Em que consistiu essa experiência?

— O problema era saber se o ar exerce pressão, e depois medir essa pressão. Para isso Torricelli tomou um tubo de vidro fechado numa das pontas e o encheu completamente de mercúrio, tapando com o dedo a outra extremidade para que o mercúrio não fugisse. Em seguida mergulhou esta extremidade, juntamente com o dedo que a tapava, dentro numa cuba de mercúrio — e de repente retirou o dedo.

— E que houve? Perguntou Pedrinho ansioso.

— Houve que a coluna de mercúrio desceu um bocadinho no tubo de vidro e parou. Se o tubo não tivesse a ponta de cima fechada, o mercúrio correria todo para a cuba; mas como essa ponta estava fechada, formou-se o vácuo na pequena parte vazia. Vácuo quer dizer ausência de ar. Nesse vácuo não há pressão do ar porque não há ar. Estava explicado o mistério.

O mercúrio do tubo não descia para a cuba porque a pressão do ar sobre o mercúrio da cuba igualava o peso da coluna de mercúrio dentro do tubo.

Aplicando el cuento ao poço do duque, Torricelli chegou à conclusão de que a água não subia até em cima porque a pressão atmosférica exercida sobre a água do poço ficava equilibrada pelo peso da coluna de água dentro do cano da bomba. E assim nasceu o barômetro.

— Barômetro então é isso?

— Sim, o barômetro é esse tubo de Torricelli que mede a relação entre a pressão do ar atmosférico e o peso duma coluna de mercúrio, marcando o ponto em que a pressão se equilibra com o peso.



Essa experiência foi repetida por outros sábios em lugares ao nível do mar. E foi verificado que a coluna de mercúrio parava sempre a 30 polegadas de altura, Isso quer dizer que uma coluna de mercúrio de 30 polegadas pesa tanto como uma coluna de ar atmosférico do mesmo diâmetro que vai daqui em baixo até lá no fim do céu.

E assim se mediu a pressão atmosférica. Se a base da coluna for de 1 centímetro quadrado, o volume total da coluna de mercúrio será de 76 cent. cúbicos. E como o centímetro cúbico de mercúrio pesa 13,6 gramas, o peso total da coluna será de 1.033 gramas, que é o peso da "atmosfera sobre uma superfície de 1 centímetro quadrado. Essa medida ficou se

chamando atmosfera, que é a unidade das pressões.

Logo... que é uma atmosfera, Pedrinho"?

— É um peso-pressão de 1 quilo e 33 gramas por centímetro quadrado.

— Muito bem. E barômetro é o instrumento aperfeiçoado que saiu do tubo de Torricelli. O tubo do barômetro está marcado com uma, escala, de modo que podemos ler o número em que o nível da coluna de mercúrio pára. Esse número indica a pressão atmosférica. Se subirmos a um monte, o barômetro marcará lá em cima uma pressão menor, porque o peso da coluna de ar é tanto menor quanto maior for a altura.

— Mas só se mede a pressão com os barômetros?

— Não. Também se mede com um instrumento chamado Aneróide, em que em vez de mercúrio há uma caixa de metal hermèticamente fechada, com vácuo dentro. A maior ou menor pressão do ar sobre a tampa dessa caixinha faz que ela afunde ou suba, e esse movimento é transmitido ao ponteiro que corre sobre a escala. Os aneróides são como os relógios de bolso, e, portanto, muito mais cômodos de lidar do que os barômetros. Mas não têm a rigorosa precisão dos barômetros de mercúrio.

— Bem — disse Narizinho. Já sei que o ar tem peso. O que mais tem? De que é formado?

— Hoje sabemos tudo sobre o ar. É uma mistura de gases, composta principalmente de azoto (78 por cento), oxigênio (21 por cento) e argon (1 por cento). E há ainda nele outros gases em quantidades mínimas, como o hélio, o neon, o kripton, o xenon e mais outros que escapam das fábricas, minas de carvão ou petróleo, etc. Também há nele vapor ou água em estado gasoso. Uma simples mistura, o nosso ar. Esses gases não estão combinados entre si; estão apenas misturados.

O oxigênio é a parte do ar de maior importância para nós, porque dele nos utilizamos constantemente. O azoto e os outros gases não nos são nem úteis, nem inúteis — são indiferentes. Respiramos o ar para que nossos pulmões se utilizem do oxigênio.

— Mas como é o oxigênio — que cor, que gosto tem? — indagou a menina.

É um gás, portanto não pode ser visto, nem pegado com as nossas mãos. Temos de recorrer a certos meios engenhosos para aprisioná-lo em vidros e estudá-lo. E para isso o melhor processo não é extraí-lo do ar, sim de certas substâncias que o contém em combinação com outras. Que é daquelas pastilhas de clorato de potássio que comprei para a dor de garganta do Visconde?



— Estão lá dentro — respondeu a menina.

— Vá buscá-las.

Narizinho saiu correndo e voltou com seis pastilhas de clorato de potássio. Dona Benta tomou-as e disse: — É muito fácil extrair o oxigênio que há nestas pastilhas, mas só no laboratório.

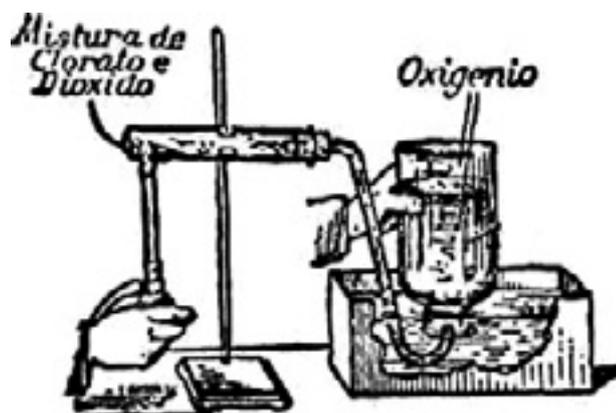
Vamos para lá.

Dona Benta havia transformado o antigo quarto de hóspedes em laboratório. Tinha lá uma porção de frascos de drogas, e tubos de vidro, e cubas, e lamparinas de álcool. Um perfeito gabinete científico de amador.

— Bom — disse ela no laboratório. Temos de misturar três partes destas pastilhas com uma parte de dióxido de manganês. Veja aí o vidrinho de dióxido, Pedrinho — esse acolá, na prateleira de cima.

O menino trouxe o vidro de dióxido e Dona Benta fez a mistura dentro dum tubo de vidro fechado numa das pontas e arrolhado na outra. Nessa rolha fez um buraco, onde enfiou outro tubo de vidro mais fino, em forma de S. A perna de cima do S ficava na, rolha, e a perna de baixo ia sair dentro dum vidro de boca larga, emborcado numa cuba cheia d'água. Arrumadas as coisas assim, ela acendeu uma lâmpada de álcool e aqueceu o tubo com a mistura de clorato e dióxido.

Imediatamente começaram a sair bolhinhas, que desciam pelo Se subiam pela água do vidro de boca larga, indo depositar-se no alto. E à medida que essas bolhinhas entravam, a água do vidrão ia descendo. Quando não houve mais bolhinhas, Dona Benta fechou o vidro com uma lâmina e o retirou da cuba, pondo-o sobre a mesa, na posição normal.



— Pronto — disse ela. O dióxido de manganês e o clorato de potássio, os dois possuem oxigênio; mas neste caso é só o oxigênio do clorato que se desprende em bolhinhas. O dióxido não muda, — Então por que botá-lo junto com o outro?

— Mistérios da natureza, meu filho. Há um fenômeno químico muito interessante, que se chama Catálise, ou ação de presença. A simples presença do dióxido ao lado do clorato faz que o oxigênio deste se desprenda mais depressa. O dióxido só influi pela presença.

— Essa ação de presença — disse Narizinho — é muito comum na vida. A sua presença, por exemplo, vovó, faz que as criaturas se comportem de outra maneira — sobretudo a Emília. Assim que a senhora sai, ela vira outra...

— E você também — protestou Emília. Você é uma na frente de sua avó e outra longe — pensa que não sei?

Pedrinho espiava o vidro de oxigênio com a maior atenção.

— Não percebo nada, vovó — disse ele. O tal oxigênio é um ar à-toa, sem cor, nem cheiro. Como a senhora sabe que o que está no vidro é oxigênio e não ar?

— Pelas reações que vamos promover — respondeu Dona Benta. O oxigênio, por exemplo, não é combustível — mas sim alimentador do fogo. Sem ele não há fogo, ou combustão. Ponha dentro do vidro uma brasnha de fósforo para ver o que acontece.

O menino riscou um fósforo, deixou formar-se a brasa e apagou a chama. Em seguida lançou-a dentro do vidro de oxigênio. Imediatamente a brasnha virou labareda amarelada, grande.

— Experimente agora com uma ponta de arame bem aquecida.

Pedrinho aqueceu na lâmpada de álcool a ponta dum arame e a enfiou no frasco.

Surgiu a mesma chama amarela, com faiscamentos.

— Está provado que o "ar" do vidro é oxigênio, porque o ar comum não faz isso. O que houve foi o que os químicos chamam oxidação. O carbono da bracinha e a ponta do arame oxidaram-se pela ação do grande oxidador que é o oxigênio. Este fenômeno da oxidação é um dos mais importantes que há na natureza, como havemos de ver. Tudo se oxida na presença do oxigênio, umas coisas lentamente, outras rapidamente. Um exemplo de oxidação rápida temos na explosão da pólvora.

— Ora essa! Então a explosão da pólvora é uma oxidação? — exclamou o menino surpreso.

— Sim, meu filho. O oxigênio que opera essa oxidação está acumulado na pólvora, do mesmo modo que está acumulado no clorato de potássio. Quando a gente põe fogo na pólvora, a oxidação do carvão que há nela se faz com enorme rapidez, produzindo gases. Esses gases necessitam de espaço muitíssimo maior que o espaço ocupado pela pólvora — e na fúria de abrir espaço expandem-se com a maior violência, causando o que chamamos explosão.

— Então a tal explosão é o gás que abre caminho?

— Exatamente. Mas no normal a oxidação é lenta. O ferro, por exemplo, está sempre se oxidando —virando ferrugem, e é para evitar isso que costumamos pintar as grades de ferro, os postes e tudo mais que é ferro e está exposto ao ar livre. A camadinha de tinta da pintura isola, do ar o ferro, e, portanto, isola-o do contacto com o oxigênio.

— Sim senhora! É mesmo um danadinho o tal oxigênio — murmurou Emília.

— O oxigênio é uma formiga que não pára nunca nas suas atividades — confirmou Dona Benta. Terrivelmente trabalhador. E para a vida é indispensável. Não há vida sem ele, seja de animais ou plantas. No nosso organismo é a oxidação dos alimentos ingeridos que nos fornece a energia necessária à conservação da vida.

Graças, pois à energia que nos vem do oxigênio é que crescemos, é que o nosso coração bate, é que trabalhamos, é que pensamos. Sem ele temos a morte.

— E o azoto do ar?

— Se extrairmos o oxigênio do ar o que fica é quase que só azoto. Mas o azoto, ao contrário do seu companheiro, é um gás inerte, isto é, inativo.

— Um malandro, um preguiçoso — disse Emília.

— Quando os animais ou as plantas respiram, o azoto entra no organismo — mas entra e sai sem fazer nada, sem mudar nada.

— Então é um parasita inútil — observou a menina.

— Ao contrário, minha filha, é utilíssimo, porque sem ele o oxigênio, na sua, fúria oxidante, daria cabo de nós. O azoto sossega esse leão, diluindo-o, enfraquecendo-o, de modo que ele nos faça bem e não mal. Além disso o azoto é da maior importância na composição dos alimentos requeridos pelos animais e pelas plantas.

Tudo na natureza é muito sábio, minha filha. Tudo tem sua razão de ser e está muito bem arrumadinho.

— E os outros gases do ar?

— São de quase nenhuma importância e também inertes. Por enquanto não passam de puras curiosidades científicas — mas é possível que algum dia seja descoberto que tais gases desempenham importantes papéis.

— De ação pela presença, talvez, sugeriu o menino.

— É possível. Entre eles há o hélio, que está sendo muito usado para encher os dirigíveis — mas o hélio destinado a esse fim não vem do ar e sim de certos minerais. Também brota dos poços de água quente ou de petróleo. Mas por enquanto só existe hélio em quantidades comerciais nos Estados Unidos.

— E que mais há no ar?

— Também há vapor d'água, em grandes quantidades em cima dos oceanos, lagos, rios e florestas, e quase nenhum em cima dos desertos de areia. Quando esse vapor de água se acumula demais, formam-se as nuvens que se condensam em gotinhas e caem sob forma de chuva. Tudo na terra contém água. Nós, por exemplo, somos mais água que outra coisa. Nosso corpo contém 70 por cento de água. A vida é bastante aguada...

— Muito natural isso — observou Pedrinho. A vida nasceu na água e, portanto, tem que mostrar a sua origem. Somos aquáticos.

Dona Benta riu-se.

— Aquático, meu filho, quer dizer da água, que vive na água, como os peixes, certas aves e certas plantas. Mas se você disser que somos aquosos, não errará.

— Mas o Visconde é seco, não é aquoso — disse Emília.

— Também há água nele — contestou Dona Benta. Não tanto como em nós, criaturas de carne, mas há. Uns dez por cento do Visconde devem ser água.

— Só dez por cento? — admirou-se a menina. Por isso é que ele é tão "secarrão..."

## CAPÍTULO IV - MAIS AR AINDA

— Pois BEM — continuou Dona Benta, o homem, que é domesticador de tudo na natureza, também domesticou o ar. Não o utiliza apenas para a respiração, como fazem todos os animais e plantas. Emprega-o, qual escravo, em mil serviços.

As bombas d'água são conhecidas desde tempos antiqüíssimos, mas só no século dezessete o homem descobriu que também podia bombear o ar. Foi um tal Otto von Ghiericke o pai da descoberta. Era prefeito de Magdeburgo, na Alemanha, e gostava de fazer experiências físicas. Um dia entrou a estudar a pressão do ar, e por fim inventou a bomba de sucção — a bomba que chupa o ar. E com ela fez diante do imperador da Alemanha uma experiência famosa, que está comemorada numa gravura antiga. Ei-la aqui. É a experiência dos hemisférios de Magdeburgo.



— Hemisfério — disse Pedrinho — eu sei o que é: metade duma esfera.

— Isso mesmo. Otto construiu uma esfera oca de metal, que se abria em duas metades, como cuias de queijo do reino. Fechou a esfera e por um buraco extraiu todo o ar de dentro, com a sua bomba de sucção. Em seguida atrelou parelhas de cavalos dum lado e de outro da esfera, para que puxassem e separassem os dois hemisférios. Mas por mais que os cavalos puxassem não conseguiram abri-la. E foram pondo mais parelhas de cavalos até o número de oito, ou sejam dezesseis cavalos. Só então a esfera se abriu.

— Mas que é que soldava desse jeito os dois hemisférios? — perguntou a menina.

— A pressão do ar — respondeu Pedrinho. Não é isso mesmo, vovó?

— Perfeitamente, meu filho. E só quando a força dos cavalos ficou maior que a pressão atmosférica é que a bola se abriu.

— E o imperador da Alemanha com certeza também abriu a boca — disse Emília.

— Sim — admirou-se muito, porque uma experiência daquelas constituía, perfeita novidade. Venha desenhar uma bomba de sucção, Narizinho.

— Eu não sei, vovó.

— É para ficar sabendo. Eu darei as indicações. Narizinho desenhou uma bomba bem desenhadinha.

— Os serviços que as bombas de sucção têm prestado ao homem não têm conta — disse Dona Benta. E não servem apenas para extrair água dos poços. Em todos os maquinismos complicados há sempre várias bombas pelo meio, para realizar este ou aquele trabalho. Graças a elas o homem botou o ar a, seu serviço, como um fiel servidor. Outra aplicação do ar temos no sifão. Quem sabe o que é sifão?

— Eu sei — disse Pedrinho. É aquela garrafa de água gasosa que há nas confeitarias.

— Não, meu filho. Nessas garrafas pode existir um sifão — mas a garrafa não é sifão, embora os fregueses a peçam com esse nome. Um sifão é isto — venha desenhar, Narizinho.

De acordo com as indicações de Dona Benta a menina desenhou um tubo assim, recurvado, com uma extremidade mais longa que a outra.

— Se enchermos d'água esse tubo e pusermos o braço mais curto dentro dum barril com água, quando destaparmos a boca do braço mais comprido o sifão chupará toda a água do barril, elevando-a no ar e depois descendo-a.

— Como isso, vovó? Por quê?

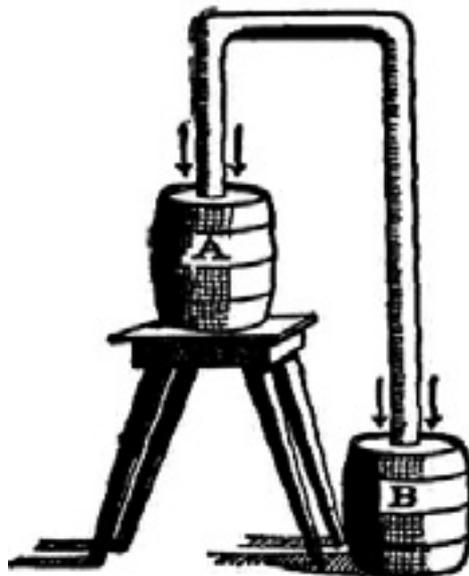
— Observe bem. A pressão do ar sobre a água dos barris (marcada com as flechinhas) é a mesma no barril A e no barril B. Mas a pressão que está sustentando uma coluna d'água maior no barril B do que no barril A acaba vencida, e a água passa toda do barril A para o barril B.

Constantemente estamos empregando na nossa vida diária estes princípios físicos a respeito do ar. Pedrinho, por exemplo, gosta de tomar laranjada por um canudinho — e que faz com isso? Provoca um pouco de vácuo na boca — e então a laranjada é impelida pela pressão atmosférica

para dentro de sua boca.

Na indústria as aplicações da força do ar comprimido são muitas. Nas bicicletas e nos automóveis, por exemplo. Os pneumáticos são estufados com ar comprimido.

E há os terríveis martelos de ar comprimido, que fazem um barulho ensurdecedor, como o de certos pica-paus — prrrrrr. Cada r é uma pancadinha do martelo, conseguida pela ação do ar comprimido que chega até ele por meio dum tubo de borracha. São empregadíssimos para achatar rebites, nos quais dão milhares de pancadas por minuto. Também existem as talhadeiras de ar comprimido, muito usadas nos trabalhos de rua para desmontar o concreto da pavimentação. Em vez de empregar nisso os seus músculos, dando golpes e mais golpes com a picareta, como se fazia antigamente, o homem apenas guia a maquinazinha. O esforço mecânico do ar substitui o esforço do músculo humano.



— E que mais?

— Oh, há tantos empregos, meu filho! Para descascar o granito das fachadas, já muito sujo pelo tempo, usam-se máquinas de ar comprimido que projetam com bastante força um jacto contínuo de areia. O choque dos grãos de areia vai erodindo o granito. A mesma coisa para despolir vidro — fazer esses vidros foscos, sem transparência. Nas estradas de ferro é usado para apertar os freios.

— Há as sereias também — lembrou Narizinho.

— Sim, as sereias das ambulâncias, de grito tão estridente, constituem uma aplicação do ar, mas apenas impelido. É como nos apitos e pios de

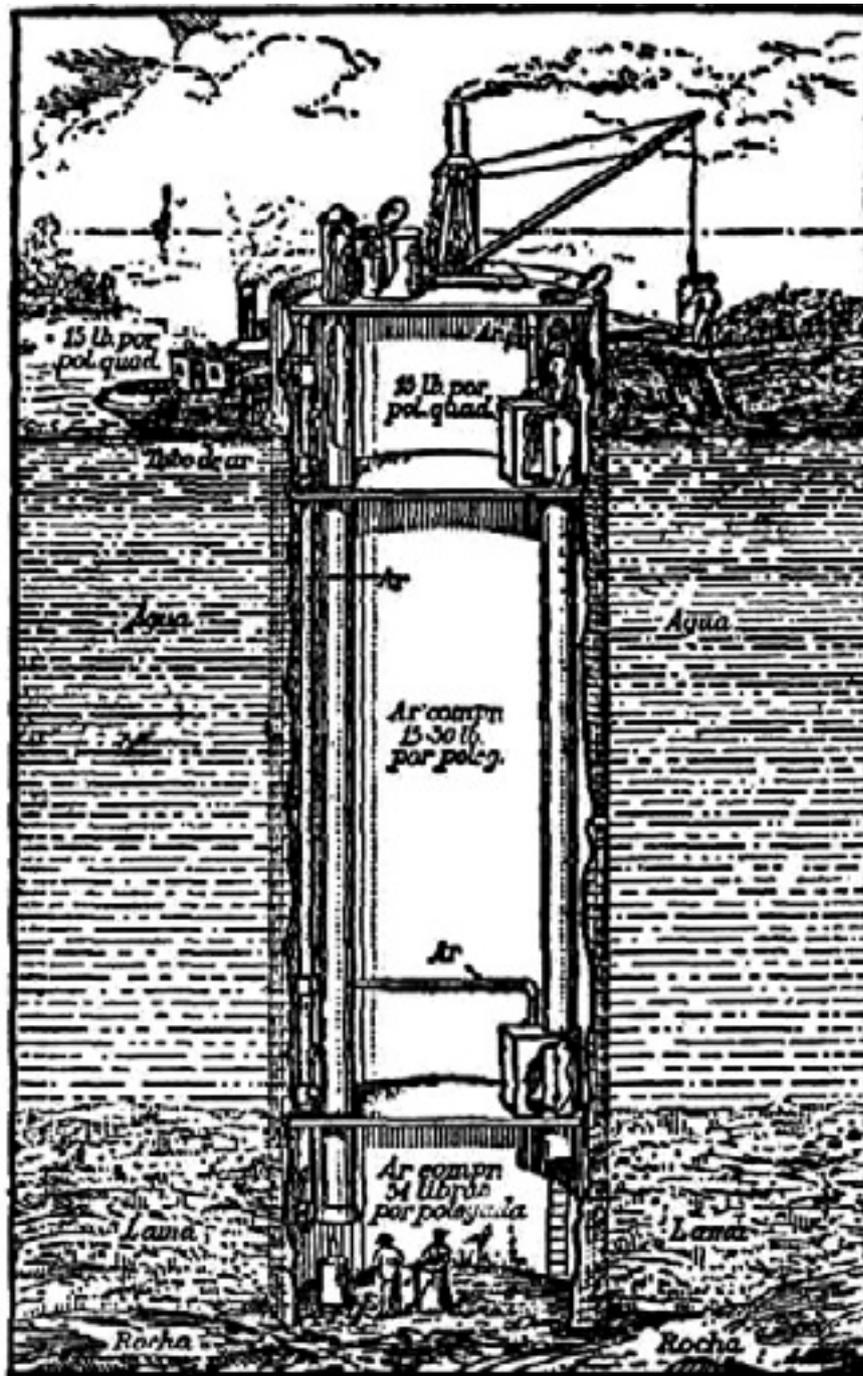
inhambu com que Pedrinho tanto lida. A função do ar aqui é produzir sons. Mas em matéria de ar comprimido temos ainda os aspiradores de pó, que hoje estão substituindo as velhas vassouras. E temos as espingardas de ar comprimido, e mil coisas. Uma das aplicações mais interessantes está no caixão com que os homens trabalham no fundo das águas para construir alicerces e pilares de pontes.

— Explique como é isso, vovó. Estou curioso — pediu o menino.

— Muito simples. Para que os pedreiros possam trabalhar no fundo dum rio é necessário afastar deles a água, e isso se consegue por meio do ar comprimido.

Desce-se até o fundo do rio um grande cilindro de paredes de aço, com tampa na parte superior. Mas como o barômetro nos ensina que a pressão da água a 11 metros de profundidade é de uma atmosfera, ou sejam 7 quilos por polegada quadrada, torna-se necessário comprimir o ar dentro do cilindro até obter uma pressão igual a essa. A pressão do ar dentro do cilindro equilibra a pressão exterior da água em redor do cilindro. Se não houver essa pressão de ar dentro do cilindro a pressão exterior da água o achata.

— E se a profundidade for maior de 11 metros?



— Nesse caso a pressão da água aumenta, e tem de ser aumentada também a pressão do ar. A pressão da água cresce de 1 atmosfera para cada 11 metros que se desça. Em muitos trabalhos desse tipo os pedreiros trabalham a mais de 30 metros de profundidade, sob pressão acima de 4 atmosferas — ou sejam 60 libras por polegada quadrada.

A criatura humana não pode ficar muito tempo sob essas enormes pressões como também não pode resistir às súbitas mudanças de pressão. Isso porque há ar no nosso corpo — nos pulmões, nos ouvidos *etc.* e quando, a pressão externa aumenta, esse ar do corpo é comprimido e

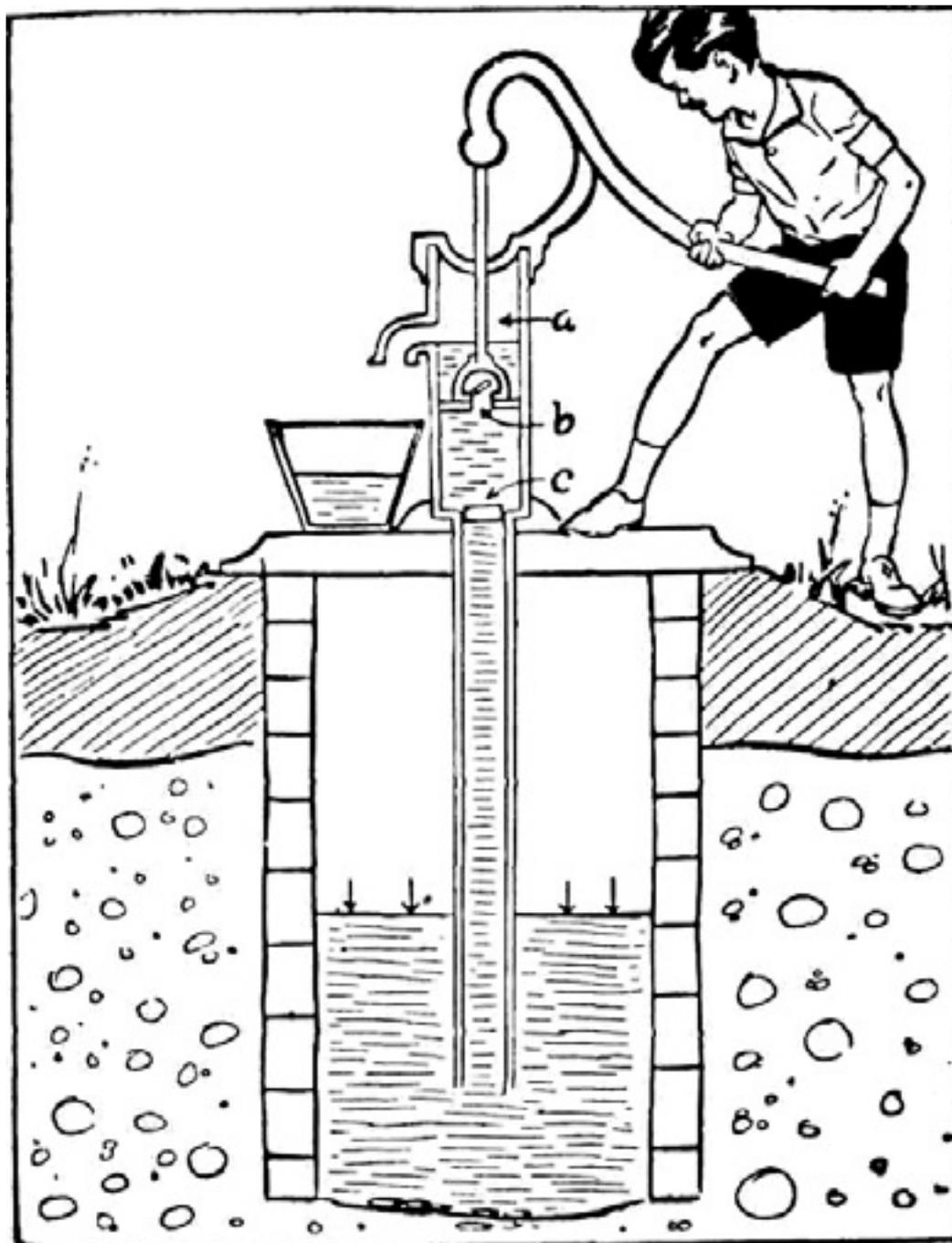
forçado a entrar no sangue e em outros líquidos do organismo, trazendo perturbações muito sérias.

— E se a pressão externa diminui de repente?

— Se a pressão externa diminui de repente o ar que está no sangue e nos outros líquidos expande-se formando bolhinhas que também perturbam seriamente o organismo. Uma parte do corpo muito prejudicada com isso são os tímpanos. Por isso esses cilindros de trabalhar no fundo d'água são divididos em vários compartimentos; os operários demoram um bocado em cada um deles para dar tempo a que o organismo se adapte. Essa adaptação faz que a pressão interna do ar se iguale com a pressão externa e não haja distúrbios no organismo.

— As bombas também me parecem uma aplicação do ar comprimido — lembrou Pedrinho.

— E são — confirmou Dona Benta — mandando Narizinho desenhar uma dessas bombas. Este pistão A sobe e desce com a manobra do braço da bomba. Quando sobe, a válvula B fecha-se e a válvula G abre-se.



— As bombas também me parecem uma aplicação do ar comprimido —  
lembrou Pedrinho.

— Por que a válvula G abre-se quando o pistão sobe?

— Porque a pressão do ar sobre a água lá no fundo do poço força a válvula. E quando o pistão desce, a pressão dele fica maior que a pressão do ar sobre a água do poço, e, portanto, a válvula G fecha-se — ao mesmo tempo que a válvula B abre-se.

— Por quê?

— Porque a força do pistão que desce se torna maior que o peso da coluna de água no cano que sobe e dá saída à água.

Outra aplicação do ar comprimido temo-la no transporte por meio de

tubos pneumáticos, de muito uso em certas lojas de grande movimento, para levar troco da caixa aos balcões. Consiste num tubo comprimido dentro do qual se ajusta um cilindro oco. Dentro deste cilindro seguem as notas e volta o troco.

— E como se consegue isso?

— Dum modo simples: basta que uma bomba comprima o ar numa extremidade do tubo, ao mesmo tempo que outra bomba chupe o ar na outra extremidade, para que a diferença de pressão faça o cilindro correr dum extremo a outro. Já vi uma aplicação dessas num jornal de S. Paulo "O Estado." Como a redação fosse numa rua e as oficinas em outra, os originais eram mandados da redação para as oficinas por meio dum tubo pneumático aí duns 400 metros de comprimento, e que ao sair do prédio da redação passava por baixo do pavimento das ruas.

## CAPÍTULO V - A ÁGUA

DEPOIS DO AR Dona Benta falou da água, começando com esta pergunta: — Que é água?

Todos sabiam. Quem não sabe o que é água?

— Uma coisa que a gente bebe — disse Emília.

— A mãe da vida — respondeu Pedrinho que era mais filosófico.

— A leva-e-traz — sugeriu Narizinho, lembrando-se do trabalho da água na erosão da terra (O Poço do Visconde.) Dona Benta explicou: — A água é o berço onde nascemos e o berço onde ainda se embalam todos os organismos. Sem água não há vida possível, depois é ela a mãe da vida, como disse Pedrinho. Também é a leva-e-traz, como disse Narizinho. E também uma coisa que a gente bebe, como disse Emília. Fora o homem, todos os seres sejam animais ou vegetais, se utilizam da água para beber apenas.

— E também tomar banho — advertiu Emília. Os passarinhos gostam muito de banhos.

— Sim banho de refrescar o corpo — concordou Dona Benta, porque os animais se limitam a molhar-se — não se lavam à nossa moda, esfregando o corpo com sabão... ou caco de telha, como fez Emília depois do banho de petróleo. Entre todos os seres só o homem ampliou a utilização da água, escravizando-a às suas necessidades. Transforma-a em vapor para aproveitar a energia do vapor d'água.

Transforma-a em gelo. Utiliza-se das quedas d'água para produzir força mecânica e sobretudo elétrica. Não têm conta os serviços que a água presta ao homem — e felizmente possuímos água na maior abundância.

— Apesar disso muita gente morre de sede nos desertos e nas secas — disse Pedrinho.

— Sim, ocasionalmente, num ponto ou noutro, a água vem a faltar, mas não que haja pouca água na terra. Vocês bem sabem que três quartos da superfície do globo são recobertos de água — a água dos oceanos. E essa água dos oceanos está toda ligada entre si, formando um corpo único, de modo que o que chamamos continentes não passam de grandes ilhas — ou terras rodeadas de água de todos os lados. Temos, pois, três quartos da superfície da terra invadidos pela água, e como a água dos mares tem a profundidade média de 4 quilômetros, é fácil imaginar o colosso da água que existe em nosso mundinho. O volume das águas oceânicas é 15 vezes o volume das terras acima do nível do mar, de modo que se todas essas

terras fossem lançadas no mar, o nível dos oceanos apenas se elevaria de 200 e poucos metros.

— E se as terras abaixo do mar se nivelassem com as terras acima do mar, que aconteceria'?

— É uma coisa já calculada. As águas do oceano cobririam a terra inteira com profundidade de 2 quilômetros e meio.

— Para mim é o que vai acontecer — disse Narizinho. A erosão, com a sua mania de desmontar as terras altas para ir aterrando o fundo dos mares, acabará nivelando tudo que é terra, — e então, adeus humanidade!

...

— Isso não — protestou Pedrinho. O homem saberá adaptar-se à água, construindo cidades flutuantes como os navios de hoje são hotéis flutuantes.



*Entre todos os seres só o homem ampliou a utilização da água, escravizando-a às suas necessidades.*

— Com que roupa, Pedrinho? Há navios porque há a terra com seus ferros e madeiras e outros materiais de construção. Mas se ficar tudo água, onde o ferro e a madeira e o resto?

Pedrinho embatucou.

— Muito simples — resolveu Emília. Os homens podem adaptar-se à água, virando peixes. Assim como de peixes que já fomos viramos bípedes terrestres, pode muito bem dar-se uma reviravolta contrária. E eu bem que desejava virar sardinha. Francamente ando enjoada desta vida de bípede terrestre...

— Bom — disse Dona Benta. Essas hipóteses poderão suceder daqui a tantos milhões de anos que não vale a pena pensar nelas. Sejam os nossos tempos e estudemos a água com a repartição que ela tem hoje. Além da água dos mares há a água dos lagos e rios — e a que está sempre suspensa na camada atmosférica sob forma do vapor. E há ainda, a incorporada a todos os seres vivos e a todas as coisas da terra. Para que vocês avaliem como a terra, está empapada, basta dizer que a água que se evapora dum milhoal de um alqueire de chão, desde que é plantado até que é colhido, vai a tanto como 15 toneladas.

— Puxa! — exclamou Pedrinho. Quinze mil quilos! É água...

— Até nos mais secos desertos existe água — continuou Dona Benta. Há água nos oásis, há água sob forma de vapor na atmosfera que recobre o Saara e ainda há água nas areias de aparência mais seca. Em muitas rochas também há água e nalguns minerais, como o alúmen, há muita. Mas que é a água, afinal de contas?

— Já dissemos, vovó?

— Vocês deram uma impressão sobre a água e eu pergunto que coisa é a água do ponto de vista químico.

— Isso não sabemos porque não somos químicos — disse a menina.

— Pois fiquem sabendo que a água é um óxido.

— Ora bolas! — exclamou Pedrinho. Querem ver que o intrometidíssimo oxigênio é também pai da água<sup>1</sup>? Se é óxido é uma ferrugem — mas ferrugem do quê?

— Do hidrogênio — respondeu Dona Benta. Assim como o dióxido de carbono se forma quando uma substância contendo carbono é queimada, assim também a água se forma quando o hidrogênio é queimado. O nome científico da água é, pois, óxido de hidrogênio, e a, fórmula química é H<sub>2</sub>O. Vou fazer uma experiência interessante: extrair água do ar!

— Extrair água do ar? Isso é magia negra, vovó — exclamou Pedrinho. Se a senhora fizesse semelhante experiência na Idade Média, acabava nas

fogueiras da Inquisição.

Dona Benta mandou vir do seu laboratório um grande frasco de hidrogênio que ela mesma havia preparado ; enfiou na rolha um tubo de vidro por onde o hidrogênio pudesse escapar — e acendeu. Formou-se uma chama como bico de gás. Sobre essa chama botou um copo bem seco de boca para baixo. Sabem o que aconteceu? Imediatamente se formaram gotas d'água no vidro do copo!

— Bravos, vovó! A senhora resolveu o problema da seca do Ceará — gritou a menina. Basta que queimem hidrogênio com um copo em cima para terem água.

— Mas sai muito cara esta água minha filha. Note quanto hidrogênio tenho de queimar para conseguir umas gotinhas apenas. O fenômeno que se deu foi uma oxidação, porque toda combustão é oxidação. E como o produto das oxidações são os óxidos, temos nestas gotas d'água o óxido de hidrogênio. E sabem por que o hidrogênio tem esse nome?

— Porque gera água — respondeu Pedrinho. Hidro, água; gênio, gerar. Isso eu sei porque é da gramática.

— E está certo. Hidrogênio quer dizer isso — o gerador da água.

— Viva o hidrogênio! — berrou Emília. Ele é o pai da água, e como a água é nossa mãe, ele é nosso avô. Viva o vovô Hidrogênio!

— Bem — disse Dona Benta depois que cessou o vivório, temos agora de estudar as propriedades da água. Uma delas é dissolver coisas, como o sal, o açúcar *etc.*

Outras substâncias, como as rochas, também se dissolvem na água, mas em proporção tão pequena que quase não percebemos. O maior dissolvente que existe é a água, isto é, a substância que dissolve maior número de outras substâncias. E é essa propriedade da água que permite a vida aos peixes e mais seres aquáticos.

— Como isso?

— Esses seres só podem viver se respirarem oxigênio —; e respiram o oxigênio dissolvido na água. Mas há substâncias que a água não dissolve.

— Os azeites — lembrou Pedrinho. Não há meio de a água poder com o azeite.

— Sim, a água não dissolve as matérias graxas — e no entanto há outros líquidos que as dissolvem, como, por exemplo, a benzina. A água do mar contém muitas coisas em dissolução, como o sal, o calcário e outros minerais.

— Uma coisa vivo querendo perguntar e sempre me esqueço — disse Pedrinho: Por que há tanto sal no mar? Donde veio esse sal?

— Da terra, meu filho, das rochas que compõem a terra. A água do mar há milhões de anos que descreve uma volta: evapora-se, forma na atmosfera as nuvens, o vento sopra as nuvens para a terra, as nuvens se desfazem em chuva e a água cai.

Cai na terra e se infiltra, formando os olhos d'água, os ribeirõezinhos e por fim os rios, que de novo levam para o mar a água que dele saiu. E da capo, como se diz nas músicas: vem de novo outra evaporação, outras nuvens, outras infiltrações, outros rios *etc.* De modo que a água não cessa de descrever um circuito: mar-nuvem-terra-mar. E de tanto lavar a terra vai dissolvendo o sal e outros minerais que encontra pelo caminho e levando-os para o oceano.

— Quer dizer então, lembrou Narizinho, que o mar tende a tornar-se cada vez mais salgado?

— Perfeitamente. Mas em muito pequena escala, porque quase todo o sal que havia na terra já foi transportado para ele.

— Mas quando a água do mar se evapora não leva consigo o sal?

— Não. Só se evapora a água; o sal fica; por isso é que a água de chuva, apesar de ser água marinha, não tem o menor gosto de sal. É puríssima — é água destilada.

— E que quer dizer água destilada?

— Quer dizer água obtida diretamente da condensação do vapor d'água. A água de chuva é água destilada; a dos rios não é.

— Como não é, se provém do vapor que se condensa em nuvens ?

Dona Benta ficava tonta com certas perguntas; mas respondeu que rigorosamente toda água provinha da destilação, mas que na prática tinha o nome de água destilada só a que era obtida no momento fresquinha, sem que tivesse tempo de dissolver coisas pelo caminho. A água da chuva, por exemplo, não é considerada destilada porque na vinda das nuvens até a terra pode dissolver coisas que existem no ar.

— Então a senhora errou dizendo que a água de chuva era água destilada.

— Errei e não errei, meu filho, porque destilada ela é; mas para usos práticos, de farmácia e outros, só se considera água destilada a que se obtém da condensação do vapor num vaso fechado onde não possa contaminar-se com coisa nenhuma. Est moaus in rebus, como diz o latim.

— E que é isso?

— Acho cedo para você compreender a sabedoria desta frase latina. Voltemos à água. Temos ainda as águas minerais ...

— Como, vovó? Pois toda água não é mineral?

— Est modus in rebus, meu filho. Toda água é mineral, está claro, até aquela água végeto que os farmacêuticos vendem. Mas o povo habituou-se a considerar mineral só a água em que há em dissolução certas substâncias minerais que lhe dêem um gosto ou cheiro qualquer. A água pura não tem gosto, nem cheiro, nem cor.

— É um líquido incolor, inodoro e insípido, como dizem os dicionários — lembrou Narizinho.

— Sim, a água pura. Mas a,s chamadas águas minerais geralmente têm gosto e até cheiro. São empregadas como remédios para uma porção de doenças, sobretudo reumatismo — como as águas sulfurosas de Caldas, em Minas; de S. Pedro, em S. Paulo; do Cipó, na Bahia.

— E que faz a água evaporar? — perguntou a menina.

— O calor, minha filha. A água evapora-se tanto mais depressa quanto maior é o calor. Onde não há calor, como nos pólos, ela fica durinha em forma de gelo. A água que ferve na chaleira é água que está com a evaporação a galope. Evapora-se toda, para ficar boiando invisível no ar, reduzida a partículas imperceptíveis.

Quando o ar se resfria essas partículas começam a juntar-se umas às outras. O vapor visível, esbranquiçado, já resulta da aglomeração das partículas. E se o frio aumenta as partículas aglomeram-se mais ainda até formarem as gotas que caem.

As partículas de vapor bóiam no ar por serem mais leves que ele e as gotas formadas por essas partículas caem por serem mais pesadas. Há, portanto, dois processos opostos: evaporação e condensação.

— Já notei, vovó — disse a menina — que quando tia Nastácia ferve água formam-se bolhas que sobem. Que bolhas são essas?

— De ar, minha filha — do ar que está dissolvido na água fria e que com o calor se expande, sobe e foge dela. Mas é preciso não confundir essas bolhas de ar do começo da fervura com as bolhas que saem durante a fervura. Estas não são mais de ar, sim de vapor. A água começa a evaporar-se pela superfície; mas crescendo muito o calor, evapora-se em toda a massa simultaneamente. E essas bolhas sobem porque o vapor é mais leve que a água.

— Essa do vapor ser invisível está me causando espécie — disse Pedrinho. Acho o vapor visibilíssimo. Nas manhãs frias de junho gosto de levantar-me cedo para vir assoprar na varanda. Parece que sai fumaça da minha boca.

— Isso só prova que o vapor é invisível, meu filho, porque se num dia quente, como hoje, você for à varanda e assoprar, não verá coisa nenhuma,

e no entanto estará saindo da sua boca a mesma quantidade de vapor que sai nas manhãs de junho. É que nessas manhãs o ar está tão frio que assim que o vapor sai já se condensa em pequeníssimas gotas — e o conjunto dessas gotículas em suspensão no ar é que dá a aparência de fumaça.

— Hum! Estou entendendo agora ...

— E chega de água por hoje, vovó — disse a menina. Tia Nastácia está tocando a campainha — sinal dum frango assado que vai ser uma delícia. Vamos almoçar.

## CAPÍTULO VI - MAIS ÁGUA

NA TARDE DESSE dia Dona Benta continuou a falar da água. Que capítulo comprido o da água, e como a boa senhora sabia coisas a respeito do tal óxido de hidrogênio!

Se a deixassem, ela passaria a vida inteira a falar de água.

— Não acha, vovó, que há na água assunto para uma vida inteira de falação?

— Claro que há, minha filha. Para muitas e muitas vidas. Só o capítulo tão romântico da vida na água — dos peixes, das plantas, dos microrganismos ...

— Dos foraminíferos — ajuntou Pedrinho — lembrando do dicionário das 12 mil espécies de foraminíferos que os americanos estão fazendo, como ele lera na véspera.

— E dos navios que andam sobre as águas — acrescentou Emília — as fragatas antigas, os bergantins, as faluas, as galeras, os brigues dos piratas, como aquele do Capitão Gancho que o Peter Pan conta... Quanta coisa! e Emília ficou de olho parado, pensativa, a sonhar. Que desejo tinha ela de casar-se com um pirata de olho vermelho, chapéu de dois bicos e espada nos dentes! ... Por fim suspirou.

Narizinho que sabia Emília de cor e salteado, compreendeu aquele suspiro.

— Está voltando nela o antigo desejo de pirataria que lhe deu depois que vovó contou a história de Peter Pan... Não sei donde Emília puxou esses instintos sanguinários...

— Eu sei — disse Pedrinho. Quando Nastácia a fez, usou uns pedaços de baeta vermelha. Hoje Emília já não é de pano — mas o vermelho da baeta ficou em seu temperamento. Daí o tal sanguinarismo.

— Deixemos de bobagens e continuemos com a nossa água — disse Dona Benta.

Vamos falar da pressão que a água exerce. Pedrinho que é bom mergulhador, deve saber que a pressão da água cresce quanto mais a gente afunda, não é assim?

— Já observei isso, vovó, naquele dia em que mergulhei a quatro metros de fundo.

Senti um grande peso no corpo.

— Pois era a pressão da água. Essa pressão cresce uniformemente com a profundidade. Cada metro de profundidade aumenta quase 1 quilo e meio

em cada polegada quadrada de superfície. A maior profundidade oceânica que conhecemos tem 11.200 metros — e nessa profundidade a pressão da água é de 7 toneladas e meia por polegada quadrada de superfície.

— Que horror, vovó! É de esmagar tudo.

— A pressão da água nos tem impedido de estudar o fundo dos mares. Os mergulhadores descem até 20 metros apenas e a 30 já se sentem mal. Houve um caso famoso em Honolulu, capital da ilha de Havaí — um marinheiro americano desceu até 100 metros para investigar o estado dum submarino afundado. Mas isso constitui o recorde. Outro americano, William Beebe, teve a idéia de explorar as profundidades dentro duma fortíssima bola de aço com uns furos fechados com vidros grossíssimos, servindo de olhos — a batisfera, como ele denominou a sua bola. Conseguiu descer até 1000 metros de fundo, fazendo observações preciosas, vendo peixes e outros bichos marinhos de que nem suspeitávamos.

— Está aí uma coisa que eu tinha vontade de possuir, vovó : uma batisfera! Deve ser uma delícia afundar mil metros no mar e ver coisas que ninguém ainda viu ...

— De fato, meu filho. Até eu que sou uma pobre velha invejei o tal Beebe. O livro em que ele narra sua exploração batisférica é uma pura maravilha.

— E que quer dizer batisfera?

— Esfera da profundidade. Bathos em grego quer dizer fundo.

— Que pena haver essa tal pressão da água! — lamentou a menina.

— Você não diria isso — observou Dona Benta — se soubesse como o homem se aproveita desse fenômeno. Constitui uma grande fonte de energia mecânica, graças à qual dispomos da maior parte da energia elétrica utilizada no mundo.

Quando você vir uma avenida resplandecente de focos elétricos ou um teatro fulgurante de luzes, saiba que tudo o devemos à pressão da água. Para aproveitá-la o homem recorre às cachoeiras ou quedas d'água naturais e também constrói quedas d'água artificiais.

— Como?

— Represando a água dos rios por meio de diques possantes e neles rasgando aberturas por onde a água cai com grande força dentro das turbinas que movem os dínamos produtores de eletricidade.

— Bom, nesse caso, retiro o meu ódio à pressão porque sou muito amiga da eletricidade — disse a menina.

Dona Benta riu-se daquela retirada do ódio... Depois disse: — Uma propriedade interessante da água é não ser elástica, isto é, não deixar-se

comprimir. Por que motivo, Pedrinho, quando você dá um pontapé numa bola de futebol ela vai longe?

— Por causa de elasticidade do ar com que essas bolas são cheias — respondeu o menino.



*Com a sua batisfera, William Beebe conseguiu descer até 1.000 metros de fundo, fazendo observações preciosas, vendo peixes e outros bichos marítimos de que nem suspeitávamos.*

— Exatamente. O ar, como todos os gases, é elástico, isto é, deixa-se comprimir; e depois que cessa, a compressão volta ao estado anterior. Mas se enchermos de água a bola de futebol, ela não vai longe, nem com o maior pontapé do mundo. O que pode fazer é quebrar o pé do chutador. E não se tornará uma bola elástica porque a água não tem elasticidade. Mas o homem, bicho espertíssimo, aproveita-se dessa incompressibilidade da

água do mesmo modo que se aproveita da compressibilidade do ar e outros gases.

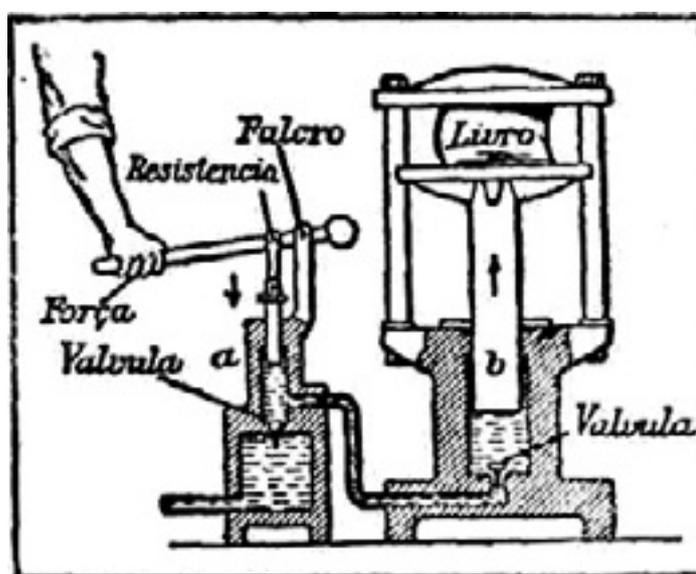
— Como?

— De muitos modos. Não sendo compreensível, a água, tem o poder de transmitir uma pressão dum ponto para outro sem perda duma isca. Se você encher uma garrafa e arrolhá-la, e der uma pancada na rolha, a força dessa pancada se transmitirá, por meio da água, a toda superfície interior da garrafa, despedaçando-a. Temos a principal aplicação desta incompressibilidade numa máquina usadíssima na indústria — a prensa hidráulica.

— Que é isso?

— Desenhada vocês compreenderão melhor.

E Dona Benta mandou a menina desenhar uma prensa hidráulica assim:



— Temos aqui este braço fazendo força na alavanca que move o pistão A. Essa força é transmitida pela água ao pistão B, sem perda duma isca. Se os dois pistões forem do mesmo diâmetro, a força transmitida de A para B não sofrerá aumento ou diminuição. Mas se o pistão B for de diâmetro maior que o pistão A, a força transmitida aumenta muito.

Se o pistão B tiver o dobro do diâmetro do pistão A, a força transmitida dobra. Se tiver um diâmetro cem vezes maior, a força aumenta cem vezes.

— Oh, então a tal prensa hidráulica é uma terrível produtora de força, já que a multiplica dessa maneira! — exclamou o menino.

— Sim, e por isso mesmo de imenso valor para a indústria. Os homens têm construído prensas capazes de exercer pressão até de 10 milhões de

quilos...

— Dez milhões! — exclamou Pedrinho, assombrado. Nossa Senhora!

— Para inúmeros trabalhos da indústria essas grandes pressões se tornam necessárias — e o homem as consegue utilizando-se da incompressibilidade da água. Em coisas menores também como na prensa dos encadernadores, nas de comprimir algodão ou espremer sementes oleaginosas; para fazer baixar ou subir certas cadeiras de dentistas ou barbeiros; para breques de automóveis e trens. Não tem conta o número de empregos da água incompressível. Mas a grande coisa que o homem obtém com a água é a energia mecânica.

— Por que a senhora diz energia mecânica e não energia só?

— Porque há formas de energia que não são mecânicas, meu filho. Você mesmo me disse ontem que o Coronel Teodorico era muito enérgico com os seus camaradas. Ora, enérgico quer dizer possuidor de muita energia. Mas será mecânica essa energia do compadre?

— Não, vovó. É energia moral.

— Bom, nesse caso está respondida a sua pergunta. Mas, voltando à energia mecânica que o homem tira da água, temos, em primeiro lugar, o aproveitamento das águas que correm. E por que as águas correm, Narizinho?

— Correm para pegar o mar, que é a pátria delas — respondeu a menina.

— Mas como correm?

— Correm por causa da força de gravidade, que as puxa sempre mais para baixo.

— Isso mesmo. A diferença de nível dos terrenos é que movimenta os rios. A água tende sempre a correr para um nível mais baixo. Se o nível em redor dela é alto, a água fica estagnada, parada, como nos lagos. Mas nos rios corre, isto é, passa constantemente dum nível mais alto para um mais baixo — e por isso os rios dão tantas voltas. Como todos os corpos, a água é constantemente atraída para o centro da terra.

— Muito bem. Essas correntes naturais de água foram as primeiras que o homem aproveitou para a produção de força mecânica. Os moinhos! Que invenção antiga não é? ...As rodas d'água ... Isto nem preciso dizer porque todos sabem de cor.

Pedrinho vive lidando no nosso moinho de fazer fubá.

— É verdade, vovó. Gosto de ver a água descer de galope por aquela bica e bater nas conchas da roda. Pena que haja tanta barata naquele moinho. Não suporto baratas...

— As rodas começaram com as palhetas simples, planas. Depois veio o aperfeiçoamento de Pelton, o homem que primeiro construiu rodas de conchas em vez de palhetas, para melhor aproveitar os jactos da água que com grande força descem das montanhas por dentro de tubos. Na Califórnia há uma instalação notável de três grandes rodas Pelton; a água desce da altura de 700 metros, por dentro de tubos de 6 polegadas; a força produzida por cada uma dessas rodas, de 3 metros de diâmetro, sobe a 45 mil cavalos. Mas depois da roda Pelton veio coisa mais aperfeiçoada — as turbinas.

— Por que mais aperfeiçoada?

— Porque aproveita melhor a força da água. Usa-se sobretudo nos casos em que há muita água corrente mas pouca altura. A água entra por um cano que em certo ponto é interrompido por uma roda horizontal com palhetas. O eixo dessa roda transmite às máquinas o movimento rotatório que a força da água imprime à roda horizontal.

As maiores turbinas do mundo encontram-se na catarata do Niágara e produzem 70 mil cavalos de força. Só uma das instalações lá existentes possui turbinas que dão um total de 450 mil cavalos.

— Que linda manada de cavalos! — exclamou Emília. Mas o moinho daqui do sítio acho que não produz nem um cavalo. Quando muito, uma cabra ...

— Cara de cabra tem você — disse Narizinho levantando-se.

Tia Nastácia havia gritado lá da cozinha: Pipocas!

## CAPÍTULO VII - AINDA A ÁGUA

No DIA SEGUINTE Dona Benta começou dizendo que ia continuar com a água, o que fez Emília observar: — Com tanta água assim, nós vamos acabar afogados...

— Morrerão afogados, mas sabendo o que água é. Um bom consolo, não acha? — respondeu Dona Benta.

— E que mais pretende a senhora dizer da água? — perguntou a menina.

— Muita coisa. Como se obtém a água, por exemplo. Hoje as facilidades para obter água são infinitas. Basta abrir uma torneira. Mas antigamente ... Ah, não era assim, não. Tinha de ser carregada na cabeça, como ainda se usa aqui na roça, ou em carrinhos. As cidades antigas possuíam poços de utilidade pública. Quem queria água ia tirá-la com caçambas. Depois apareceram as bombas. Depois as primeiras canalizações e os chafarizes públicos. E finalmente a canalização como a temos hoje, que leva água a todas as casas. Nas velhas cidades de Minas, do tempo da mineração, há chafarizes públicos que constituem verdadeiras obras de arte. Mas seja qual for o meio de trazermos água para dentro de casa, a nossa grande fornecedora é a chuva. Parte da água que cai do céu escorre para os rios. Outra parte infiltra-se no solo e vai afundando até dar numa camada de rocha impermeável — e segue por cima dessa rocha até sair em qualquer ponto, formando os olhos d'água.

— Que ponto é esse, vovó?

— Num declive do terreno. É por isso que em certos barrancos ou encostas vemos sempre água a verter das pedras limosas, com avencas e begônias em torno, samambaias e caetés. Esses olheiros d'água dão origem aos riachos; e da reunião de vários riachos nascem os rios, por maiores que sejam. Se a camada impermeável está muito perto da superfície, formam-se os pântanos, os brejos, os atoleiros.

— E os tais poços artesianos, vovó?

— São poços abertos em zonas acidentadas onde há camadas de rochas porosas metidas entre camadas de rochas impermeáveis. A água infiltra-se na rocha porosa e fica presa. Perfurando-se o solo até alcançar essas camadas porosas ou aquíferas, a água muitas vezes jorra a grande altura, como você pode ver por este desenho.



— Artesiano que quer dizer? Alguma palavra grega?

— Não. Como os primeiros poços desse tipo foram abertos numa parte da França chamada Artois, e esse Artois era *Àrtesium* em latim, a palavra vem deste nome latino.

É preciso notar o seguinte. Quando a água infiltrada encontra uma camada impermeável que não a deixa afundar mais, começa a acumular-se sobre essa camada até atingir um nível que tem o nome de "mesa das águas." E toda a terra, da superfície da mesa para baixo, fica empapada d'água. Se abrirmos ali um poço, a água acumula-se nele mas não jorra — não fica poço artesiano. Poço artesiano quer dizer poço que jorra. E para que jorre é preciso que se dê o que está desenhado: que haja uma camada aquífera, ou camada porosa embebida de água, entalada entre duas camadas impermeáveis, essas listras pretas do desenho. O nível da mesa fica lá em cima, como o desenho mostra, mas a camada impermeável superior não deixa que a água extravase para o vale onde vemos a casinha. Muito bem: se abrirmos um poço perto da casinha, a água da camada aquífera, impelida pela pressão, jorrará até quase à altura da linha da mesa. Estão entendendo?

— Está claro como água da fonte, vovó — disse a menina. A senhora é um poço artesiano de clareza.

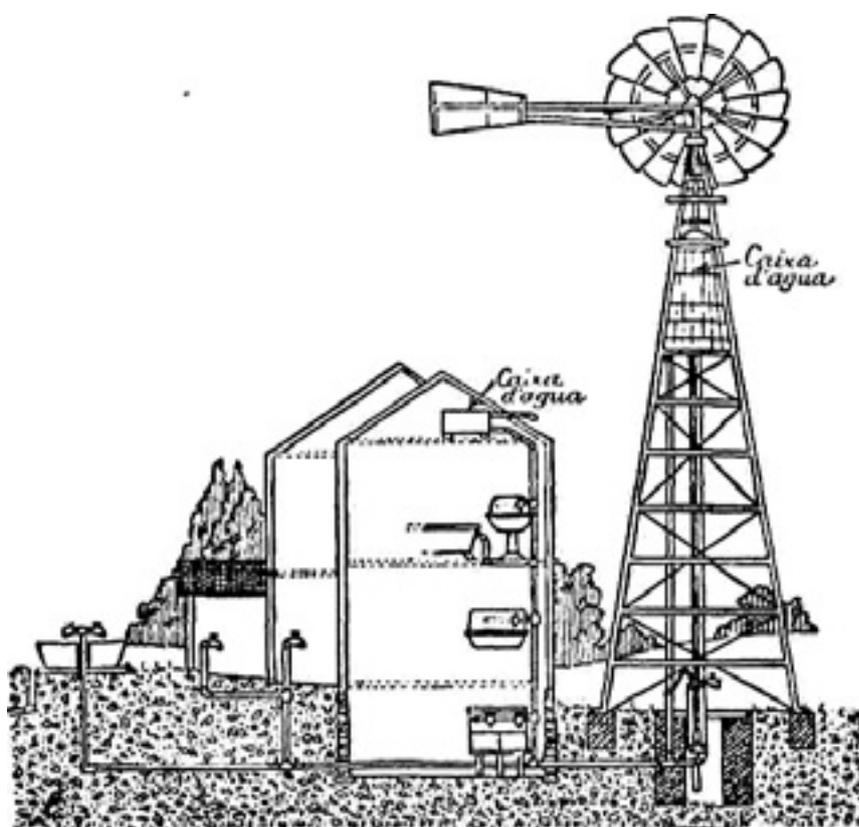
Dona Benta riu-se e continuou: — As cidades são abastecidas com águas de riachos, colhidas às vezes muito longe e que seguem por encanamentos de largo diâmetro. Outras vezes são abastecidas com água de poços artesianos. E nos lugares pobres, com a água de poços simples, ou cacimbas, como na venda do Elias Turco.

— A cacimba do Elias — disse Pedrinho, tem metro e meio de diâmetro por trinta palmos de fundo. Foi aberta pelo Nhô Quim Poceiro — um negro que não faz outra coisa senão abrir poços. O preço é por palmo. Abre poço a

dois mil reis o palmo.

— Não é só o Elias que usa cacimbas — disse Dona Benta. Muitas cidadezinhas pelo mundo afora, sobretudo no Oriente, fazem a mesma coisa. Em Jerusalém ainda há o poço de Maria, em Nazaré — um velho poço histórico. A cidade que possui o mais grandioso serviço de águas no mundo é Nova Iorque. Começou com a água coletada do Rio Croton, a 80 quilômetros de distância. Breve tornou-se insuficiente. Tiveram de construir vários outros reservatórios, entre o quais o de Catskill, a mais de 160 quilômetros de distância. Essa água é levada a um imenso depósito em Nova Iorque, com capacidade para 3 bilhões e 600 milhões de litros.

Custou a bagatela de 200 milhões de dólares, ou sejam alguns milhões de contos na nossa moeda. Graças a isso cada nova-iorquino pode consumir mais de 400 litros de água por dia.



— E como vai a água para as casas? — perguntou Narizinho.

— Um encanamento de bom diâmetro passa pelas ruas e solta ramais fininhos para cada prédio. B até no campo, ou nas fazendas, já se começa a usar a água'

encanada. As habitações melhores usam bombas que extraem a água dos poços e a elevam a uma caixa bem alta, donde, por força do peso, ela

desce pelos canos distribuídos pela casa. Muitas vezes essas bombas são tocadas por moinhos de vento. Outras vezes são tocadas a mão ou por meio de motores de óleo ou elétricos.

O sistema mais comum é o da caixa d'água colocada em altura bastante para que o líquido se distribua pela casa inteira pela força do peso. Mas há um sistema mais moderno. Em vez da caixa lá nas alturas, existe no porão da casa um tanque de ferro perfeitamente fechado. Nesse tanque há ar. Quando a água é bombeada para dentro do tanque, o ar fica comprimido. Em certo momento fica tão comprimido que não deixa entrar mais água nenhuma e a bomba pára. Bem. Desse tanque partem os canos que levam o precioso líquido a todos os pontos da casa e nesses canos a água está sempre sentindo os efeitos do ar comprimido lá no tanque, de modo que basta a gente abrir uma torneira para ela jorrar. Quando, pelo fato de ir-se esvaziando o tanque, a pressão do ar afrouxa, a bomba entra em movimento e enche-o de novo, comprimindo novamente o ar.

— E as torneiras, vovó? — perguntou Narizinho. Lido sempre com as torneiras, sem saber como são por dentro.

— A torneira do tipo mais comum — disse Dona Benta — é um dispositivo em que a maçaneta torce um parafuso com uma telinha de couro curtido na extremidade. Conforme o parafuso sobe ou desce, a rodelinha deixa passar ou tranca a passagem da água, como vocês podem ver neste desenho.

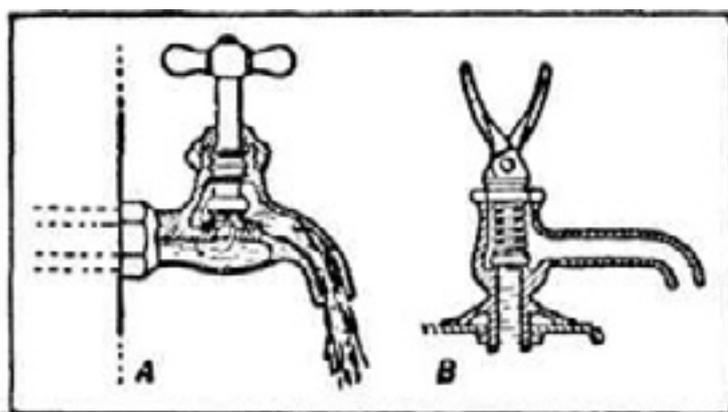
E mandou a menina desenhar uma torneira rachada ao meio, para que vissem como era lá dentro.

— Eu sabia — declarou Pedrinho — porque vivo consertando as torneiras aqui de casa. Quando começam a pingar, é que o courinho está gasto — e basta colocar um novo. Sou mestre nisso.

— Pena que quando conserta uma torneira faça tamanho esparramo de água — disse Dona Benta. O prejuízo que me dá com a inundação é maior que o valor do conserto. Mas mudemos de assunto: Temos agora de ver como se obtém água limpa, boa para beber.

Água absolutamente pura, como já sabem, só a destilada, mas ficaria muito dispendioso se todas as casas tivessem de destilar a água que consomem. Só nos navios se faz assim, porque neles é preferível destilar a água do mar, conforme as necessidades, a conduzir enormes reservas que bastem para a viagem inteira. Mas felizmente nosso organismo não exige água destilada; basta que seja pura, como se encontra nos riachos ou nos olhos d'água. Certas bactérias da água não fazem dano à saúde; e se não é clara, por ter alguma lama em suspensão, com uma simples filtragem fica

limpa. O importante é que não esteja contaminada de excrementos de animais e outros detritos portadores de germes maus para a saúde. Quando a água vem do fundo da terra, surge já filtrada pelas areias ou camadas porosas por onde passa; mas a água dum poço pode contaminar-se com escorrências da superfície, se o poço não está bem fechado. Poços fechados com tábuas são perigosos, porque pelas frestas pinga muita coisa. Os fechados com boa tampa de concreto, esses não oferecem perigo. Têm que ser fechados em cima, na tampa e nas paredes, para que não haja infiltrações laterais.



Narizinho desenhou um tipo de mau poço e um tipo de bom poço, muito bem desenhados.

— É muito perigosa a água colhida nas proximidades das habitações — prosseguiu Dona Benta, por causa da drenagem de resíduos que podem conter germes de tifo, ovos de parasitas intestinais e mais coisas nocivas tanto aos homens como aos bichos domésticos. As coisas más da superfície podem descer e contaminar um lençol d'água subterrâneo.

Nas cidades com bom serviço de águas estamos garantidos, porque toda água vem de reservatórios fiscalizados, examinados constantemente para a correção dos defeitos do líquido. São vários os meios de conseguir essa correção. Há o sistema de esguichar a água para o ar, de modo que se areje e as bactérias morram em contacto com o oxigênio e o sol. Há o filtramento, que retira todas as impurezas sólidas. Há o de deixá-las em repouso até que as impurezas se assentem no fundo.

E há o de misturar à água certas substâncias germicidas, isto é, que matam os germes. Um bom germicida muito usado é o cloro, que destrói todos os germes, apesar de misturado em pequenas doses. E assim, por toda parte, os serviços públicos corrigem as águas das cidades, para

garantia da saúde dos seus habitantes.

As bactérias que escapam são trucidadas em nosso organismo pelas células de defesa, as quais nos guardam muito bem, quando o número de atacantes não é excessivo.

— Vovó, a senhora ainda não falou duma das mais importantes aplicações da água — a água para banho, lavagem de roupa e mais coisas.

— Sim, minha filha. Essa aplicação da água é de fato importantíssima. Como poderíamos conservar nossos corpos aseados e nossas roupas limpinhas se não fosse o abençoado oxido de hidrogênio? Água e sabão constituem duas perfeitas maravilhas, merecedoras de estátuas. Se o homem não fosse um bicho ingrato, em todas as cidades haveria uma estátua ao sabão e à água.

— Quem inventou o sabão, vovó?

— Não se sabe, meu filho. Um velho naturalista romano, Plínio, atribui a invenção aos gauleses, povo bárbaro que vivia nas terras da França de hoje. Era feito de sebo e cinzas de faia.

— Mas como de sebo e cinza, pode sair sabão, vovó?

— Há um versinho que diz:

*Azeite e água brigaram,  
Certa vez numa vasilha.  
Vai tabefe, vem taponar,  
Soco velho ali fervilha.  
Eis, porém que a separá-los  
A potassa se apressou.  
Todos três se combinaram.  
O sabão daí datou.*

Aí está a receita que até tia Nastácia usa quando faz o que ela chama "sabão de cinza."

— Ela não, vovó — protestou Narizinho. Toda gente na roça diz assim.

— Pois é isso. Primeiro, tia Nastácia leva uma porção de tempo juntando as cinzas que se acumulam no fogão. Depois enche um barril, aperta bem a cinza e despeja água em cima. A água atravessa a cinza e vai dissolvendo a potassa nela existente — e sai pelo fundo do barril sob forma dum caldo preto, que tia Nastácia chama "decoada."

— Não é só ela que diz decoada, é todo mundo, vovó — insistiu a menina.

— Pois seja. Forma o tal líquido preto, que é um caldo de potassa, e

mistura-o com sebo, restos de torresmos, pedaços de couro de toucinho, qualquer coisa que contenha gordura animal: e num grande tacho ferve a mistura. Aquilo vai se dissolvendo, até que vira sabão preto muito bom. Mas sabão mole. Não pode ser cortado em barras ou quadrinhos.

— Tia Nastácia forma umas bolotas, que enleia em palhas de milho. São os pães-de-sabão.

— Para fazer o sabão duro — continuou Dona Benta — temos de ferver gordura animal ou vegetal (os óleos minerais não produzem sabão) com uma decoada de hidróxido de sódio. Forma-se uma massa de sabão que endurece em moldes ou pode ser cortada em pedaços firmes, do tamanho que a gente quer. Para fazer sabonetes coloridos e cheirosos, ajunta-se a substância colorante e o perfume antes que a massa endureça.

— E que acontece na lavagem do corpo ou da roupa?

— A pele do nosso corpo é úmida e oleosa, de modo que o pó do ar vai aderindo e formando o que chamamos sujeira. Parte dessa sujeira passa para as roupas de baixo e também as suja. Na lavagem a água dissolve alguma coisa da sujeira, destaca as partículas sólidas do pó que ficaram na pele ou na roupa; só não mexe com o sujo gorduroso. Mas se juntarmos sabão à água, essa sujeira gordurosa é também dissolvida e lavada. Graças pois às habilidades da água e do sabão é que temos uma pele limpinha e uma roupa que dá gosto ver — como as mãos da Emília e o vestidinho dela... Emília estava com as mãos e vestido sujos, de modo que corou com a observação de Dona Benta e respondeu, queimadinha: — A culpa é da senhora mesma, que leva a vida toda a falar em água e não dá tempo da gente tomar banho...

— Bom, Emília, a desculpa foi boa — mas daqui a pouco vou fazer uma pausa para você ensaboar-se, não é assim?

— Então pare já — disse a ex-boneca.

— Ainda não. Tenho de dizer alguma coisa sobre duas qualidades de água: a potável e a salobra.

— Água potável não é água do pote? — perguntou Emília.

Dona Benta riu-se.



*Aquilo vai se dissolvendo até virar sabão preto, muito bom.*

— Para os potes só vai água potável, mas água potável não quer dizer água de pote, visto como podemos encher um pote com água salobra. Água potável é a que se pode beber, a mais pura, a que mais se aproxima da água das chuvas e, portanto, não contém minerais dissolvidos. Depois que forma os rios, a água já está com muitos minerais em dissolução, tomados das rochas por entre as quais passou. Mas esses minerais ainda não tornam a água impotável. O que a torna impotável é a dissolução de qualquer substância que contenha cálcio ou magnésio. O sabão se dissolve facilmente na água potável, mas não se dissolve na água que contém cálcio ou magnésio — por isso essas águas não se prestam para a lavagem da roupa. Mas servem para beber.

— E não há meio de a gente corrigir isso? — perguntou Pedrinho.

— Há, sim. Com uma simples fervura algumas dessas águas ficam boas. Outras exigem a mistura de certas substâncias que se unam ao cálcio e ao magnésio, retirando-os da água. A soda que chamamos lixívia é uma das melhores substâncias para isso. As águas do mar não servem para a lavagem por causa dos muitos sais de magnésio que contêm.

Outra aplicação muito importante da água temo-la no serviço de esgotos das cidades. Os resíduos do corpo humano produzem-se diariamente e têm que ser levados para longe. Os homens então constroem os tais esgotos — um sistema de encanamentos como o da água, mas que em vez de trazer água limpa, leva de todas as casas a água suja, com os resíduos que nela se misturam.

Nas casas da roça o meio de dispor desses resíduos, de modo que não causem mal, está nas fossas sanitárias — umas cacimbas bem fechadas, onde a podriqueira fica fermentando, isto é, vai sendo comida por certas bactérias, até que tudo fique reduzido a um líquido inofensivo. Nas cidades do mar, o mingau dos esgotos é lançado à água, o mais longe possível das praias. A massa é dissolvida pelas águas e atacada pelos pequenos organismos. Nas cidades sem mar perto o problema se torna mais difícil. Constroem-se então grandes reservatórios, onde se faz o tratamento da podriqueira até que fique inofensiva e possa ser lançada num rio.

Em outras cidades há aparelhamento para separar a parte sólida da parte líquida; a parte sólida fica em tanques, entregue ao trabalho microscópico das bactérias, e a parte líquida é esguichada para o ar, a fim de que os raios do sol e o oxigênio matem a bicharia miúda. Esse líquido é depois filtrado através de grandes camadas de areias ou coque bem moído, e ainda entregue ao trabalho das bactérias. Só então entra nos rios.

— Que trabalhadeira! — exclamou Narizinho. E só de pensar nisso já estou com o estômago enjoado...

— Eu o que admiro é a coragem das tais bactérias — disse Emília. Que paladar estragado.

— Podem ter mau paladar — disse Dona Benta — mas possuem o grande mérito de serem inofensivas. Delas não vem mal para o mundo, só bem...

— Era, o caso então de também erigir-se uma estatuazinha a tais bactérias — disse Pedrinho. Se pensarmos no caso com lealdade, nos convenceremos de que esses animaizinhos são mais úteis ao homem do que tantos que enchem os versos dos poetas, como as borboletas, as libelinhas, os beija-flores. No entanto, poeta algum tem coragem de botar

num soneto uma bactéria de esgoto.

— O homem é um animal ingrato, meu filho. Jamais agradece aos seus verdadeiros benfeitores — concluiu Dona Benta.

## CAPÍTULO VIII - A MATÉRIA

— ÁGUA AINDA hoje, vovó? — perguntou no dia seguinte a menina, logo que Dona Benta se sentou na sua cadeira de pernas serradas.

— Não. Embora ainda haja muito a dizer sobre a água, outros assuntos nos estão chamando. E Pedrinho?

— Está com Emília no jardim, tentando mover aquela pedra redonda lá da porteira. Aí vêm eles. Com certeza desistiram.

Pedrinho e Emília apareceram.

— Puxa! — exclamou o menino ao entrar. Nunca pensei que aquela pedra pesasse tanto. Eu e Emília pusemos toda a nossa força e a diaba nem gemeu...

Dona Benta aproveitou-se do tema.

— É por isso que o homem recorreu às forças da natureza e acabou escravizando-as. Viu que só com os seus músculos podia muito pouco. Essa pedra que resistiu à força dos músculos do meu neto e da Emília, mover-se-á facilmente por meio duma alavanca. Mas antes de chegarmos à alavanca, temos de ver o que é a matéria.

— Matéria é tudo que existe — adiantou Narizinho.

— Talvez você tenha razão, minha filha, mas por enquanto a ciência o que diz é que matéria é o que ocupa lugar no espaço e tem peso...

— Se tem! — murmurou Pedrinho, ainda corado do esforço.

— ...e ar também é matéria porque ocupa lugar no espaço e tem peso. Mas há duas grandes divisões da matéria — divisões que os sábios fizeram para comodidade de estudo: matéria orgânica e matéria inorgânica. A orgânica inclui todos os seres vivos e o que sai deles — e os restos deles depois que morrem. Vocês, por exemplo, os ovos, uma flor, aquele gato morto que vimos ontem na estrada — tudo isso é matéria orgânica e essa matéria orgânica é sempre composta de carbono, oxigênio e hidrogênio com mistura de outras substâncias em menores proporções. E a matéria inorgânica inclui tudo que não é orgânico — que não tem ou não teve vida. O oxigênio, o hidrogênio, o carbono, a água, o ar, a pedra que desafiou Pedrinho, os metais — tudo isso é matéria inorgânica.

— Mas a matéria orgânica é feita da matéria inorgânica — observou Pedrinho, porque o carbono, o oxigênio e o hidrogênio, que são as bases da matéria orgânica como a senhora disse, pertencem ao grupo das coisas inorgânicas.

— Perfeitamente. Mas só quando esses elementos se combinam de

certo modo e recebem esse mistério chamado vida é que se tornam orgânicos. O estado geral da matéria é o inorgânico. O estado orgânico é uma fase passageira. No dia em que extinguir-se a vida em nosso globo, acaba-se a matéria orgânica — fica só a inorgânica.

— Bom, isso já sei, vovó — disse Pedrinho. Na Geologia tratamos desse ponto.

Como também sei que a matéria se apresenta em três estados, conforme o calor a que está submetida: sólido, líquido e gasoso.

— Perfeitamente. A pedra que desafiou você está em estado sólido porque a temperatura que temos aqui é de 30 graus. Se a temperatura subir a 3 mil graus, ela passa ao estado líquido. E se a temperatura continuar a crescer, passa ao estado gasoso. E vice-versa: esse gás de pedra volta a ser líquido se a temperatura baixar; e por fim volta a ser sólido se baixar ainda mais. Nosso planeta já foi uma bola gasosa; com o resfriamento é que ficou no estado em que o temos hoje: uma mistura de sólidos, líquidos e gases. Isto você sabe. Mas não sabe que os químicos dividem a matéria em ácidos, bases e sais...

— Que história é essa vovó?

— Esta história quer dizer que toda matéria é um ácido, ou uma base, ou um sal. A matéria ácida é facilmente reconhecível pelo gosto que chamamos ácido, como o do caldo de limão ou o do vinagre. Toda matéria ácida tem a propriedade de tornar azul o papel de turnessol.

— Que papel azul é esse, vovó? O tal papel carbono?

— Não. Certos líquens produzem uma substância colorante, vermelha, que tem a propriedade de mudar de cor pela ação dos ácidos. O papel de turnessol é um papel comum tingido com esse colorante.

— Que líquens?



— *Eu e Emília pusemos toda a nossa força e a diaba nem gemeu...*

— Certos líquens do Mediterrâneo, da Noruega, das Canárias *etc.* Muito bem. Já sabemos como verificar se a matéria é ácida. Vamos ver como se conhece a matéria básica. Essa não tem gosto ácido e nunca faz o papel de tornassol ficar azul. A potassa é uma base ou uma matéria básica. O sódio, a amônia, *idem*.

— E os sais?

— Os sais são o produto da combinação dum ácido com uma base. Quando misturamos matéria básica com matéria ácida o resultado é água e mais um sal. Se, por exemplo, misturamos soda, que é um base com ácido hidrolórico, teremos água e sal de cozinha.

— E de que cor os sais deixam o tornassol?

— Da mesma cor. Não têm nenhum efeito sobre ele. Mas a matéria, continuou Dona Benta, talvez seja um coisa só, que se apresenta sob

diversos aspectos, conforme as condições. Os sábios de hoje estudam muito isso sem terem chegado a nenhuma conclusão definitiva — e os sábios da antigüidade também se preocuparam com o assunto. Por longo tempo ficou estabelecido que todas as substâncias que compõem o mundo se reduzem a quatro elementos: água, ar, terra e fogo. E os sábios do Tibé ainda em nossos dias aceitam essa divisão com um aumentozinho: água, ar, terra, fogo e "espaço etéreo."

— E hoje como é?

— Hoje a ciência admite, em vez de quatro elementos. São os chamados corpos simples, isto é, as substâncias que não podem ser desdobradas em outras. O

oxigênio, o ferro, o ouro, o carbono, o mercúrio, o chumbo *etc.* são corpos simples — e são esses 92 corpos simples que entram na composição de todas as substâncias existentes.

— E amanhã, como será, vovó?

— Não sei, meu filho. A ciência não pára de estudar e de remendar o que chamamos Verdade Científica. Antigamente a verdade era a existência de quatro elementos. A verdade de hoje é a existência de 92. A verdade do futuro talvez seja a existência dum elemento só. Mas como não vivemos no passado nem no futuro, e sim no presente, só nos interessa a verdadezinha de hoje — embora a admitamos cum grano salis, como dizem os filósofos.

— Com um grão de sal, vovó? Que história é essa de verdade salgada?

— Quando a gente acredita numa coisa, mas não acredita "bem, bem, bem", como diz a Emília, é que estamos botando na nossa crença um grãozinho de sal.

— Mas que sal, vovó? De cozinhar — Não, meu filho. Um grãozinho do sal da dúvida. Um dia, quando você chegar à minha idade, saberá o que é o sal da dúvida. Um dia ... depois de ler Anatole France e outros mestres salgadores das verdades humanas. Na sua idade, Pedrinho, somos só açúcar, sal nenhum. Somos o gostoso açúcar da credulidade. Mas continuemos com a nossa lição. A ciência atual manda crer que a matéria é composta de pequenas partículas denominadas Moléculas; e que as moléculas são compostas de partículas ainda menores, denominadas Átomos. Certas moléculas só têm um átomo; outras possuem dois ou mais. Os sábios modernos vão mais longe: dividem os átomos em partículas ainda menores, chamadas Elétrons e Prótons.

Mas veremos isso depois.

— O átomo é visível, vovó?

— Não, meu filho. É invisibilíssimo, e no entanto os sábios brincam com

ele como se fossem bolas de tênis. Chegam a promover bombardeamentos de átomos. Uma coisa interessantíssima que havemos de estudar mais tarde. Agora temos de ver como os átomos se comportam nas substâncias que não são simples.

— Se não são simples, são compostas...

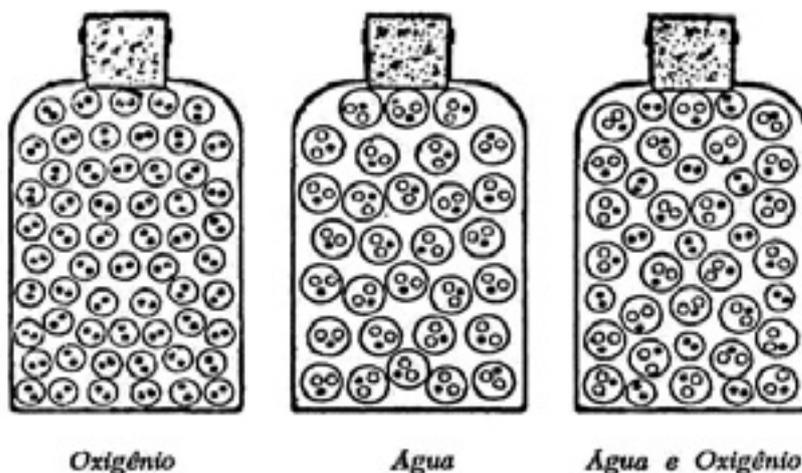
— Isso mesmo. Substâncias compostas são as formadas dos elementos simples misturados dum certo modo. E se misturarmos substâncias compostas com elementos simples, surgem novas substâncias compostas. A variedade é infinita.

Há moléculas formadas de dois elementos simples com dois átomos apenas; e também há moléculas formadas de centenas de átomos. Vou desenhar o modo esquemático por meio do qual os químicos representam as moléculas do oxigênio, que é um corpo simples; da água, que é um corpo composto; e duma mistura de oxigênio e água. E desenhou isto: — Uma substância é uma coisa ou outra conforme a posição dos átomos dentro das moléculas.

— Mas se misturarmos uma substância com outra, os átomos imediatamente se acomodam dentro das moléculas para formar uma substância diferente? — quis saber Pedrinho.

— Não. Na química temos duas coisas: Mistura e Combinação. A mistura dá-se quando as substâncias misturadas não formam uma substância diferente. No meu terceiro desenho há uma mistura de água e oxigênio : dessa mistura não resultou nenhuma substância diferente: ficou o que era, água e oxigênio apenas misturados.

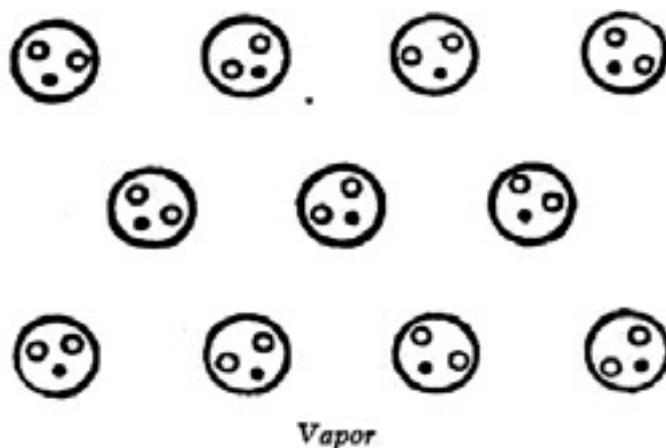
O ar é uma mistura. Mas a combinação não é mistura — é a formação duma substância diferente. Se juntarmos o oxigênio e o ferro, teremos uma substância diferente, que é o óxido de ferro.



O estado sólido ocorre quando as moléculas estão muito ligadinhas entre si: o estado líquido, quando estão um pouco esprechadas; e o estado gasoso, quando estão muito esprechadas, como vocês podem ver neste desenho em que figuro água, gelo e vapor — os três estados da água.

— A senhora disse que o átomo é invisível. E a molécula?

— Também invisível. São necessários milhares de moléculas para formar um pontinho visível ao microscópio. E o mais interessante é que as moléculas estão sempre em movimento, girando com velocidades incríveis. As mais rápidas são as do hidrogênio, que alcançam a velocidade de 1.600 metros por segundo.



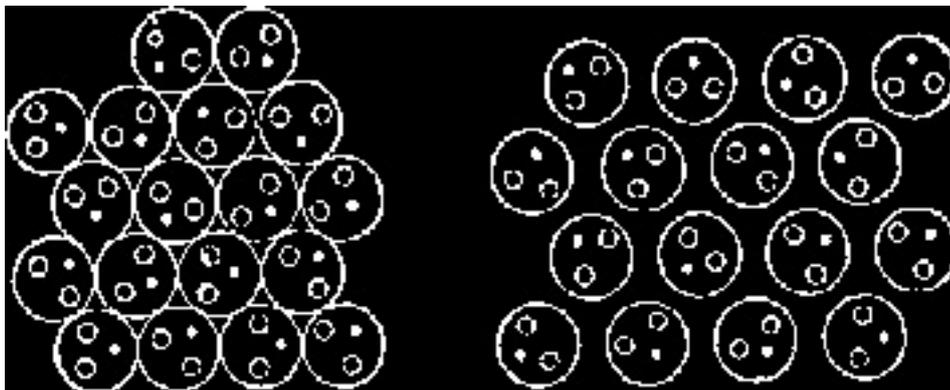
— Puxa! Mais rápidas que qualquer avião...

— E como os sábios sabem disso? — perguntou Narizinho...

— O invisível é estudado por métodos indiretos, que não dependem da nossa vista — métodos maravilhosos de engenhosidade. Graças a esses métodos os sábios determinam o tamanho das moléculas, o seu peso e a velocidade com que se movem.

— Que feras, vovó! ...

— Para dar uma idéia do tamanho das moléculas, um sábio calculou que se as moléculas contidas numa polegada cúbica de ar crescessem até o tamanho dum grão de areia, dariam para encher um rego de um metro de fundo por 1.600 metros de largura, que fosse daqui do sítio até 4.500 quilômetros em linha reta.



Gelo

Água

— Sim, senhora! — exclamou Emília. É por isso que estou me interessando pela ciência. Perto dela as fantasias das Mil e Uma Noites ficam café pequenininho...

— E as moléculas variam para cada corpo — continuou Dona Benta. As do ferro são duma forma: as do ouro são de outra, *etc.* Mas dentro de um mesmo corpo são sempre iguaizinhas. As moléculas do ouro do Klondike são iguaizinhas às moléculas do ouro do Coxipó, em Mato Grosso. E é essa diferença das moléculas nos corpos que faz que eles sejam diferentes uns dos outros — diferenças reveladas na cor, na dureza, na flexibilidade, no peso, *etc.*

— E há alguma mudança nas moléculas quando o corpo passa dum estado para outro, como água que fica gelo ou vapor?

— Não. Tanto na água, como no gelo ou no vapor, as moléculas se conservam iguaizinhas — só varia o espaço que há entre elas. O mais interessante é que o simples arranjo das moléculas num corpo faz que esse corpo seja uma coisa ou outra. As moléculas do carbono, por exemplo. Arranjadas dum certo modo, produzem o carvão comum; arranjadas de outro modo, produzem açúcar; e arranjadas ainda de outro modo, produzem ... o diamante!

— Nossa Senhora! — exclamou Narizinho. Mas então a química é uma ciência de deixar uma criatura louca varrida. Carvão e diamante a mesma coisa! Ora dá-se...

— Pois é, minha filha. A ciência serve para nos revelar a maravilha que é a natureza. E hoje ainda sabemos muito pouco. Imagine quando soubermos tudo, tudo ... Quando soubermos nos menores detalhes como é a prodigiosa engrenagem das coisas. Mas até lá o cérebro humano tem que tropicalizar muito — tem de desenvolver-se, adquirir novas faculdades. Com o poder atual do nosso cérebro chegamos até um certo ponto e paramos.

Ergue-se diante dele uma escuridão — uma parede preta que o filósofo inglês Spencer batizou de Incognoscível.

— Que quer dizer?

— Quer dizer o que não se pode conhecer.

— E como o tal Spencer sabia disso?

— Também acho que ele errou, minha filha. Devia dizer o Incognoscido, isto é, o que no momento ainda não podemos conhecer. Mas quem pode adivinhar o futuro? Quem pode dizer o que será o nosso cérebro daqui a milhões de anos quando cada homem tiver uma cabeça tão grande que perto deles Rui Barbosa pareça um microcéfalo? Microcéfalo quer dizer cabeça pequenininha.

— Os homens do futuro terão de andar carregados em carrinhos, ou berços de rodas, como os nenês de hoje, por causa do peso da cabeça — sugeriu Emília. Já imaginei isso.

— Bem. Mas até lá contentemo-nos com as nossas atuais cabecinhas, que já descobriram muita coisa e estão constantemente a descobrir outras. Apesar de microcéfalos como ainda somos, sabemos, por exemplo, que no mundo existe uma, irmã da matéria, a Energia, a qual produz as contínuas mudanças que vemos em redor de nós.

Essas mudanças são de dois tipos, umas físicas e outras químicas. Se a matéria só muda de estado ou de forma, a mudança é física. Quando a água muda em gelo, quando tia Nastácia descasca uma, mandioca, há mudança no estado da água e na forma da mandioca; são mudanças físicas que não alteram nem a água, nem a mandioca.

— E a mudança química altera — afirmou Pedrinho. Já compreendi.

— Se compreendeu dê um exemplo — disse Dona Benta — e o menino respondeu sem vacilar:

— Separando o oxigênio e o hidrogênio da água, temos uma mudança química, do mesmo modo que depois de tia Nastácia cozinhar a mandioca temos uma mudança química, porque a mandioca cozida é uma coisa diferente de mandioca crua.

Todos se espantaram da esperteza de Pedrinho. Dona Benta fez cara de aprovação, murmurando: "Exatamente."

— Como, sem saber, Pedrinho, você acertou desse jeito? — perguntou Narizinho.

— Cérebro, minha cara — respondeu o menino. A coisa lá por dentro funciona sem que a gente saiba como — tal qual nas charadas. Um dá a pontinha do fio e o miolo da gente acha logo o novelo.

— Cabeçudo! — murmurou Emília com o pensamento nos homens do

futuro, metidos em carrinhos de vime.

— Nas soluções — continuou Dona Benta, temos bons exemplos de mudanças físicas. A água de açúcar, por exemplo, é uma solução de açúcar com água — mas as moléculas do açúcar ficam apenas misturadas às moléculas de água, sem que haja nenhuma combinação química. Se evaporarmos a água, o açúcar aparecerá de novo.

A química é uma ciência das mais interessantes e úteis ao homem. Todos os dias os químicos estão obtendo coisas novas, graças aos processos químicos de Síntese e Análise.

— Que processos são esses?

— Quando uma substância é estudada com o fim de sabermos de que elementos simples se compõe, há a análise. Assim, o químico analisa um pedaço de rocha, para descobrir de que metais é formada. Na síntese dá-se o contrário: o químico reúne elementos simples para formar com eles uma substância composta. A química sintética, isto é, a que usa a síntese, tem conseguido as maiores maravilhas modernas. Cria coisas. A gasolina, por exemplo, só era obtida por meio de destilação do petróleo cru, como sai da terra. Pois bem, a química sintética já descobriu meios de produzir gasolina por meio duma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio; toma esses três corpos simples, dá um certo jeito e os reduz a gasolina igual à produzida pela destilação do petróleo.

— Mas desse modo a química vai acabar resolvendo todos os problemas da vida — disse Pedrinho. Logo que os sábios conheçam perfeitamente o jogo das moléculas dos tais corpos simples, são bem capazes de fazer tudo quanto queiram.

— Até gente — gritou Emília — porque nós no fundo, que somos'? Uma combinação de oxigênio, hidrogênio, carbono, *etc.* Ora, é só conhecer a receita da combinação desses elementos e pronto! Temos gente fabricada em casa, ou nos tais laboratórios, sob medida, assim e assim, igualzinha, com a encomenda ...

— Pode ser, Emília — disse Dona Benta. Mas até aqui a química sintética só tem feito coisas mortas. Não me consta que haja produzido vida sintética.

— Isto agora, neste século de cabecinhas ainda muito pequenas. Estou falando dos tempos futuros — do tempo dos cabeçudos...

## CAPÍTULO IX - MAIS MATÉRIA

No outro DIA Dona Benta abordou um assunto importante para os filósofos: se a matéria pode ser criada ou destruída.

— Estamos num ponto muito sério do estudo da matéria — se pode ser criada ou destruída. Um grande sábio, do tempo da famosa Revolução Francesa, disse uma coisa que parece bem certa: Nada se cria, nada se destrói na Natureza.

— Quem foi ele, vovó?

— Lavoisier.

— O que morreu na guilhotina? Bolas! Se morreu na guilhotina ele foi destruído.

— Não há destruição da matéria no que morre, meu filho. Há mudança de estado apenas. Depois que um corpo perde a vida, a sua matéria orgânica transforma-se em inorgânica. A matéria não desaparece. Naquele dia de Santo Antônio em que o compadre mandou um caixão de fogos e vocês passaram a noite a queimá-los ...

para onde foram os fogos?

— Viraram fumaça e cinzas — disse Pedrinho.

— Isso mesmo. Mudaram de forma. Transformaram-se em gases e cinzas. Mas se você pudesse juntar toda essa fumaça, todos esses gases e todas as cinzas, obteria um peso exatamente igual ao peso dos fogos antes de serem queimados. Não houve, portanto, destruição da matéria, e sim transformação — mudanças químicas. A balança prova que Lavoisier tem razão no seu "nada se cria e nada se destrói" — porque na realidade tudo apenas se transforma.

— Bem, vovó — disse Pedrinho — a senhora já falou duma porção de propriedades da matéria. Mas deve haver uma propriedade-mãe, a mais importante de todas, a mais geral. Qual é ela?

— Talvez seja a Inércia, meu filho.

— Inércia? — repetiu Pedrinho. Inércia é preguiça, é não fazer nada ...

— Sim, é isso, mais ou menos. Inércia é a propriedade que tem a matéria de fazer corpo mole, de só andar quando a empurram, de não se mexer quando nada mexe com ela. É, em suma, a preguiça de tomar iniciativas por conta própria — e essa propriedade é comum a todas as substâncias materiais. Quando a gente corre num auto e o chofer breca de súbito, que acontece aos passageiros?

— Afocinham! Dão com a cabeça no espaldar do assento da frente...

— E por que acontece isso?

— Por causa do impulso com que vão...

— Por causa da inércia da matéria de que são compostos os passageiros. Como o automóvel estava se movendo com certa velocidade e parou de repente, a inércia fez que os passageiros continuassem com a velocidade em que iam e dessem com as cabeças no espaldar. E por que motivo um automóvel começa a rodar tão vagorosamente no instante da partida e só depois de alguns metros ganha velocidade? Também por causa da inércia da matéria. A força que o motor faz para puxá-lo é a mesma, é até maior no começo; mas como a matéria do automóvel estava parada, a inércia faz que resista ao puxão do motor. E depois que o carro está em velocidade, a mesma inércia faz que a matéria do automóvel resista aos freios que querem diminuir-lhe a marcha. A matéria é uma peteca nas mãos da energia. Vai para lá, vem para cá, sobe, desce — mas sempre resistindo a todas as mudanças. Se está parada, não quer mover-se; se está em movimento, não quer parar... A derrapagem dum automóvel, quando freado de brusco, é devida à inércia da matéria. A parte da frente fica amarrada pela ação dos freios e a parte de trás tenta continuar com o movimento em que ia. Daí a derrapagem.

— Interessante! ... E quais as outras propriedades da matéria? — perguntou Pedrinho.

— Outra propriedade é ser atraída para o centro da terra. Como é o nome dessa atração, Narizinho?

— Gravidade, vovó. Isso eu sei desde que nasci...

— Mas não sabe o que é essa gravidade — disse Dona Benta — nem você, nem ninguém. Gravidade constitui fenômeno de que os sábios conhecem as leis, mas ignoram o que seja. Sabemos que todos os corpos caem para o centro da terra — e caem com tanto mais força quanto maior é o peso.

Emília bateu na testa, como Arquimedes, gritando: — Heureka! Heureka, Dona Benta! Achei! Descobri a razão dos astros girarem eternamente uns em redor dos outros.

— Qual é, Emília?

— A inércia, a tal preguiça de mudar. Receberam o impulso, e pronto! Picaram toda a vida a girar — e como não aparece nada que os detenha, ficarão toda a vida girando, girando...

Continue, vovó. Deixe de lado os heurecas emilianos. Quais as outras propriedades da matéria<sup>1</sup>? — perguntou Pedrinho.

— Outra propriedade da matéria é a Densidade, ou o peso dum certo

volume. Na prática, a densidade é o número de gramas que pesa um centímetro cúbico duma substância. Vou pintar uma série de centímetros cúbicos de diversas substâncias, com os respectivos pesos — isto é, com a densidade de cada um. Notem que o volume é sempre o mesmo, mas as densidades variam.

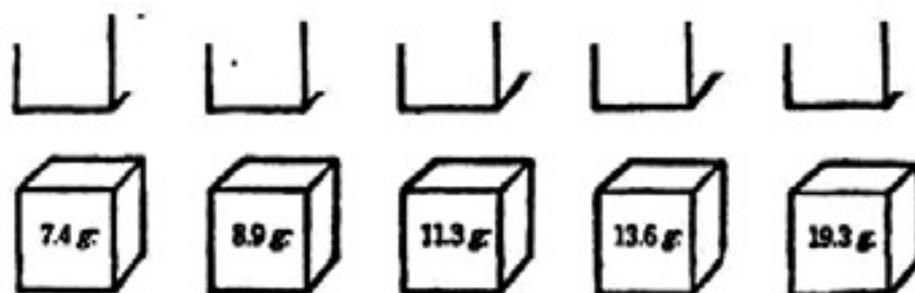
Na química usa-se como sinônimo de densidade a expressão Gravidade Específica, para designar o peso duma certa substância comparado com o peso dum volume igual de água. A gravidade específica do gelo, por exemplo, é 92; quer dizer que um bloco de gelo de qualquer tamanho pesa menos que um volume de água do mesmo tamanho.

— Menos quanto?

— Menos 8 centigramas em cada centímetro cúbico. Como vocês sabem, um centímetro cúbico de água pesa justamente um grama. Por isso é que o gelo bóia na água, ainda quando aparece sob forma de montanhas enormes, como os icebergs. A densidade e a gravidade específica de todas as substâncias são iguais.

Num submarino temos uma boa ilustração da densidade e da gravidade específica.

Ele flutua sobre a água quando a sua densidade e a sua gravidade específica são menores que a densidade e a gravidade da água. Para que mergulhe é necessário que receba mais peso (que entre lastro de água em seus reservatórios), até que a gravidade específica fique um pouquinho maior que a densidade da água.



— E as outras propriedades da matéria?

— Temos a Coesão e a Adesão. As moléculas possuem a tendência de se juntarem, de ficarem unidinhas — ou coesas. Isso por efeito da coesão, uma das propriedades da matéria. As moléculas do ferro são muito agarradinhas umas às outras, e por isso é o ferro tão duro. Mas o calor faz que a coesão diminua. No vapor d'água, por exemplo, o calor faz que as moléculas se separem, percam a coesão.

E quando as moléculas duma substância aderem às moléculas de outra substância, temos a Adesão. Por que motivo a água molha? Por causa da adesão. Se mergulharmos o dedo n'água e o retirarmos, ele vem molhado, isto é, com as moléculas d'água aderidas às moléculas da nossa pele.

— Essa coesão, vovó — disse Pedrinho — está me cheirando a uma espécie de força de gravidade que todos os corpos possuem. Cada coisa bem pode ser um mundinho que imite os mundos grandes. Que tal a minha idéia?

— Não é má, meu filho, e eu iria discuti-la com você, se não fosse a necessidade de dizer alguma coisa sobre a energia, essa força que move a matéria.

— Eu já sei o que é energia — disse Narizinho - é o chicote que faz a matéria mexer-se.

— Na verdade é isso — concordou Dona Benta. Nos começos o homem só dispunha duma fonte de energia : os seus músculos. Era muito pouco. Se ficasse assim não progrediria, como os animais não progridem.

— Eu vi isso ontem, com aquela pedra da porteira, — disse Pedrinho. Só com os meus músculos não consegui nem sequer movê-la do lugar. Mas hoje fui lá com uma alavanca e num instante tirei-lhe a prosa: botei-a longe dali...

— Ela e o sapo — acrescentou Emília.

— Que sapo? — perguntou Narizinho.

— O sapão rajado que estava debaixo da pedra.



— Mas hoje fui lá com uma alavanca e num instante tirei-lhe a prosa:  
botei-a longe dali...

— Pois foi assim nos começos — continuou Dona Benta. Vendo que só com o muque ele não saía do esfado de selvageria, de bicho do mato como os outros, o homem, movido pela inteligência que começava a crescer, pôs-se a procurar novas fontes de energia, e sua primeira idéia foi utilizar-se dos músculos de outros homens e de certos animais. Nasceu assim a escravidão humana e a domesticação do cavalo, do boi, do camelo, etc. Depois o homem aprendeu a aproveitar-se da força das águas correntes, do vento e da energia que vem do fogo; e por fim alcançou o estado atual em que chega a abrir na terra furos de dois, três quilômetros para arrancar esse líquido de nome petróleo que é a mais rica de todas as fontes de energia. Vapor d'água, eletricidade e petróleo: eis as grandes fontes de

energia que o homem descobriu.

Certos corpos, como uma bola de futebol que apanha um chute, carregam consigo a energia que recebem e podem comunicar movimento a outros corpos em que batam. No bilhar vemos isso. A bola que recebe movimento do taco bate nas outras e também as move. Essa qualidade de energia chama-se Energia Dinâmica.

As bolas movimentam-se com a energia transmitida pela primeira, batem nas tabelas, mudam de direção e por fim param, quando a energia que o taco lhes transmitiu se acaba. O vento possui energia dinâmica porque se move e também move coisas, como asas de moinho, folhas secas, pó.

— E às vezes casas — lembrou Pedrinho. Estive lendo a história do último furacão do Golfo do México. Várias aldeias foram varridas... E o outro tipo de energia, vovó?

— O outro é a Energia Estática, ou Energia Potencial. O petróleo, o carvão, a lenha, o gás de cozinha, as comidas, *etc.* contêm energia em estado potencial, isto é, que só aparece quando se realizam certas condições: quando o petróleo, o carvão ou a lenha são queimados dentro das máquinas ou quando os alimentos são ingeridos e digeridos. A energia deles é de natureza química, não física, como a do vento e das quedas d'água. Mas há também energia potencial física. Suponha uma pedra no alto duma montanha. No momento em que perder o equilíbrio e rolar morro abaixo, essa pedra desenvolverá grande quantidade de energia. Um elástico de estilingue bem esticado também possui energia potencial física, porque assim que é largado contrai-se e produz a força que arremessa a pedrinha. Nos relógios há "a corda" que é uma fita de aço enrolada: o enrolamento desse aço cria energia potencial, porque a fita tende a desenrolar-se, e de fato se desenrola, movendo todas as rodas do relógio. O ar comprimido possui energia potencial, porque está sempre fazendo força para "descomprimir-se."

— E a principal fonte de energia? — perguntou Pedrinho.

— O sol, meu filho. Do sol vem toda a energia do mundo, parte direta, parte indiretamente. A energia dos rios, dos mares, do carvão, do petróleo, das quedas d'água, tudo vem do sol. O petróleo formou-se de organismos que o calor do sol criou há milhões de anos e ficaram em depósito no fundo dos mares. O carvão de pedra: árvores que graças ao sol cresceram em tempos remotíssimos e ficaram enterradas. Carvão e petróleo constituem formas indiretas de energia solar. As diretas estamos vendo a todo instante. O sol é um gigantesco foco de energia que está constantemente a irradiar-

se em todas as direções. A parte insignificantíssima que se transmite ao nosso globo basta para movimentá-lo e enchê-lo de vida. Os ventos e as correntes marinhas são causadas pela energia do sol, que aquece de modo desigual o ar, a terra e a água, fazendo que o ar e a água se mudem dum ponto para outro. A energia dos rios vem do sol, porque é ele que forma os rios, evaporando as águas do mar e fazendo que caiam em forma de chuva. O sol, finalmente, é o pai de todas as plantas; e como são as plantas que fornecem alimento a todos os animais, é ele, sol, que move todos os animais — porque alimento é energia.

— E a lua? — perguntou Narizinho.

— A lua também, apesar da sua palidez, é uma fonte de energia para a terra. As marés produzem-se pela força de atração lunar. A água do mar incha, sobe — e desse deslocamento nasce muita energia. Se o homem conseguisse aproveitar economicamente a força das marés, podia só com uma pequena parte dessa energia realizar todos os trabalhos do mundo.

Com a energia acontece a mesma coisa que com a matéria: não pode ser criada, nem destruída. Esta verdade científica tem o nome de Princípio da Conservação da Energia. A energia transforma-se, nada mais. No caso das carabinas, por exemplo.

Antes de dar o tiro, a carabina está armada com um cartucho atochado de pólvora: nessa pólvora há muita energia potencial acumulada. Mas o homem puxa o gatilho e detona o cartucho. Que acontece? A energia potencial da pólvora transforma-se em energia dinâmica e esta energia dinâmica produz outras energias como o calor, a luz, o som, além da força que faz a bala percorrer o espaço com grande velocidade.

Em certas usinas elétricas queima-se o carvão ou a lenha (energia potencial) para produzir vapor (energia calorífica), o qual move um dínamo que produz eletricidade (energia elétrica), a qual eletricidade acende as lâmpadas, esquenta os ferros de passar roupa, move os ventiladores, põe em ação os aparelhos de rádio, *etc.*

Mas apesar do muito que já foi feito na captação da energia os sábios não param de estudar novas fontes e novos usos, bem como jeitos de aumentar a eficiência da energia que empregamos. Isso de tirar do fundo da terra um caldo preto de nome petróleo, e com esse petróleo conseguir fazer o que os aviadores andam fazendo no espaço é para mim uma das maiores maravilhas do engenho humano.

— Pena, que o homem seja tão cruel e injusto, vovó — disse Narizinho, porque bastante inteligente ele é...

— Não creio que o homem seja inteligente em alto grau, minha filha. O

que acontece é surgirem na grande massa humana alguns homens realmente dotados de inteligência. Na maioria, porém, o homem é extraordinariamente estúpido. Os maus, sempre dominados pelo ódio ou pela cobiça, empregam as invenções filhas da inteligência para matar, aniquilar, roubar, saquear. Os países da culta Europa ainda hoje fazem "guerras de conquista" contra os povos mais fracos, para roubá-

los, empregando para isso todas as novas invenções, inclusive a de Santos Dumont.

E na guerra da Espanha vimos metade da população odiar a outra metade, com horríveis matanças de lado a lado, bombardeios de cidades, destruição de tudo, em nome de uns ideais profundamente ridículos, de que os filósofos (isto é, os homens inteligentes) sorriem com piedade. O triste no rebanho humano, minha filha, é a força dos maus sentimentos e a generalização da estupidez. Os homens verdadeiramente inteligentes são pouquíssimos — e os verdadeiramente bons, ainda em menor número...

— Bom, vovó — disse Pedrinho — pare com as filosofias tristes e volte ao assunto.

Que mais tem a dizer sobre a energia?

— Poderei dizer do modo como a energia trabalha. Quando você empurra um carrinho, ou pára um carrinho que está em movimento, você está realizando um trabalho. No sentido científico só há trabalho quando alguma coisa move outra, ou faz que essa outra coisa pare de mover-se. Naquele dia em que você tentou mover a pedra da porteira, não houve nenhuma produção de trabalho porque a pedra não se moveu. Você produziu força, gastou energia, mas não houve trabalho.

Na produção do trabalho há sempre uma coisa chamada Fricção ou atrito. Num eixo que gira dentro de mancais, há sempre fricção, por mais bem torneados que sejam o eixo e os mancais. E a fricção produz dois efeitos: transformar em calor parte da energia empregada no trabalho e desgastar as superfícies que se friccionam. Para diminuir esses maus efeitos é que pomos óleo nos mancais, realizando o que se chama, lubrificação. O óleo espalha-se numa camadinha muito fina sobre as duas superfícies que se friccionam. e desse modo diminui os efeitos da fricção. Mesmo assim não há mancais que não esquentem, nem que não se desgastem.

— Por isso é que pegou fogo naquele automóvel outro dia. O chofer, muito bêbedo, esqueceu-se de botar óleo.

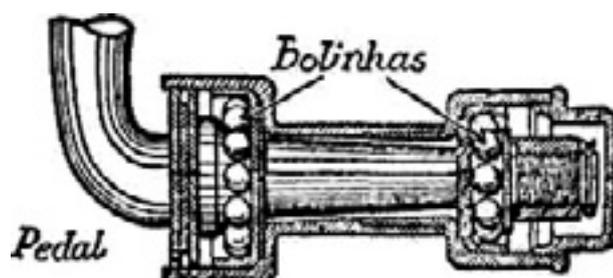
— Sim. Os mancais não lubrificados esquentam a ponto de pegar fogo. Chegam até a fundir-se.

— Mas por que motivo o óleo diminui a fricção? — quis saber Narizinho

— Porque fica espalhado entre duas superfícies e não deixa que elas se toquem. Mas o que mais diminuiu no mundo a fricção foi o invento da roda. Antes de haver rodas as coisas tinham de ser arrastadas — e no arrastamento a fricção é medonha. Mas se a coisa roda, a fricção fica muito reduzida, concentrando-se nos eixos e no ponto de contacto das rodas com o chão.

— Mas que peste é a tal fricção, vovó! — disse a menina. O mundo seria muito mais fácil se ela não existisse.

— Engano, minha filha. Tudo tem o seu lado bom e o seu lado mau. A fricção nos causa muitos aborrecimentos, mas também nos presta serviços. Se não fosse a fricção nós não poderíamos caminhar — a fricção da sola dos nossos sapatos contra o chão é que nos permite dar passos. Se não houvesse fricção, os pregos não ficariam nos lugares em que os carpinteiros os fincam — e os assoalhos e tetos se desconjuntariam. Se não houvesse fricção os automóveis não poderiam ter breques — e imagine quantos desastres!



— Bom, nesse caso, viva e morra a Fricção — gritou Emília.

— Nas máquinas modernas está muito em uso o mancai de bolinhas de aço — e sabem por quê? Porque reduz muito a fricção. Se você medir a superfície de fricção dum mancai antigo e a dum mancai de bolinhas do mesmo calibre, verá que a superfície de atrito diminui muito neste.

Dona Benta mandou desenhar um mancai de bolinhas para melhor esclarecimento do assunto.

— Bom, temos agora de observar mais uma coisa. Quando você ergue uma cadeira.

Pedrinho, a força que gasta para isso é igual ao peso da cadeira. Se a cadeira pesa cinco quilos, você tem de empregar uma força de cinco quilos. Se você empurra um carrinho, exerce uma força às vezes bem menor que o peso do carrinho — e outras vezes bem maior.

— Como? Não estou entendendo ...

— Se o carrinho está aqui na sala, onde o assoalho é liso, a fricção das rodas torna-se mínima e você move o carrinho com uma força muito menor que o peso dele.

Mas se o carrinho está atolado na lama ou enterrado na areia...

— Ahn, compreendo! Nestes casos a fricção se torna maior. Por isso é que um automóvel atolado só sai à força de bois, e no entanto numa estrada lisa com uma ombrada eu faço um Ford parado mover-se.

— Outra coisa — continuou Dona Benta: a quantidade de trabalho que você realiza para levar no carrinho um saco de arroz daqui ao Elias Turco é a mesma, tanto faça a viagem em meia hora como num dia.

— Disso já andava eu desconfiado — disse Pedrinho.

— Outra coisa ainda — prosseguiu Dona Benta: a quantidade de trabalho é maior para pôr o carrinho em movimento do que para mantê-lo em movimento.

— Já observei isso. O arranco é o que custa — por causa da tal preguiça da matéria, a inércia.

— Também na nossa vida é assim — concluiu Dona Benta. Muito mais energia moral necessita um homem para fugir a um vício, como o do fumo, do que para conservar-se não-fumante...

## CAPÍTULO X - AS MÁQUINAS

Na LIÇÃO SEGUINTE Dona Benta começou dizendo: - Vou falar das máquinas, essas maravilhas de engenho que o homem foi inventando e está inventando todos os dias — e às quais as criaturas estúpidas atribuem a crise por que está passando o mundo. Como se a máquina fosse um ser vivo em competição com o homem na terra!...

— E que é a máquina, vovó?

— A máquina é o próprio homem com seus braços, suas pernas e todos os seus sentidos aumentado de eficiência por meio de truques que a inteligência inventou.

Só isso. Quando leio arengas contra a máquina, lembro-me duma sova de pau que Narizinho deu numa cadeira certo dia. Como caísse da cadeira, enfureceu-se e foi buscar a vassoura para surrá-la. Atribuir males à máquina é surrar cadeira. A máquina obedece ao homem, só faz o que ele manda. Se de um avião de guerra cai uma bomba aqui em cima de nós e nos mata, que culpa, tem disso o avião?

Criminoso é o piloto que lançou a bomba.

Nos tempos antigos o homem ainda não havia domado a natureza — o ar, a água, o fogo e todas as fontes de energia, de modo que tudo era feito à força de músculos.

Mas foi aprendendo, e por fim criou a máquina, que é o meio de substituir a força dos músculos pelas forças naturais. Uma coisa, entretanto, vocês não sabem: que até hoje o homem só inventou seis máquinas.

Os meninos deram uma gargalhada.

— Seis, vovó? - senhora está sonhando — exclamou Pedrinho. Eu, que sou uma criança, posso citar mais de cem, mais de duzentas máquinas diversas!

— Nesse caso está você em condições de assombrar o mundo com essa revelação, porque os sábios, por mais que estudem, só conhecem seis máquinas simples.

— Como isso? — indagou Pedrinho, atrapalhado.

— Sim, meu filho. Só temos seis máquinas simples, como só temos dez algarismos: e assim como fazemos todas as contas da aritmética com dez algarismos apenas, assim também construímos toda sorte de maquinaria por meio da combinação das seis máquinas simples. Essas seis máquinas são os verdadeiros algarismos mecânicos, e podiam ser chamadas

máquinas-algarismos.

— Não estou entendendo nada, vovó...

— Vou explicar. As seis máquinas simples que o homem inventou são: 1) a Alavanca; 2) a Polia; 3) o Eixo; 4) o Plano Inclinado; 5) a Cunha; e 6) o Parafuso.

Todos os maquinismos existentes no mundo não passam de variantes, ou combinações, destas seis máquinas-algarismos.

— Que interessante! — exclamou o menino. Está aí uma coisa que jamais me passou pela cabeça...

— Vamos, pois, estudar esses seis algarismos da maquinaria moderna. Temos em primeiro lugar a alavanca, a mais antiga, a número 1 da série, pois foi a, primeira máquina que o homem inventou e usou. Um pedaço de pau é uma alavanca, se for usada como alavanca. Porque se for usada como lenha, é combustível; se for usado para dar sovas, é porrete. As coisas são isto ou aquilo, conforme o uso que fazemos delas.

Um pedaço de pau usado como alavanca torna-se máquina — a máquina número 1.

— E como se usa um pedaço de pau como alavanca? — perguntou Narizinho.

— Eu sei! — gritou Pedrinho. Para remover a pedra da porteira fiz uso dum cabo de vassoura.

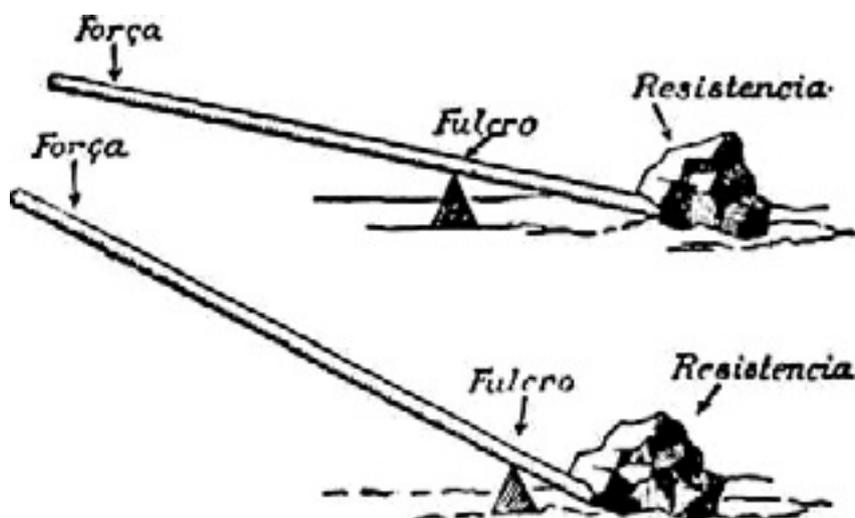
— Você poderá saber praticamente, Pedrinho, mas vovó sabe cientificamente.

Como é vovó?

— A alavanca é uma barra de ferro, ou do que seja — rígida. Tem que ser rígida.

Uma barra de chumbo não dá alavanca porque não é rígida — dobra-se facilmente.

É portanto uma barra rígida que se apóia num ponto fixo, chamado Fulcro. Esse fulcro tem de estar entre a Força e a Resistência, que são os nomes dados às duas extremidades da barra — e o poder da alavanca é tanto maior quanto mais perto da resistência estiver o fulcro.



Dona Benta mandou buscar um cabo de vassoura e fez várias demonstrações do poder da alavanca, conforme o fulcro está mais ou menos afastado das extremidades. Depois fez Narizinho desenhar e disse: — Este é o princípio teórico da alavanca, e o desenho mostra o caso mais simples.

As alavancas, porém, podem tomar inúmeras formas, contando que sejam respeitadas as suas leis, isto é, o seu modo de atuar. O martelo, por exemplo, não serve só para bater — é também alavanca de arrancar pregos, uma alavanca recurva, que funciona quando há fulcro, força e resistência.

— A resistência é o prego — disse Pedrinho. A força é o muque da gente. E o fulcro é o ponto onde a curva do martelo se apóia.

— Isso mesmo. Uma vara de pescar também é uma alavanca...

— Já sei — gritou Narizinho. O peixe é a resistência, os nossos braços são a força — e o fulcro é...

A menina engasgou.

— Pense bem — disse Dona Benta.

Narizinho pensou e respondeu: — Já sei! Quando a gente pesca, a mão que segura a ponta da vara, é a força, e a mão que segura a vara mais para cima é o fulcro, não é isso?

— Exatamente — confirmou a professora. Quando a força é maior que a resistência, esta cede...

— ... e o peixe sai da água — completou Emília.

— Mas se a força é menor que a resistência ...

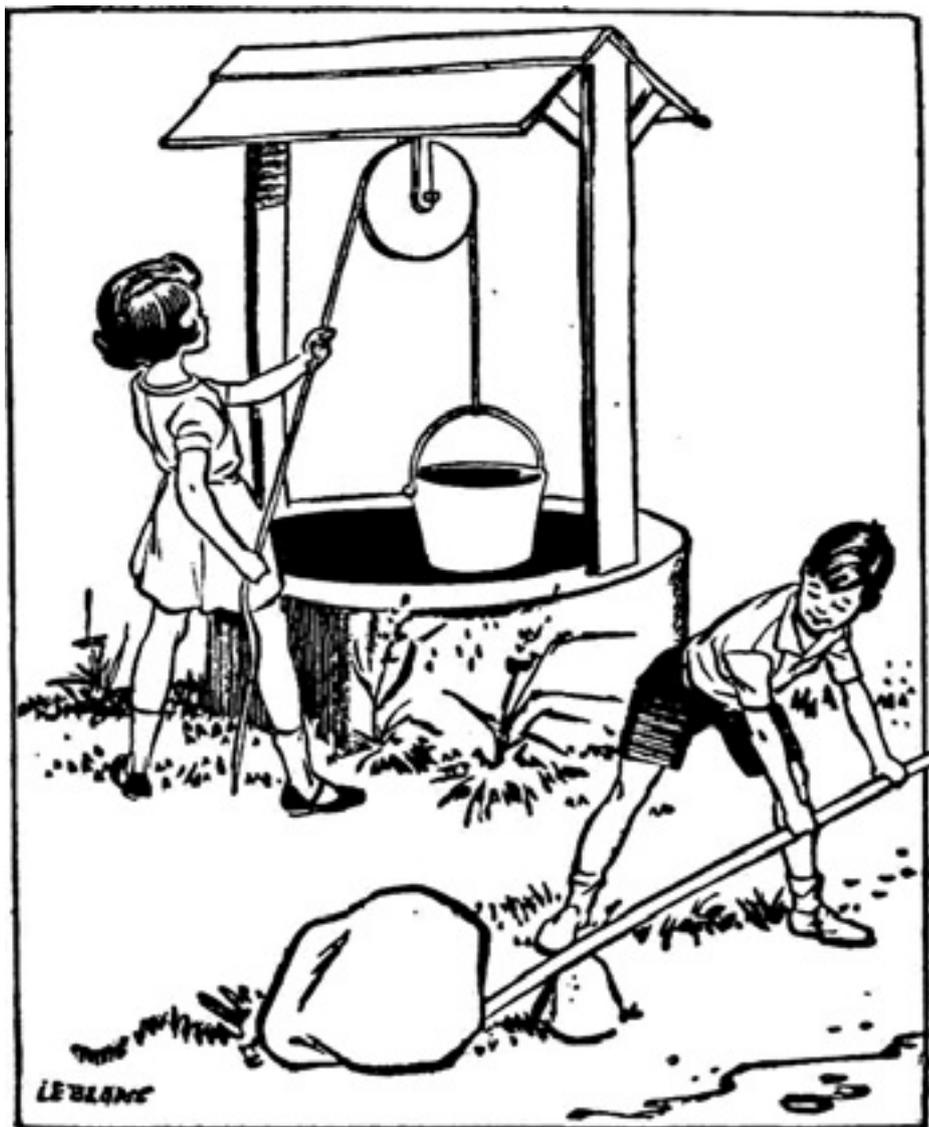
— ... o pescador faz tchbum! e é levado pelo peixe. Foi o que aconteceu naquele tempo em que eu era boneca e Narizinho me pôs de vara na mão, pescando no riacho.

— E a polia? — perguntou Pedrinho.

— A polia — explicou Dona Benta, é outra coisa velhíssima, já conhecida dos gregos no tempo de Arquimedes. Este grande sábio espantou um rei e toda a sua corte, movendo navios por meio duma combinação de polias.

— Mas que é ela?

— Uma roda escavada, ou com um reguinho em redor, no qual corre uma corda, assim — e Dona Benta mandou Narizinho desenhar uma polia simples, e depois uma polia articulada com outra.



*Narizinho mostra o emprego de uma polia ao tirar água do poço. Pedrinho usa um pedaço de pau como alavanca para erguer a pedra.*

Notem que há uma polia fixa, a de cima, e uma polia móvel a de baixo. A ponta da corda está presa à trave em cima; desce; dá volta no reguinho da polia móvel ; sobe; dá volta na polia fixa e desce de novo, indo ter às mãos de quem puxa.

Quando a corda é puxada, as polias mudam a direção do movimento, de modo que o peso sobe. Neste caso há uma multiplicação de força e uma diminuição de velocidade. Temos de puxar dois metros de corda para subir de um metro o peso.

Isso quer dizer que a polia sacrifica a velocidade do movimento para que a força aumente.

Os enormes guindastes que levantam pesos de muitas toneladas, até locomotivas, não passam duma aplicação de polias. Graças a eles o homem opera verdadeiros milagres de força. Na Índia usa-se muito o elefante como animal de trabalho, e é freqüente, nos portos, verem-se os enormes animalões erguidos por guindastes, para serem embarcados nos navios.

— E o eixo vovó?

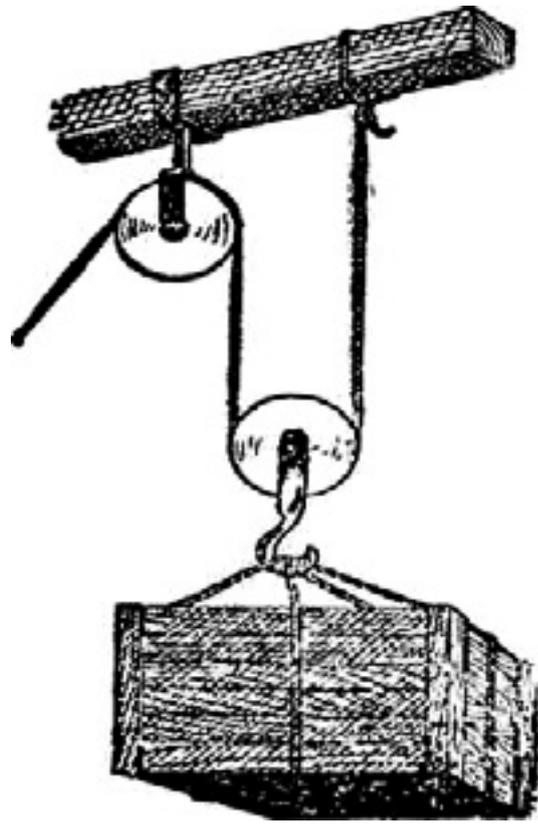
— O eixo vocês sabem o que é — uma simples barra em geral bem reta e roliça.

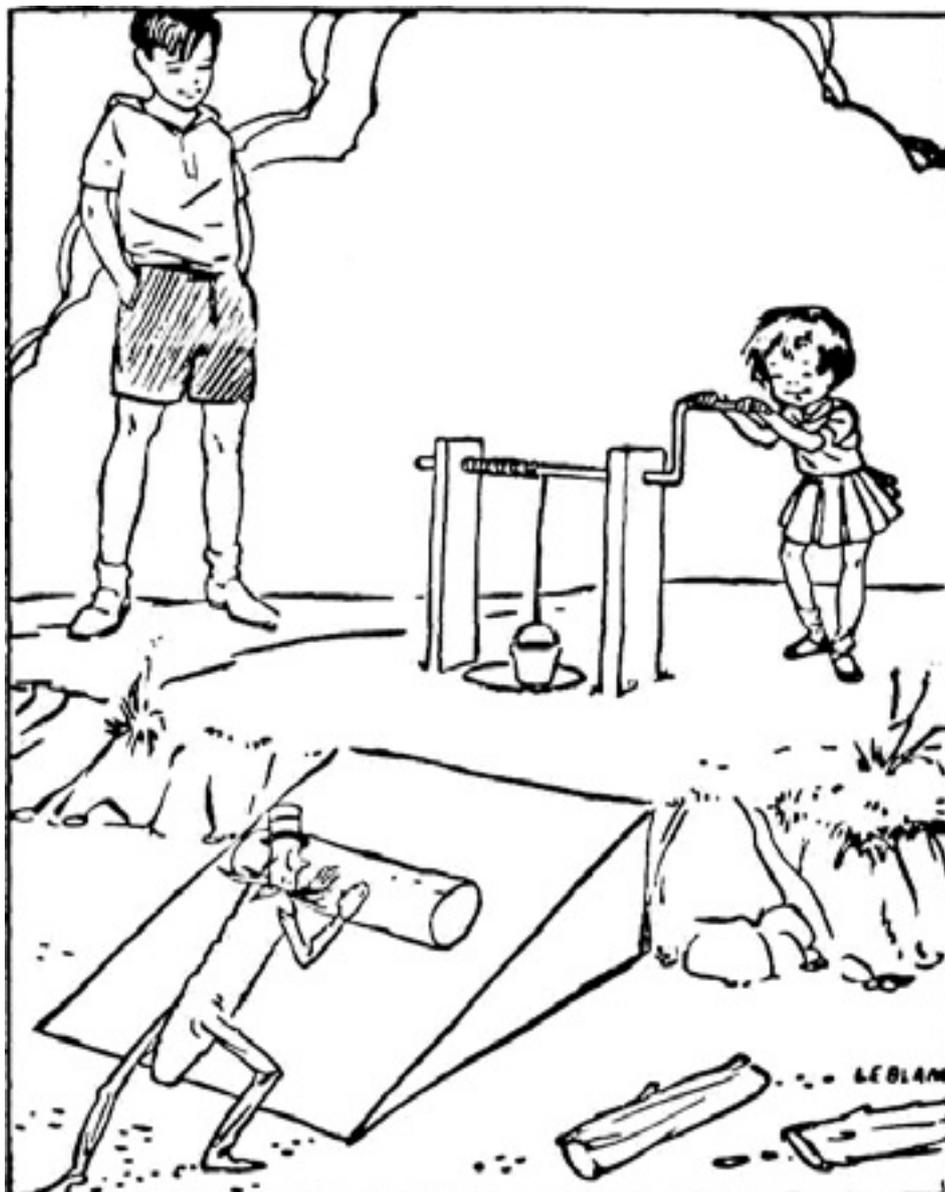
Tem um milhão de aplicações, sendo a principal no centro duma roda. O movimento da roda passa para o eixo e o eixo o leva para adiante. Serve, pois, para transmitir força dum ponto a outro. Se em vez de roda é cruzado por outra barra, fica sendo uma manivela. Um T é uma manivela, em que a barra horizontal, quando movida, transmite o movimento ao eixo vertical. Os trincos das portas são aplicações do eixo. Não há máquina um bocadinho complicada que não esteja cheia de eixos. Os rebolos de amolar, a máquina de picar carne de tia Nastácia, aquele molinete de tirar água do poço. O eixo é um colosso, meus filhos.

— Até a terra tem eixo — lembrou Narizinho. Um eixão que passa pelos pólos.

— Sim — confirmou Dona Benta,, mas é um eixo ideal.

— De mentira, então? — gritou Emília. Bolas! Se é de mentira, não existe.





*Emília mostra como funciona um eixo, enquanto o Visconde empurra um pesadíssimo tronco com o auxílio do plano inclinado.*

Um eixo faz-de-conta, Emília. O faz-de-conta não é invenção sua. A ciência também explica muita coisa tomando como ponto de partida um faz-de-conta.

Bem. Já passamos em revista todas as máquinas simples e já sabemos que todas as mais máquinas não passam de combinações engenhosas destas máquinas simples.

Vamos agora ver quem sabe: numa tesoura, que máquina há?

— Duas alavancas combinadas! — respondeu Pedrinho incontinenti.

— Isso mesmo.

— E o Plano Inclinado, vovó? — quis saber a, menina.

— O plano inclinado deve ser invenção ainda mais antiga que a polia; talvez viesse logo depois da alavanca, que evidentemente foi a primeira.

Supõem os sábios que foi graças a ele que os egípcios ergueram os enormes blocos de pedra com que construíram as pirâmides. O homem observou que empurrar um peso por um plano inclinado acima exigia menos força do que erguer esse peso — e essa máquina tão simples nasceu. As estradas nas montanhas são um plano inclinado e por isso dão tantas voltas. É o meio de diminuir a força necessária para o transporte de coisas pesadas. Quanto mais suave for a inclinação do plano, menos força exige — embora mais longo fique o trabalho.



*A cunha não passa dum plano inclinado móvel. Quando você quer rachar um tronco de árvore, começa metendo nele uma cunha e malhando em cima.*

— E a Cunha?

— A cunha não passa dum plano inclinado móvel. Quando você quer

rachar um tronco de árvore, começa metendo nele uma cunha e malhando em cima. Cada pancada faz a cunha penetrar um pouco mais, forçando a madeira de ambos os lados, de modo a rachá-la. Há uma transmissão e uma multiplicação da força. O tronco é a resistência. A cunha é o meio de aplicar a força contra a resistência.

— E o Parafuso?

— É também um plano inclinado em espiral; e do mesmo modo que o plano inclinado simples, sacrifica a velocidade em proveito da força. Quanto mais suave for a inclinação da rosca, menos força, é exigida para levantar um peso — e mais vagarosamente esse peso é levantado.

— O macaco dos automóveis — lembrou Pedrinho.

— Sim, o macaco dos automóveis é uma aplicação do parafuso. Com pequena força exercida na alavanca um homem qualquer ergue o grande peso dum carro.

— Estou notando, vovó, que todas essas máquinas significam a mesma coisa: manhas para aumentar a força do homem.

— E está pensando certo, Pedrinho. Por isso já disse que a máquina é o meio de aumentar a eficiência do músculo humano. Um homem que com seus músculos só ergue um peso de 100 quilos, por meio da máquina ergue pesos de centenas de toneladas. Todo o progresso material do mundo vem disto — deste aumento da força muscular do homem por meio da máquina.

Estas seis máquinas simples apresentam-se sob mil formas, mas estão sempre obedecendo aos mesmos princípios. E muitas vezes uma mesma máquina faz o seu trabalho e ainda o de outra. Quando damos uma machadada na madeira, o ferro do machado funciona como cunha; e para o retirarmos da, madeira, usamos o cabo como alavanca. O formão dos carpinteiros, que é, Pedrinho?

— Uma cunha e uma alavanca.

— E a enxó?

— A mesma coisa.

— E a verruma?

— Um plano inclinado parafusesco — gritou Emília.

— E um pregou

— Uma cunha.

— Como é cunha, se não é plano inclinado? — objetou Dona Benta.

— É plano inclinado na ponta, sim senhora; o resto do prego o que faz é acompanhar a cunhazinha da ponta.

— Isso mesmo. E uma escada em espiral?

— É um plano inclinado, dos legítimos, combinado com o parafuso.

— E a hélice dos aviões?

— Parafusíssimo! — gritou Emília.

— Muito bem. Todas as mais máquinas que existem no mundo, por maiores, mais delicadas ou mais complicadas que sejam, não passam de combinações das seis máquinas simples — ou alfabéticas. Por meio da combinação destas seis letras o homem escreve todas as palavras mecânicas do dicionário industrial. Se vocês visitarem uma fábrica de tecidos verão que aquela infinidade de maquinaria se reduz sempre às nossas seis máquinas simples, engenhosamente combinadas para a realização duma grande soma de trabalhos diferentes — fiar as fibras do algodão, enrolar os fios em novelos, tecê-los, cortá-los, estampá-los em peças *etc.*

Tudo palavras compostas com as seis letras mecânicas. Bem. Isto já está explicado.

Agora direi que todas as máquinas têm por fim transformar uma energia qualquer em Energia Mecânica, isto é, em energia trabalhadeira, ou produtora de trabalho.

E também transportar essa energia dum ponto para outro. Os motores elétricos transformam a energia elétrica em energia mecânica e a transportam para onde há um trabalho a fazer. As máquinas a vapor transformam a energia potencial do carvão ou da lenha em energia mecânica e a transportam para os pontos onde há trabalho a realizar. Outras máquinas transformam a energia do ar, das águas correntes, do calor do sol, *etc.*, em energia mecânica; são as rodas hidráulicas, os moinhos de vento as bombas, *etc.*

Outro ponto interessante é que as máquinas, quaisquer que elas sejam, só fazem quatro coisas.

Quatro só, vovó? — admirou-se Pedrinho. Quero ver isso...

— Quatro, sim. 1) Vencem a resistência do peso, sacrificando a velocidade em proveito da força. 2) Fazem um certo trabalho com maior rapidez do que sem elas.

3) Mudam a direção da força. 4) Executam o trabalho com maior perfeição e uniformidade do que manualmente.

A minha máquina de costura, por exemplo, faz os pontinhos com maior precisão.

Que mão humana poderia competir com ela? E também faz esses pontos com extraordinária rapidez. E também me permite mudar a direção da força no rumo que eu quero.

— Mas não luta contra a resistência do peso — disse Pedrinho — Sim, a,

minha máquina de costura não faz isso, mas os guindastes fazem — os guindastes, os moitões (combinação de polias), as grandes escavadeiras mecânicas, que você já viu em S. Paulo. Fora dessas quatro coisas as máquinas nada mais fazem.

— E é o que nos salva, vovó — observou Narizinho. Imagine se as máquinas pensassem e um belo dia resolvessem tomar conta do mundo, agindo por conta própria, em vez de agir como o homem quer. Ah, seria o fim do homem na terra...

— É verdade! — exclamou Emília com carinho de quem descobriu a pólvora. E o presidente da República seria a Senhora Alavanca. E os ministros: Dona Polia, o Senhor Parafuso, sua excelência o Plano Inclinado, o Doutor Eixo, Miss Cunha ...

— Lá vem a louca! — exclamou a menina. Emília é uma verdadeira máquina de desandar. Quando a imaginaçãozinha dela pega fogo, desanda para os abismos da loucura...

Pedrinho quedara-se pensativo. Por fim falou.

— Está me cheirando uma coisa, vovó: que só existe de fato uma máquina — a alavanca. Tudo mais me parece modificações da alavanca. Quando crescer hei de estudar a questão e talvez escreva um livro provando que Máquina quer dizer Alavanca.



*O macaco dos automóveis é uma aplicação do parafuso.*

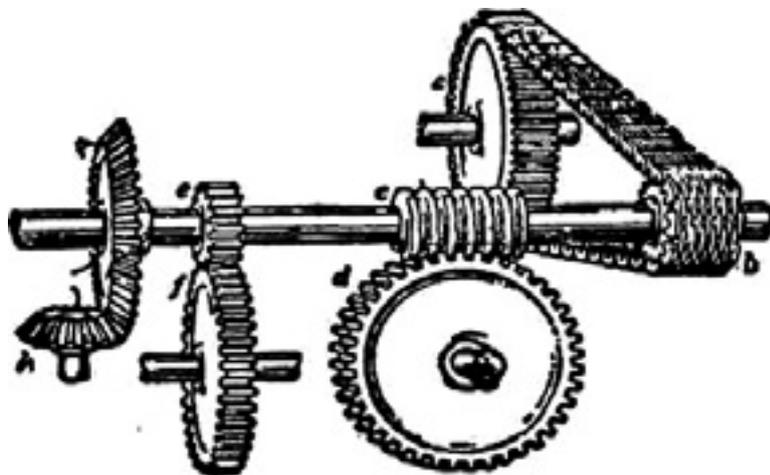
— Pois escreva esse livro e então discutiremos o ponto. Agora temos de atender à campanha de tia Nastácia, que nos está chamando para o café.

Emília disse:

— Está ali uma qualidade de máquina bem importante : a máquina de fazer comida. Sem ela, que seria de nós.

## CAPÍTULO XI - A ENERGIA DO CALOR

DEPOIS DO CAFÉ Dona Benta ainda falou das engrenagens, mandando a menina desenhar um conjunto assim:



E explicou:

— Temos aqui a roda dentada A, transmitindo movimento à rodinha B por meio duma corrente sem fim. Essa rodinha B, como é menor que a roda A, multiplica-lhe o movimento, pois dá várias voltas enquanto a roda A só dá uma. Multiplica esse movimento e o transmite ao eixo. Nesse eixo vemos o parafuso C, o qual transmite o movimento à roda D, mas em outra direção. No mesmo eixo vemos logo diante a rodinha dentada E, que move a roda maior F. E por fim temos a roda dentada G, transmitindo movimento à roda, H. Notem como o movimento pode ser aumentado ou diminuído à vontade, e também como pode ser mudada a sua direção.

Pedrinho ficou extasiado diante do desenho.

— Que bichinho engenhoso é o homem, vovó! Estas engrenagens me parecem um verdadeiro poema. Que valem Os Lusíadas perto disto?

— Você diz assim porque tem alma de engenheiro, Pedrinho. Se tivesse alma de poeta preferiria Os Lusíadas, embora compreendendo a beleza destas engrenagens.

— É que Os Lusíadas só movem a imaginação da gente, vovó, e estas engrenagens movem o mundo. Que beleza! E Pedrinho continuou no êxtase.

Dona Benta começou a falar da fonte de energia mais importante que há no mundo: o calor.

— Até o século dezenove — disse ela — os sábios consideravam o calor como um fluido. Os corpos ficavam quentes quando esse fluido os penetrava; e esfriavam quando o fluido os abandonava. Era o Calórico. E

como não havia alteração do peso quando um corpo se aquecia ou se resfriava, os nossos avós consideravam o calor um fluido — porque os fluidos não têm peso, não são matéria.

Mas em 1799 um sábio inglês de nome David Humphrey notou que dois pedaços de gelo esfregados entre si produziam calor suficiente para derretê-los, de modo que essa transformação da energia mecânica (o esfrega-mento) em calor provava que o calor era apenas uma forma da energia, e não fluido nenhum. E lá se foi para o cemitério o tal Calórico.

— E eu sei donde vem o calor, vovó, disse Narizinho. Vem do sol!

— Exatamente. O sol é a grande fonte de calor que temos na terra. Mas há outras.

Certas combinações químicas também produzem calor. A oxidação, por exemplo.

Tudo que se oxida produz calor. Um pau de lenha no fogão queima-se depressa, isto é, oxida-se depressa, e produz um calor intenso. Se esse mesmo pau de lenha for deixado ao ar livre, apodrecerá, isto é, se oxidará lentamente — também produzindo calor. E a quantidade de calor que um pau de lenha produz no fogão é exatamente igual à quantidade de calor que ele produziria se levasse anos a apodrecer.

A oxidação, portanto, é o que nos fornece maior quantidade de calor depois do sol.

Essa oxidação se chama também Combustão — o ato duma coisa queimar-se.

— Quer dizer que a pobre tia Nastácia está sempre produzindo oxidação lá na cozinha sem ter a menor idéia disso! — murmurou a menina.

— Exatamente. Outra fonte de calor temos na fricção. E outra, na compressão. E

outra, na eletricidade. Já notou, Pedrinho, que quando você enche o pneumático da sua bicicleta a válvula esquenta<sup>1</sup>? É efeito da compressão do ar.

— Já notei, sim, vovó, mas nunca supus que a causa fosse essa.

— Pois bem: muitos sábios acham que grande parte do calor que ainda há no centro da terra vem da tremenda compressão a que esse centro está submetido. E assim como a compressão produz calor, a descompressão produz frio.

— Já notei isso, vovó — disse Pedrinho. Quando esvazio o pneumático da minha bicicleta, o ar de dentro sai mais fresco que o de fora.

— É que o ar estava comprimido, e com a abertura da válvula ele

começa a descomprimir-se, isto é, a expandir-se. E nessa expansão ele perde calor, tornando-se mais frio. Agora, outro ponto: por que motivo um pano molhado é mais frio que um pano seco? Ninguém soube responder.

— É porque no pano molhado a água está em evaporação, e a evaporação também produz frio. E por que a evaporação produz frio?

Ninguém respondeu.

— Porque a evaporação, bem como a compressão, tem a propriedade de consumir o calor das proximidades. A energia do calor se transforma assim em outra forma de energia.

— Uma coisa eu sei do calor, vovó — disse a menina: é que ele muda a forma dos corpos. A minha boneca de cara de cera ficou uma pasta escorrida quando a esqueci ao sol...

— Isso já vimos — disse Dona Benta. O calor é que determina o estado dos corpos — sólido, líquido, ou gasoso. Agora temos de notar que cada corpo possui o seu ponto fixo de mudar de estado. A água fica sólida na temperatura de zero, e ferve na temperatura de 100 graus — ferve, e vira vapor — torna-se gasosa. O chumbo fica líquido na temperatura de 380 graus, e vira vapor na temperatura de 1800

graus. Todos os corpos têm o seu ponto fixo de mudar de estado, como já expliquei.

— E que é temperatura, vovó?

— Temperatura é a medida do calor dum corpo. Dizer, como já ouvi, "A temperatura hoje está muito quente", é asneira. Pode-se dizer que a temperatura está agradável ou desagradável — mas dizer que está fria ou quente, é asneira. E para medir a temperatura há os termômetros.

— Eu sei o que é! — gritou Emília. Um vidrinho com uma listinha prateada dentro.

— Nada disso. O termômetro é um tubo de vidro com uma colunazinha de mercúrio dentro — mercúrio ou álcool. Foi inventado por Galileu, que o fez dum modo simples. Tomou um tubo de vidro com uma bola na ponta; encheu essa bola de ar e mergulhou o tubo num frasco d'água, tendo o cuidado de aquecer um bocadinho a bola para que o ar se expandisse e ao esfriar se encolhesse e chupasse um pouco da água para dentro do tubo. Pronto! Estava inventado o termômetro, um instrumento preciosíssimo para o homem.

— E como funcionava?

— Quando um calor qualquer aquecia a bola, o ar de dentro expandia-se e empurrava a coluna de água para baixo; quando a bola perdia calor, o ar contraía-se e a coluna d'água elevava-se no tubo. Depois foi só marcar no

tubo uma escala com os graus.

— Mas hoje os termômetros não são mais de água — observou Pedrinho.

— Sim, a invenção de Galileu aperfeiçoou-se. Em vez de água os sábios empregam o mercúrio e o álcool, por motivo muito importante: só se congelam em temperaturas baixíssimas, ao passo que a água se congela quando a temperatura cai a zero.

E como foi feita a escala dos termômetros?

— Dum modo muito simples. A temperatura da água fervendo, que é sempre a mesma, serviu para marcar um ponto — o ponto 100, ou o grau 100. E a temperatura em que a água vira gelo, serviu para marcar o grau zero. Depois, foi só dividir a distância entre os dois pontos em cem partes, cada uma correspondendo a um grau.

— E a tal história dos graus abaixo do zero, que li naquela viagem do Capitão Amundsen ao pólo?

— A marcação da escala continua abaixo de zero, mas seguida do sinal — que é sinal negativo. Quando você ler que a temperatura de tal ou tal coisa é de  $-10^{\circ}$ , por exemplo, isso quer dizer que é de 10 graus abaixo de zero.

— Mas no livro de Amundsen a marcação era diferente, vovó. A temperatura do gelo correspondia ao grau 32.

— Sim, há dois tipos de termômetros muito vulgarizados — o termômetro Centígrado, em que o ponto do gelo é zero, e o ponto da fervura é  $100^{\circ}$ ; e o termômetro Fahrenheit, em que o ponto do gelo é  $32^{\circ}$ , e o ponto da fervura é  $212^{\circ}$ .

— E como a gente faz a conversão dum termômetro para outro?

— Há um cálculo para isso: o mais fácil, porém, é Narizinho desenhar os dois termômetros um ao lado do outro, de modo que as escalas fiquem paralelas.

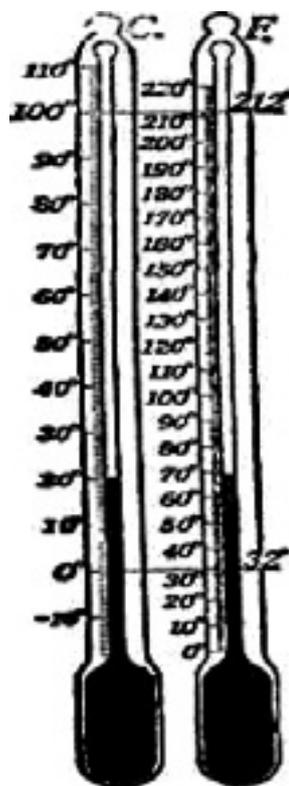
Lançando um olhar às duas escalas veremos imediatamente a que grau de um corresponde o grau de outro. Vamos, Narizinho.

E a menina desenhou os dois termômetros, assim: — Bom — disse Dona Benta, basta de termômetros. Vamos agora ver como se mede a energia do calor. O termômetro só mede o grau do calor. A energia do calor é medida pelo número de Calorias.

— Que é isso?

— Caloria é a quantidade de calor necessária para fazer a temperatura, dum grama de água subir de um grau. Se, por exemplo, tomarmos um grama de água na temperatura de 30 graus, para que essa temperatura

suba a 35 graus teremos necessidade de 5 calorias.



A água resiste ao calor mais que todos os outros corpos, de modo que são necessárias mais calorias para aumentar de um grau a temperatura da água do que para aumentar de um grau a temperatura de qualquer outro corpo. Uma caloria, por exemplo, só aumenta de um grau um grama de água; mas essa mesma caloria aumentará de 5 graus um grama de vidro; aumentará de 9 graus um grama de ferro; e aumentará de 30 graus um grama de ouro ou chumbo.

Temos agora o inverso. Quando um grama de água desce de um grau em sua temperatura, perde 1 caloria. Um grama de ouro que se resfria de 2 graus perde 60

calorias. E uma tonelada de ferro que se resfria de 10 graus, quantas calorias perde, Narizinho?

A perguntada fez a conta de cabeça.

— Uma tonelada tem 1000 quilos, e como cada quilo tem 1000 gramas, a tonelada inteira tem 1000x1000, ou sejam 1 milhão de gramas. Ora, como cada grama de ferro perde 9 calorias, 1 milhão de gramas perdem 9 milhões de calorias para cada grau que a temperatura abaixe. E se na, sua pergunta o ferro se resfriou de 10

graus, temos de multiplicar 10 por 9 milhões — o que dá 90 milhões.

— Ótimo! — exclamou Dona Benta, entusiasmada com a aritmética da menina.

Certíssimo...

Narizinho olhou para os outros com ar de vitória.

— Grande coisa! — exclamou Pedrinho. Se vovó me perguntasse, eu também responderia certinho. Nunca vi conta mais canja...

— Não acho graça nenhuma nessas ciumeiras — disse Dona Benta, levantando-se para receber o correio.

## CAPÍTULO XII - O FOGO

O CORREIO TROUXE os jornais da véspera. Vinha uma notícia horrível, o desabamento e incêndio duma escola, com morte de centenas de crianças. O horror causado pela catástrofe foi tamanho que ninguém quis saber de mais ciência. Passaram o resto da tarde comentando o trágico destino das pobres crianças e o infinito desespero dos pais. No dia seguinte, porém, a palestra científica foi retomada. Tema: o fogo.

— Que pena, vovó — disse Narizinho, que o tal fogo seja tão feroz! Aquele incêndio de ontem não me sai da cabeça. Quase não pude dormir esta noite. Como é malvado o fogo!

— E no entanto, minha filha, a ele devemos benefícios sem conta. Toda a nossa civilização procede do fogo.

Mas a menina, que não se conformava, veio com argumentos.

— Bolas para a civilização! Os passarinhos, as borboletas, as flores vivem uma vida mais linda que a nossa, sem civilização nenhuma — sem fogo nenhum. Mas nós, com a tal civilização, passamos os maiores horrores, justamente por causa do fogo.

Incêndios todos os dias, nas cidades, nas florestas, no mar. A pobre Madri anda às voltas com incêndios que não param mais — e naquela fita que estão passando no cinema, a "Cidade do Pecado", aparece o grande incêndio que destruiu a cidade de S. Francisco da Califórnia.

— O bom é ser peixe — disse Emília. Porque no mar nunca houve nem sequer princípio de incêndio. No dicionário dos peixes a palavra fogo não existe. Daquela vez que o Príncipe Escamado esteve aqui perguntei-lhe se gostava de fogo — e o bobinho abriu a boca, com cara de quem não entendeu nem um pingo.

— Mas quando caem nas panelas de tia Nastácia os peixes ficam sabendo o que é fogo — disse Pedrinho.

— Não ficam — protestou Narizinho — porque tia Nastácia não põe peixe vivo nas panelas. Emília tem razão. Se a escola que incendiou fosse no fundo do mar, eu queria ver o tal fogo fazer o que fez...

— Bom — interveio Dona Benta, de nada, adianta xingarmos o fogo. Preferível estudarmo-lo e aprendermos os meios de nos defender de sua fúria. No começo o homem não conhecia o fogo, isto é, não lidava com o fogo, porque conhecer conhecia ...

— Como?

— Os raios incendiavam de quando em quando as florestas, e portanto é

natural que o homem soubesse o que era o fogo. Mas um dia aprendeu o meio de produzi-lo e de tê-lo a seu serviço — primeiramente para aquecer-se, ou "aquestar fogo", como se diz aqui na roça; depois, para cozer os alimentos; depois, para derreter os metais... E tanto se impressionou com o fogo que o erigiu em deus. Muitos povos antigos eram adoradores do fogo, como o da Pérsia — onde até hoje é assim.

— Deus! — exclamou a menina. Eles deviam considerar o fogo como um diabo, uma peste...

— Eu já sei o que é o fogo, cientificamente falando — disse Pedrinho. É o resultado da combustão, ou da oxidação, de modo que o malvado não é ele e sim o tal Senhor Oxigênio, com a sua mania de andar oxidando tudo quanto encontra.

— Sim, não há fogo sem oxigênio — concordou Dona Benta. Quando você faz uma fogueira no dia de Santo Antônio, deixa sempre espaço entre as toras de lenha para que o ar possa circular, levando oxigênio que alimenta o fogo. Se abafar a fogueira, não deixando que o ar entre, a lenha não queima.

O fogo só aparece quando uma substância entra em contacto com o oxigênio e a temperatura se eleva até o ponto de combustão. Todos os corpos têm o seu ponto de combustão, e só queimam quando esse ponto é atingido. Por isso, quando você faz uma fogueira começa pondo fogo num pedacinho de papel, que tem sobre si um pouco de palha e depois cavacos, ou pauzinhos cada vez mais grossos, até chegar às achas de lenha. É fácil fazer o pedacinho de papel chegar ao seu ponto de combustão; ele acende-se e faz a palha chegar ao ponto de combustão; a palha acende-se e faz os cavacos chegarem ao ponto de combustão; — e assim a coisa vai até que toda fogueira vire em fogaréu. Mas para que haja fogo é necessário que os materiais contenham carbono e hidrogênio. Na presença do carbono e do hidrogênio o nosso amigo oxigênio regala-se e faz a festa do fogo.

— Malvado! — exclamou Narizinho.

— O interessante — continuou Dona Benta, é um dos produtos do fogo ser a água.

Na combustão, o oxigênio queima o hidrogênio — oxida-o — produzindo água.

— Mas como nunca vi isso nas minhas fogueiras? — indagou Pedrinho.

— Porque a água evapora-se à medida que se vai produzindo, e sobe com a fumaça.

— E que é a fumaça?



— A fumaça é o ar quente que sobe, carregando consigo partículas de carbono que não queimaram, e também minúsculos fragmentos de cinza. Nas chaminés essas partículas de carbono se acumulam formando a fuligem, ou piumã que, às vezes, quando se junta demais, pega fogo e até incendeia a casa.

— Um meio de evitar esses desastres seria fazer as casas incombustíveis — disse Pedrinho.

— Sim — é o meio. As substâncias incombustíveis são as que resistem ao oxigênio, ou só se oxidam muito lentamente — ou então as já oxidadas.

— A água, sendo um óxido — disse Emília, é um material incombustível. Eu, se fosse dona do mundo, mandava construir só casas de água.

— Como, louca, se a água é líquida?

— Líquida ou sólida, como a gente quer. Lá na terra dos esquimós as cabanas são de gelo — e por isso nunca houve incêndio. Bastava imitarmos os esquimós para ficarmos eternamente livres dos fogaréus de S. Francisco...

— E aquela história, vovó, dos índios produzirem fogo com a fricção de dois paus?

— Sim, foi o meio mais prático que eles descobriram de fazer fogo. Também inventaram o isqueiro de sílex, uma pedra que, batida de raspão com uma barrinha de ferro, dá faísca — e lá vai a faísca acender uma isca. Tudo isso ficou numa grande rabada depois que o inglês John Walker inventou o fósforo, em 1827.

Sabem o que é fósforo?

— Sei riscar fósforo — disse Narizinho.

— É um pauzinho embebido em parafina e com uma cabeça feita duma mistura de fósforo e dióxido de manganês, ou clorato de potássio, tudo ligado com um grude qualquer. Quando essa cabeça é friccionada numa superfície áspera, o calor da fricção leva a mistura fosfórica ao seu ponto de combustão — e pronto: temos fogo. O calor que se desprende derrete a parafina e a incendeia; e este incêndiozinbo por sua vez incendeia o pauzinho. Esse sistema de fósforos é pouco usado hoje, depois que surgiram os chamados "fósforos de segurança."

— Qual a diferença?

— Nestes a cabecinha só acende quando friccionada na lixa da caixa; se a esfregarmos em qualquer outra superfície rugosa, ela gasta-se sem que pegue fogo.

— Por quê?

— Porque a mistura é feita de modo diferente. Metade das substâncias da cabeça do fósforo antigo vai para a lixa das caixinhas, de modo que só quando riscada nessa lixa é que a mistura se completa. Fizeram assim por causa dos muitos incêndios que o fósforo antigo causava. Um que caísse no chão e fosse pisado por uma sola áspera, já se acendia.

— Chega de fogo — disse Narizinho, desejosa de mudar de assunto.

— Temos ainda umas coisas a considerar — respondeu Dona Benta. Não falei dos combustíveis mais usados no mundo de hoje e isso é ponto importante. O

combustível mais espalhado ainda é a lenha, sobretudo nas regiões atrasadas e no campo. Nos países em que existe o carvão de pedra, este passa na frente da lenha. E

agora, nos países ricos em petróleo — nesse petróleo que está se tornando o rei dos combustíveis. E há razão para isso, visto como o petróleo dá mais calor que tudo mais.

Nas cidades grandes emprega-se muito o gás do carvão de pedra, o qual é canalizado para dentro das casas da mesma forma que a água. Esse gás é gerado em grandes instalações chamadas gasômetros — nome bastante errado, pois gasômetro significa qualquer coisa que mede o gás. Mas o povo começou a dizer assim e ficou.



*O homem aprendeu o meio de produzir o fogo e de tê-lo a seu serviço.*

— Eu conheço pelo cheiro rua que tem gasômetro — disse Pedrinho. Um cheiro danado de piche — mas gostoso. Eu, pelo menos, gosto.

— E nesses gasômetros o gás é guardado em grandes reservatórios cilíndricos, cujas bases estão dentro d'água. À medida que o gás o vai enchendo, o cilindro se eleva, forçado pela pressão do gás.

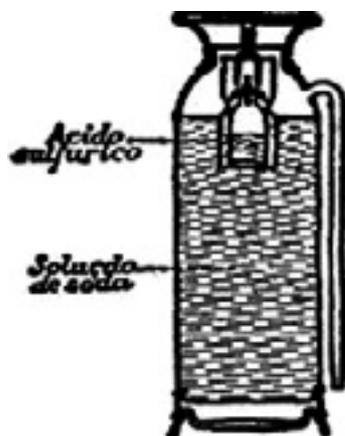
— E uns tais apagadores de fogo que existem nos teatros e fábricas? — perguntou Pedrinho.

— São aparelhos para atacar incêndios no começo, antes que cheguem os bombeiros com suas mangueiras d'água — porque a água é o grande inimigo do fogo. Molhando as coisas, a água isola-as do oxigênio do ar e o fogo pára.

Esses aparelhinhos são extintores de fogo por meio de produtos

químicos. Vou descrever um dos mais usados. Venha desenhar, Narizinho.

A menina desenhou um desses extintores que vivem pendurados nas paredes dos teatros e fábricas, mas desenhou-o aberto ao meio para mostrar o que existe dentro.



— Esse tipo de extintor — disse Dona Benta, emprega o dióxido de carbono. Traz embaixo um pegador. No momento de ser usado, temos de agarrá-lo pelo pegador, como se fosse uma marmita, e virá-lo de boca para baixo. Dentro, há soda misturada com água; e há ainda, perto da boca, um vidro de ácido sulfúrico, fechado de jeito que ao virar o extintor de boca para baixo a rolha salta e o ácido se derrama na solução de soda. Imediatamente se dá a reação química que forma o dióxido de carbono — e a pressão desse gás faz que ele esguiche com grande força.

— A ação do dióxido, e da água que sai junto, é formar um verdadeiro cobertor sobre o fogo, que o isola do oxigênio do ar — e o fogo morre.

Mas chega de fogo por hoje. Amanhã trataremos de outras coisas ainda relacionadas com o calor — como se transporta a, energia do calor dum ponto para outro *etc.* Podem ir brincar.

— Eu vou mas é tomar um banho frio — disse Narizinho. Tanto a senhora falou em fogo que estou suando.

## CAPÍTULO XIII - COMO O CALOR VAI DUM PONTO PARA OUTRO

No DIA SEGUINTE a temperatura caiu muito, e como Pedrinho aparecesse todo encolhido Dona Benta começou perguntando: — Qual a razão de estar você com as mãos no bolso, Pedrinho?

— Por causa do frio, vovó.

— Ou, melhor, para que o calor que você sente nas mãos não se perca. E sabe por que o calor se perde? Porque irradia. É interessante esse fenômeno da irradiação.

O calor segue sempre em linha reta, e no vácuo caminha com a velocidade espantosa de 297 mil quilômetros por segundo.

— Que fúria! E para que tanta pressa? — disse Narizinho.

— A matéria é inerte mas a energia parece que não é. Além disso, o calor é apressado por natureza. Vem de longe. Vem de tão longe que só correndo com espantosa rapidez poderia chegar até nós. Vem do sol. Todo calor que temos na terra vem do grande foco de calor chamado sol. Mas o que nos vale é que ele vem e vai. Se o calor que nos vem do sol ficasse acumulado na terra, morreríamos assados. O calor que o sol nos manda de dia, perde-se de noite no espaço. E perde-se por meio da irradiação.

O calor do sol atravessa os milhões e milhões de léguas que nos separam desse astro — milhões e milhões de léguas de vácuo, e vem aquecer a superfície da terra,. Mas aquece-a desigualmente, porque certas substâncias, como o ar e o vidro, são menos aquecíveis que outras. O vidro deixa-se atravessar pelo calor quase que sem aquecer-se, e o ar também. As superfícies ásperas, como a das pedras, absorvem muito bem esse calor irradiante. As superfícies polidas absorvem-no pouco e refletem-no quase todo, isto é, mudam a direção do calor. Os objetos escuros absorvem muito mais o calor do que as coisas brancas ou claras.

— Por isso nas cidades quentes, como Santos e Rio de Janeiro, todo mundo anda vestido de branco, que nem pombinhos — observou Emília.

— E de que modo o calor caminha nos corpos? — quis saber Pedrinho.

— Por condução, como dizem os sábios. Quando você põe a ponta duma barra de ferro no fogo, o calor sobe pela barra inteira. Como? Por condução.

— Explique melhor essa condução, porque não estou entendendo.

— A explicação dos sábios é a seguinte: a ponta do ferro se aquece no fogo porque as moléculas entram em grande movimento de vibração, já que o calor as expande.

Ora, essas moléculas, que foram aquecidas e começaram a vibrar intensamente, batem nas moléculas vizinhas e também as fazem vibrar — e a coisa vai indo, de molécula em molécula, até chegar à ponta da barra que estamos segurando. Quer dizer que na condução a energia, do calor caminha de molécula em molécula.

Daí vem a divisão dos corpos em íons condutores e maus condutores do calor. Em geral, quanto mais compacto é um corpo, isto é, quanto mais juntas tem as moléculas, melhor conduz o calor. Por isso os sólidos são melhores condutores do calor que os líquidos — e os gases são péssimos condutores. Nos líquidos e nos gases as moléculas estão menos juntas do que nos sólidos.

Mas os corpos sólidos variam na condução do calor, e entre eles o melhor condutor conhecido é a prata.

— Por isso aquele seu bule de prata tem o cabo de madeira, lembrou Narizinho.

— Exatamente. Se o cabo também fosse de prata, queimaríamos a mão ao pegá-lo, quando tia Nastácia o põe na mesa com chá quente. Há uma coisa produzida pelo calor que vocês nem sequer imaginam: o vento.

— O vento, vovó? Que relação pode haver entre o vento e o calor?

— A mesma relação que há de pai para filho, Pedrinho. Basta notar que sem calor não haveria vento.

— Como? Explique-me esse mistério.

— Um dos modos do calor caminhar é em correntes de convecção, como dizem os sábios. Quando o ar ou a água são aquecidos, expandem-se, tornam-se menos densos, ou de menor peso. E nesses casos o ar ou a água são impelidos para cima, do mesmo modo que uma bolha formada no fundo de uma água sobe — a bolha sobe por ser menos densa que a água que a rodeia. Esse subir do ar quente é a convecção — a causa de todos os ventos como o subir da água aquecida é a causa de todas as correntes marinhas.

— Que interessante! — exclamou Pedrinho. O calor produzindo o vento.

— Sim. Os ventos são correntes de convecção. Note você que sendo a superfície da terra muito irregular, os raios de sol a aquecem mais nuns pontos do que noutros.

Uns pontos possuem mais coisas lisas e se aquecem menos. Outros possuem mais materiais bons condutores de calor, e se aquecem mais intensamente. E como esses pontos estão cobertos pelo ar, o ar se aquece mais nuns pontos do que noutros, conforme o calor que recebe do chão. Ora, aquecendo-se, o ar expande-se, torna-se menos denso, mais rarefeito — e o ar vizinho dele, que não se aqueceu e pois está mais denso, corre a

ocupar o espaço aberto pelo ar expandido. Eis explicado o vento, que mais não é senão esse ar que corre dum ponto para outro.

— Estou entendendo. Acho muito curioso e bem contrário a tudo quanto pensei — disse Pedrinho.

— E é muito bom que seja assim. Sem essa contínua movimentação teríamos ar estagnado, como temos águas estagnadas, com grave dano para nossa vida. A ventilação das casas obedece aos mesmos princípios. O ar já estragado, empoeirado e aquecido dentro dos cômodos, expande-se e abre espaço para a entrada do ar puro e fresco. Se num quarto de dormir as janelas forem entreabertas, formar-se-á uma corrente de entrada e saída de ar. O ar aquecido sai pelas aberturas de cima e o fresco ar de fora entra pelas aberturas de baixo.

— Lugar que pede muita ventilação é a cozinha, por causa dos cem cheiros das comidas e da fumaça — observou a menina.

— As cozinhas com boas chaminés no fogão conseguem bom arejamento, minha filha. A chaminé não serve apenas para deitar fora a fumaça e os gases da combustão. Seu principal papel é outro — é manter uma corrente de ventilação.

Mas essa corrente só começa a funcionar depois que o ar de dentro da chaminé se aquece. Antes disso é aquela lengalenga para acender fogo, e aquela, fumaceira que arde nos olhos da gente. Súbito, a coisa começa a melhorar, a fumaça desaparece e o fogo fica uma beleza de vivacidade. É que o ar da chaminé já se aqueceu e formou a corrente contínua.



— E por que motivo as fábricas possuem chaminés de tamanha altura, vovó? — indagou Pedrinho.

— Para aumentar a diferença de pressão entre a coluna de ar quente de dentro e o ar frio de fora. Picam assim com uma "tiragem" muito forte, e portanto habilitadas a alimentar um fogo fortíssimo.

— Tiragem? repetiu Pedrinho.

— É como o vulgo chama essa força de chupa-vento das chaminés.

— Até tia Nastácia sabe disso — acrescentou Narizinho. Ainda ontem a ouvi dizer: "A"tirage" desta chaminé não está boa."

— Bem — continuou Dona Benta, estes movimentos do ar são devidos ao que os sábios chamam convecção, que é um dos meios do calor mudar-se dum ponto para outro. O outro meio qual é, Pedrinho"?

— A condução — respondeu o menino — a passagem do calor duma molécula para a molécula vizinha.

— Sim. Sempre que um corpo é tocado por outro, o mais quente conduz calor para o mais frio. Quando pomos um bloco de gelo dentro duma geladeira atochada de legumes, ovos, carne, etc., como é que o gelo resfria essas coisas, Pedrinho?

— Sei que resfria, mas não sei dar a explicação científica, vovó. Fale.

— Assim: o gelo começa tomando o calor do ar que está em contacto com ele. Esse ar, tornando-se mais frio, contrai-se e portanto fica mais pesado que o resto do ar da geladeira. E porque ficou mais pesado, afundando, impele para cima o ar mais quente. Esse ar mais quente vai ficar em contacto com o gelo e se resfria, e afunda também — e assim sucessivamente até que o interior da geladeira fique na temperatura do gelo. Mas enquanto isso o gelo vai se derretendo, porque o calor do ar e das coisas guardadas na geladeira é absorvido por ele, e eleva a sua temperatura.

— E o tal gelo seco, vovó, que a senhora falou outro dia? — quis saber Narizinho.

— Ah, é dióxido de carbono, um produto industrial muito novo. Surgiu como o rival do gelo comum. O tal dióxido de carbono é um gás já nosso conhecido, que surge da combustão. Esse gás é recolhido e transformado em líquido. Acontece, porém, que o dióxido de carbono líquido tem a propriedade de evaporar-se com tamanha rapidez que se congela.

— Quer dizer que se engasga — observou Emília. Na fúria de evaporar-se a galope, vira gelo e não se evapora.

— Evapora-se, sim — disse Dona Benta, mas sem passar pelo estado líquido.

Evapora-se lentamente, passando do estado sólido para o gasoso. O gelo seco vira gás diretamente — o que nos parece muito curioso, por estarmos acostumados ao gelo que se derrete.

— Então é melhor que o gelo de água, vovó.

— Para certos fins. Basta dizer que o gelo seco é 141 graus mais frio que o gelo d'água, de modo que um quilo de gelo seco tem tanto poder refrigerante como quinze quilos de gelo d'água. Para uso nos vagões frigoríficos das estradas de ferro, nada melhor.

— Que engraçado, vovó! A senhora começou a falar no fogo e sem querer foi parar no gelo, que é o contrário do fogo — observou a menina.

— É que unicamente na linguagem vulgar temos isso de frio e calor.

Cientificamente só há calor. Frio não passa de ausência de calor, diminuição de calor — e portanto o frio está no capítulo do calor.

— Quer dizer que o gelo a gente obtém roubando o calor da, água — ausentando o calor da água — disse Pedrinho.

— Perfeitamente.

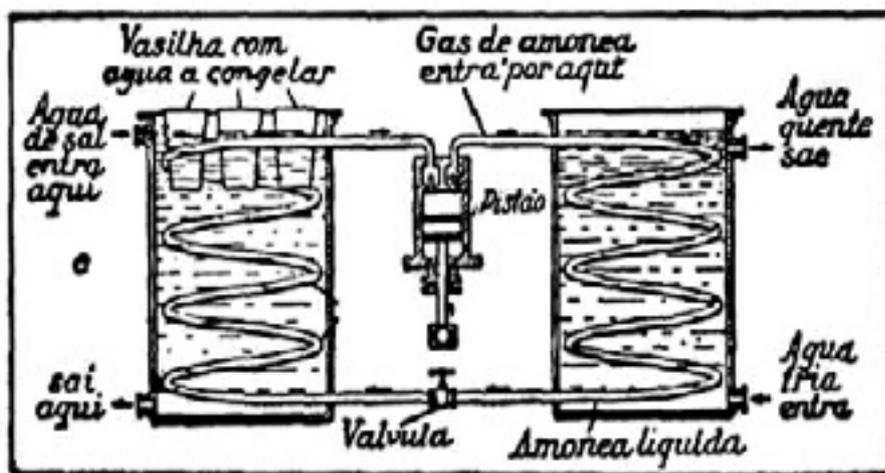
— Está aí uma coisa que eu desejava saber: o modo de fabricar o gelo — murmurou a menina.

— Então venha desenhar o que eu vou dizer. E Narizinho desenhou uma

figura assim:

— Temos aqui — disse Dona Benta, o esquema do aparelho de produzir gelo.

Entra na dança o gás de amônia, que comprimido pelo pistão, se aquece com a compressão e é forçado a circular pela serpentina do tanque da direita. A água desse tanque absorve o calor da amônia, a qual, tornando-se fria, condensa-se, vira líquido, e pela válvula passa para o tanque da esquerda, que está cheio de água de sal. A amônia líquida, entrando na serpentina desse tanque, evapora-se rapidamente e fica muito fria. Esse frio absorve o calor que existe na água de sal, fazendo que a temperatura dessa água desça abaixo de zero — e a água das vasilhas colocadas nesse tanque se congela.



— E a amônia?

— Volta para a caixa do pistão para ser de novo comprimida.

— Interessante, vovó! — exclamou o menino. Parece um círculo vicioso — aquele vai, vem e vai outra vez que a senhora nos explicou outro dia...

— Mas nas sorveteiras o frio é produzido de outro modo, não, vovó? — quis saber a menina.

— Nas sorveteiras como a nossa a coisa corre assim. Gelo moído e sal grosso vão para dentro do barrilete, bem apertados contra o cilindro que contém o líquido a "sorvetear." Só por si o gelo moído não conseguiria fazer o sorvete; mas o sal se dissolve na superfície dos pedaços de gelo e faz que eles se derretam rapidamente, formando uma solução de água de sal. A água de sal, porém, não se congela a zero, e sim a 20 graus abaixo de zero, de modo que a água de sal formada no barrilete fica muito mais fria que o gelo, que é zero.

— E por que fica mais fria? — perguntou Pedrinho.

— Porque para a água do gelo dissolver o sal, e para o sal apressar o derretimento do gelo, houve consumo de quanto calor havia por ali.

— E desaparecendo o calor surge a ausência do calor que chamamos frio, já sei — completou Pedrinho. E as geladeiras, tão usadas hoje, vovó?

— Narizinho vai desenhar uma, que mostre o mecanismo interno. O frio é obtido pelo mesmo processo da, compressão do gás. Uma vista d'olhos fará compreender o processo.

Prestando bastante atenção Pedrinho percebeu que o jogo era o mesmo da máquina de fazer gelo, embora com disposições diferentes.

— Essa propriedade de certas soluções se congelarem em ponto muito mais baixo que a água, tem aplicação no radiador dos automóveis — não aqui entre nós, terra quente, mas nos países de invernos rigorosos, onde a temperatura cai a muitos graus a baixo de zero. Se os choferes puserem nos radiadores água, simples em vez duma dessas soluções, o desastre é certo; a água se congela dentro dos tubos e arrebenta-os.

— Por que os arrebenta?

— Porque quando a água se congela, cresce de volume, incha — e não há tubo que resista a esse inchaço de gelo.

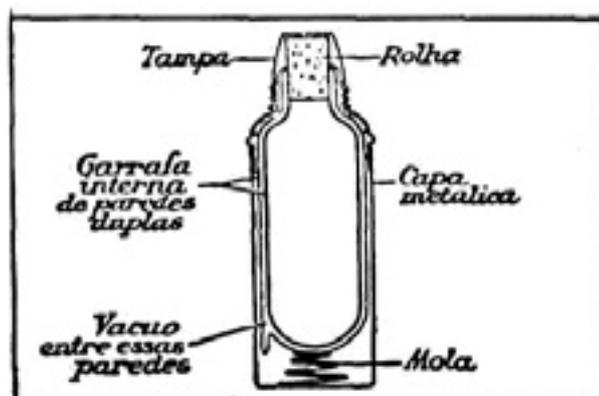
— Uma coisa que vivo querendo saber, vovó, é como funcionam as tais garrafas térmicas, de conservar leite ou café bem quente — disse a menina. Não entendo aquilo.

— Muito simples. São garrafas penduradas no vácuo...

— Fiquei na mesma...

— Então desenhe uma dessas garrafas, aberta ao meio, para vermos como é a barrigada.

Narizinho desenhou isto:



— Como vocês estão vendo, trata-se duma garrafa dentro de outra. A interior não toca na exterior, e no espaço que fica entre ambas faz-se o

vácuo. Ora, enchendo a garrafa interna com um líquido quente, o calor desse líquido pouco se irradia, porque está isolado pela camada de vácuo — só se irradia através da rolha em cima, mas lentissimamente. E desse modo o líquido conserva o seu calor por muito tempo. Calor ou frio. Se pusermos na garrafa interna água gelada, por exemplo, essa água conserva-se gelada por muito tempo, visto que o calor da garrafa externa não pode passar para a garrafa interna, sempre por causa do vácuo. Só entra um calorzinho pela rolha.

— Interessante ...

— Nos automóveis há necessidade de muita atenção a estes problemas do calor; do contrário os motores se esquentariam de pegar fogo. A combustão de gasolina está sempre produzindo calor e mais calor — calor que tem de ser levado das paredes dos cilindros para a água do tanque.

Quando essa água esquenta, passa a circular pelos tubos do radiador de modo que o calor seja absorvido pelo ar que bate no carro em movimento, e que é projetado pelo ventilador. Desse modo o calor produzido pela queima de gasolina é lançado fora pelos três processos de marcha de calor: radiação, convecção e condução.

— E as roupas, vovó? Por que umas esquentam o corpo e outras refrescam"? — perguntou Narizinho.

— Engano, minha filha. Isso de roupas quentes e roupas frias não passa de ilusão nossa. O que se dá é o seguinte: conforme sejam tecidas desta ou daquela substância, lã, algodão, linho, seda ou "rayon", as roupas impedem, ora mais, ora menos, que o calor do nosso corpo se perca no ar.

— E donde vem o calor do nosso corpo?

— Da oxidação dos alimentos, já expliquei. Os alimentos são os combustíveis orgânicos. Dentro do nosso corpo opera-se uma contínua combustão, por meio do oxigênio respirado com o ar.

— Quer dizer que não passamos duns fogões ambulantes — observou Emília.

— É verdade. Somos uns fogões bípedes. Estamos sempre de fogos acesos. Quem morre esfria, porque cessa lá dentro a combustão. Somos também umas chaleiras de evaporar água. Está calculado que suamos e expiramos dois litros de água por dia.

— Expiramos?...

— Sim, expirar é o oposto de aspirar. A respiração se divide em dois tempos: um em que aspiramos o ar e outro em que o expiramos, isto é, o botamos para fora.

As roupas isolam-nos do ar, não totalmente, mas um pouco, e desse

modo diminuem a convecção do nosso corpo, isto é, a saída do calor por convecção. A roupa também diminui a perda de calor por irradiação. Se vivêssemos nus, como os índios, perderíamos pouco calor por condução, porque estaríamos em contacto directo com o ar — e o ar, como vocês sabem, é mau condutor do calor. Mas andamos vestidos, e nossas roupas variam quanto à condutibilidade do calor, conforme feitas deste ou daquele material. A lã é má condutora do calor e por isso nos parece quente. O linho é bom condutor, e por isso nos parece frio.

A cor das roupas também influi. O branco e o verde são melhores no verão do que o preto, o vermelho e o laranja, porque refletem a maior parte do calor irradiante do sol.

— E essa história de casas quentes e frias? É certo?

— As casas dependem do material de que são construídas. As de pedra ou tijolos, materiais maus condutores do calor, conservam a frescura no tempo quente e o calor no tempo frio. Já uma casa coberta de folhas de zinco é quentíssima no verão e frigidíssima no inverno, pela razão contrária: serem as folhas de zinco boas condutoras do calor. Fazem o calor entrar ou sair muito depressa.

— E que mais? perguntou Narizinho.

— Mais nada por hoje — respondeu Dona Benta. Emília ficou tão cansadinha de ouvir estas histórias de calor que até dormiu ...

Emília, realmente, estava ferrada no sono.

## CAPÍTULO XIV - VENTOS E TEMPESTADES

O TEMPO HAVIA piorado. A temperatura caíra muito e um vento dos mais desagradáveis começara a soprar. Logo que se reuniram no dia seguinte, Emitia disse: — Não gosto de vento...

— Se não gosta de vento — observou Narizinho, como quer ser mulher de pirata?

Os piratas moram em brigues de vela, que só andam à força de vento.

— Isso outrora — objetou Emília. O meu brigue há de ser moderníssimo, movido a petróleo. Quero ser uma pirata do século...

— Esse vento está dando um bom tema para a lição de boje, não acha, vovó? — disse Pedrinho.

— Pois conversemos do vento e das tempestades, que é um assunto romântico. A causa dos ventos já expliquei. Vamos ver quem sabe...

— O calor — respondeu Pedrinho. A tal convecção...

— Sim. Já vimos que o sol aquece muito pouco o ar, quando seus raios o atravessam. Mas o ar se aquece pelo contacto com as superfícies quentes da terra.

Que forma de aquecimento é esta, Narizinho?

— Condução, está claro. A tal passagem do calor numa molécula para outra.

— Exato. E também por convecção — as correntes que se formam nas terras aquecidas e vão dum ponto para outro. É, portanto, a desigualdade do aquecimento da superfície da terra que forma os ventos. As causas dessa desigualdade são muitas. Certas rochas (rochas vocês já viram o que é, quando estudamos geologia : tudo que forma o chão) absorvem mais calor que outras, não só por serem feitas disto ou daquilo, como por terem a superfície rugosa ou lisa.

Por esse motivo, num dia de sol a praia dum lago se mostra mais quente que a água do lago. Por quê?

Porque a praia é mais rugosa que a superfície do lago — respondeu Pedrinho.

— Exato. E também porque a água custa mais a absorver o calor do que qualquer outra substância. E também porque a superfície espelhante do lago reflete mais o calor irradiante do sol do que a superfície fosca da praia.

— Refletir quer dizer fazer voltar, não é? — perguntou a menina.

— Sim. Quando uma bola de borracha dá no chão e volta, está sendo refletida.

— E quando a gente reflete? — perguntou Emília. Dona Benta riu-se.

— Nesse caso, Emília, o verbo refletir tem outro sentido — significa pensar-meditar. Estou falando em refletir no sentido físico. Bem. Outra causa da desigualdade do aquecimento está na inclinação dos objetos. Se os raios de sol caem a prumo sobre uma superfície, aquecem-na mais rapidamente do que se caíssem de raspão.

— Ahn! — exclamou Pedrinho. Por isso são tão frios os grotões. O vulgo chama a face dos morros onde bate pouco sol, "face noruega" — porque são frias como a Noruega., — Isso mesmo. Outra causa da desigualdade está na altitude. No alto duma montanha a gente sofre muito mais calor do sol do que no sopé, ainda que esse alto seja coberto de neve.

— Por que isso?

— A razão é que no alto da montanha o ar está mais rarefeito, e portanto há menos ar para absorver o calor irradiante do sol. Mas assim que o sol desaparece esse alto se resfria muito mais depressa do que o sopé. Sabe por quê? Porque o ar no sopé, sendo mais denso, funciona como um abafo, impedindo que o calor retido na superfície escape: e lá em cima a camada de ar, em vez de abafo espesso, não passa de um filo ralinho...

Bem. Essa desigualdade de aquecimento da superfície da terra produz diferenças na pressão do ar — e as brisas e os ventos surgem como natural conseqüência. Se a diferença de pressão é pequena, temos as brisas. Se é grande, temos os ventos. E estes ventos podem ser locais ou regionais, isto é, curtinhos ou longos, nascidos e morridos numa pequena área, ou em toda uma grande região.

— Já notei isso, vovó — disse Pedrinho. Ventos que nascem de súbito e morrem logo adiante. Ventos que formam redemoinhos.

— Os redemoinhos são formados pelos sacis que corropiam como pião — disse Emília.

Dona Benta contestou: — Essa explicação, Emília, é popular — não científica. Saci só existe em cabeça de negro velho. É sempre a convecção que produz tais ventos, com ou sem redemoinho — mas sempre sem saci dentro. E tais ventos podem ser uma coisa de nada, como as brisas, ou uma coisa horrorosa, como os ciclones.

— Fale dos ciclones, vovó — pediu Narizinho. Não tenho a menor idéia desses monstros.

E Dona Benta falou.

— Quando num navio em alto mar o barômetro começa a cair, os oficiais já sabem que a tormenta se aproxima. Diz-se que o barômetro cai, se a coluna de mercúrio desce, indicando abaixamento súbito da pressão

atmosférica. Isso quer dizer ciclone na certa. Que é ciclone? Um redemoinho em ponto grande, de seis a oito quilômetros de diâmetro e que tanto se move sobre o mar como sobre a terra. Uns caminham vagarosos, outros são rapidíssimos, chegando até a mais de 1.500

quilômetros por dia.

A ventania dum ciclone nem sempre é furiosa; mas em certos casos torna-se infernal. Os homens têm observado ciclones cujo vento alcança a velocidade de 160 quilômetros por hora! Muitas casas e árvores não resistem a uma força dessas — daí tantos desastres. Há zonas no mundo bastante sujeitas a esse fenômeno, como a zona das Antilhas e do Golfo do México. Volta e meia os jornais dão notícia de um ciclone que arrasou Miami, ou esta ou aquela outra cidade.

— Aqui no Brasil parece que não temos ciclones — disse Narizinho.

— Felizmente. Nesse ponto a natureza nos favoreceu. Nossas maiores ventanias são nada perto dos ciclones das Antilhas. Mas os ciclones são sempre acompanhados de anticiclones, durante os quais a pressão barométrica sobe.

Formam-se correntes de ar que se precipitam para o centro dos ciclones, e sobem, como na tiragem das chaminés. E fica então uma salada horrível de correntes entrecruzadas.

E sobrevém logo a chuva. Essas correntes de ar que sobem com tamanha fúria vão carregadas de vapor d'água, o qual, chegando em cima, resfria-se, condensa-se em gotas e cai...

— E o tal tornado, vovó? É o mesmo ciclone?

— Não. O tornado é uma tempestade terrivelmente destruidora. A explicação dos sábios é esta: Quando o ar junto à superfície da terra se torna muito aquecido e a corrente de convecção demora a pôr-se em movimento, o tabuleiro de ar aquecido permanece uns instantes parado debaixo duma camada normal de ar frio. Por fim a pressão do ar aquecido rompe em certo ponto a camada de ar frio e a corrente formada se lança com grande ímpeto por aquele buraco acima, do mesmo modo que a água duma banheira se precipita para o buraco de saída quando retiramos o tapume. Forma-se um parafuso, um redemoinho, tanto mais violento quanto mais reduzido de área. E o tal parafuso caminha como se fosse o redemoinhozinho de água da banheira virado para cima. Os desastres que acontecem podem ser dos mais graves.

— Conte a história dum desses desastres — pediu Pedrinho.

— Em 1925, no mês de março dia 18...

— Dia do meu aniversário! — exclamou a menina. O dia em que

completei dois anos...

— Sim. Nesse dia ocorreu um terrível tornado na América do Norte. A coisa começou no Estado do Arkansas, lá pelo meio-dia, e foi morrer no centro do Estado de Indiana, matando quatro mil pessoas e causando tremendos prejuízos materiais. Casas foram arrancadas dos seus alicerces e grandes madeiras levadas a mais de trinta quilômetros de distância...

— Que horror, vovó!...

— Um grande horror na verdade, minha filha. Quatro mil mortos...

— Imagine-se quantos pobres animais, galinhas, gansos, cavalos, bois e porcos também não foram destruídos. É pena que nessas estatísticas os homens só se lembrem de si e não contem também os animais mortos...

— Bem. Basta de ciclones e tornados. Falemos agora das ondas de calor ou frio, como essas que a Argentina às vezes nos manda. Isso se dá no verão, quando em regiões mais quentes do sul o ar superaquecido forma corrente que caminha em rumo norte. Surge a onda de calor, que em certas ocasiões dura dias. Por fim essa corrente é substituída por uma de ar frio das alturas — e temos uma onda fria.

— E o furacão, vovó?

— Oh, o furacão é uma das mais terríveis tempestades dos trópicos, aqui na América. Começam nas Antilhas e usualmente varrem a costa do Atlântico, chegando até a Flórida. A extrema violência do vento causa enormes estragos na costa, sobretudo nos navios e pequenas embarcações. Em 1900 um desses furacões vindos das Antilhas atravessou o Golfo do México e veio varrer a cidade de Galveston, matando muita gente e destruindo muitas casas.

— E o tufão?

— É o nome dado aos furacões do Oceano Pacífico. Calamidades irmãs, apenas de nomes diferentes.

O vento lá fora cessara, sobrevindo uma garoa fina. Dona Benta mandou que Narzinho fosse buscar um xale.

— E vista o seu suéter, minha filha. Está muito frio e úmido.

Depois que o xale veio, o assunto mudou dos furacões para a umidade, em conseqüência da pergunta de Pedrinho.

— Que é umidade, vovó? Dona Benta explicou: — Já sabemos que o ar é mais ou menos úmido porque sempre contém vapor d'água em suspensão. Esse vapor sai de tudo que há na terra — dos rios, do solo, das folhas das árvores, porque tudo que existe sobre a terra contém água. Mas o ar só pode conter uma certa quantidade de calor, e quando fica saturado...

— Que quer dizer saturado? — indagou a menina, — Saturado quer

dizer cheio até não agüentar mais.

— Ahn! Por isso o Coronel Teodorico disse, naquela noite, que estava saturado dos roubos do Elias Turco. Compreendo...

— Pois é. O ar tem o seu ponto de saturação, e se continua a receber mais vapor, chega ao que se chama "ponto de orvalho." Começa então a devolver o vapor que recebeu demais — e temos o orvalho, a bruma, a garoa, o nevoeiro, o ruço dos Campos do Jordão, a chuva, a geada ou a neve.

— O orvalho é coisa muito romântica — observou a menina. Os poetas não passam sem ele...

— De fato, minha filha, é um fenômeno mimoso, realmente poético. Quando de manhã bem cedo vou ao jardim e vejo os milhares de diamantezinhos que o orvalho deposita nas teias de aranha, nunca deixo de parar e sorrir. É um espetáculo que me faz bem — que me enche a alma de poesia...

O ar suporta tanto mais vapor quanto mais quente está, e se se resfriar até zero, ficará seco.

— Por isso o inverno é mais sadio que o verão — disse Pedrinho.

— Concordo. Quem passou um verão em Santos, ou no Rio de Janeiro, sabe disso.

A pele do nosso corpo é normalmente refrescada pela evaporação do suor. Nossa saúde o exige. Do contrário sentimo-nos mal — e até a morte pode sobrevir. Mas num recinto fechado, em que o ar não circule, o ambiente fica excessivamente úmido — mais úmido do que convém ao nosso organismo. E como as roupas embarçam a circulação do ar em redor do nosso corpo, fica ele envolvido numa camada de ar úmido que atrapalha a evaporação do suor, impedindo a pele de refrescar-se. Mas se ventilarmos o recinto, essa camada de ar úmido é removida e a evaporação do suor passará a fazer-se normalmente. Hoje está se desenvolvendo muito o uso do "ar condicionado", isto é, o uso do ar preparado de acordo com as nossas necessidades.

— Como fazem?

— Antes de ser injetado numa sala, num teatro, num vagão de estrada de ferro, etc., o ar é dosado na temperatura e no grau de umidade requeridos. No futuro, quando os homens deixarem de empregar todos os recursos da civilização nessa estupidez chamada guerra, e os voltarem para a melhoria do nosso viver na terra, todas as casas receberão ar condicionado, como recebem água, gás e eletricidade.

— Mais uma conta a pagar, vovó — a conta do ar — lembrou Narizinho.

— E que todos pagarão com o maior gosto. Ter em casa ar puro e fresco,

no pontinho que nos convém, vale tanto como ter água na torneira ou eletricidade nos fios. Nós aqui da roça não prestamos atenção a esse problema do ar, porque não existe problema de ar na roça. Temo-lo do mais puro e na maior abundância.

Mas os moradores das grandes cidades sofrem muito com o mau ar, de modo que para eles o condicionamento seria a maravilha das maravilhas.

— Mas nunca haverá dinheiro para isso, vovó — disse Narzinho. Inda agora os jornais contam que a Inglaterra vai gastar 1.500 milhões de libras em balas, cruzadores, aviões de lançar bombas e mais coisas de matar. Esses milhões de libras equivalem a 120 milhões de contos, dinheiro que daria para condicionar o ar de todas as cidades do mundo...

— Mas o mundo é assim, minha filha, e que havemos de fazer? O homem nasceu torto e acabou-se. Voltando ao nosso assunto, tenho de frisar mais dois pontos: a condensação e a precipitação do vapor. Já sabemos que a condensação acontece sempre que o ar se resfria a uma temperatura abaixo do ponto de orvalho. Se essa condensação se dá muito acima da terra, temos a formação das nuvens. Se se dá junto à superfície, temos a precipitação, que é depósito da água sobre a superfície.

O orvalho é uma precipitação.

— Fale das nuvens, vovó, porque eu não as compreendo bem — pediu Pedrinho.

— As nuvens são compostas de minúsculas gotinhas d'água, ou de minúsculas partículas de gelo, conforme a temperatura. E tomam várias formas...

— Isso é verdade — disse Emília. Já vi nuvens com forma de camelo, de castelo, de gigantes, de bruxas...

Dona Benta riu-se.

— As formas de que falei não são essas, Emília — são as que os sábios classificam de Estratos, Nimbos, Cúmulos e Cirros, formas que dependem da temperatura e dos movimentos do ar.

— E os nevoeiros?

— Não passam de nuvens à flor da terra. Se um nevoeiro se eleva no ar, vira nuvem.

— Estrato quer dizer camada — disse Pedrinho. Mas essas nuvens de nome estratos formam-se em camadas\*?

— Sim. Formam-se em camadas horizontais e justamente por isso receberam o nome de estratos.

Os nimbos não têm forma certa. São nuvens amontoadas, sombrias, espessas, com beiras rasgadas pelos ventos. Anunciam chuva e se

acumulam a mais ou menos 800 metros de alto.

Os cúmulos são as nuvens mais bonitas; parecem rolos de montanhas de neve, e pairam desde 700 até 6 mil metros de altura. Na parte inferior parecem nivelados e na parte superior lembram os altos das montanhas.

Temos por fim os cirros, pairantes a oito milhas e mais de altura, picadinhos, acarneirados. São compostos de massas de neve solta.

— Que lindo! — exclamou Emília. Quem me dera boiar neles nos dias de calor!

Adoro a neve...

— Já se viu que pernóstica? — disse Narizinho. Neve! Onde Emília viu neve?

— Nunca vi neve, mas adoro-a. Que tem uma coisa com outra? Dona Benta já disse que temos duas qualidades de olhos: os da cara e os da imaginação. Já vi muita neve com os olhos da imaginação.

— Mas Emília conhece a geada, que dá um pouco a idéia da neve — disse Dona Benta. Temos tido aqui no sítio umas geadas bem lindas.

— Qual a diferença entre a neve e a geada? — perguntou Pedrinho.

— A neve cai em pequenos flocos, como pedacinhos soltos de algodão, e a geada forma-se na superfície da terra. Geada não passa de gotinhas de orvalho que se congelam.

— E a chuva de pedra?

— As pedrinhas de gelo que caem formam-se nas nuvens muito altas. O vapor condensa-se em gotas e essas gotas se congelam e caem. E sabem que há chuvas que não molham a terra?

— Chuva que não molha? Mas se não molha não pode ser chuva, vovó...

— Pois fique sabendo que pode. Muitas vezes uma nuvem muito alta se condensa em gotas e as gotas caem. É uma chuva perfeita, que cai. Que cai mas não chega até nós. A meio caminho atravessa camadas de ar quente e evapora-se de novo. É ou não é chuva que não molha?

Lá fora a garoa continuava. Emília espiou pela janela e disse: — Mude de assunto, Dona Benta. Basta termos de aturar esta chuvinha o dia inteiro. Eu, por mim, dispenso mais chuva aqui dentro — e foi "brincar com o Visconde.

Os outros também estavam cansados de tanta chuva, de modo que Dona Benta teve de pingar o pingão final na lição daquele dia.

## CAPÍTULO XV - TEMPO E CLIMA

O dia seguinte também amanheceu chuvoso. Todos já andavam com saudades do sol. Pedrinho foi à varanda observar o tempo, voltando com cara desanimada.

— Vai ser a mesma coisa de ontem, vovó — disse ele. O clima desta zona está mudando para pior.

— Por que diz isso, Pedrinho? Então só porque estamos com três dias de mau tempo acha você que o clima está mudando? Não sabe que as conclusões sobre mudanças de clima tomam por base observações feitas durante períodos de cem anos?

— Cem anos? Tenho então de esperar cem anos para saber se o clima daqui é o mesmo ou mudou?

— Claro, meu filho. O tempo muda constantemente, de hora em hora, de dia a dia, de mês em mês — mas toda uma vida não basta para sabermos se um clima está mudando ou não.

E por causa dessa conversa, o tema da lição daquele dia foi o tempo e o clima.

— O clima — disse Dona Benta,, depende de muitos fatores. Depende dos ventos constantes, das correntes aéreas, da natureza dum território, da altitude e da proximidade de grandes aguadas, como mar, rio ou lago. Se não fossem esses fatores os climas seriam uniformes.

— Por que seriam uniformes? — indagou Pedrinho.

— Vou explicar. Você sabe que as regiões em redor dos pólos são muito frias, porque a terra recebe mais calor na zona equatorial do que nas zonas polares.

— Sei. No equador o sol cai a prumo, e nos pólos passa de raspão.

— Isso. Mas se a zona do equador é sempre mais aquecida, o que deve acontecer é o seguinte: o ar frio das regiões polares tende sempre a correr sob forma de vento, para a zona do equador, a fim de ocupar o espaço abandonado pelo ar aquecido, o qual, como você sabe, se expande e sobe. E teríamos, então, por cima, uma eterna corrente de ar aquecido, na direção do equador aos pólos; por baixo, uma corrente de ar frio na direção dos pólos ao equador. Desse modo o equador se refrescaria e as regiões polares se aqueceriam.

— E não é assim?

— A tendência natural é essa. Mas tanto a corrente aquecida que procura tomar o caminho do pólo, como a corrente fria que procura tomar

o caminho do equador, encontram tais embaraços pelo caminho que não conseguem realizar a tendência.

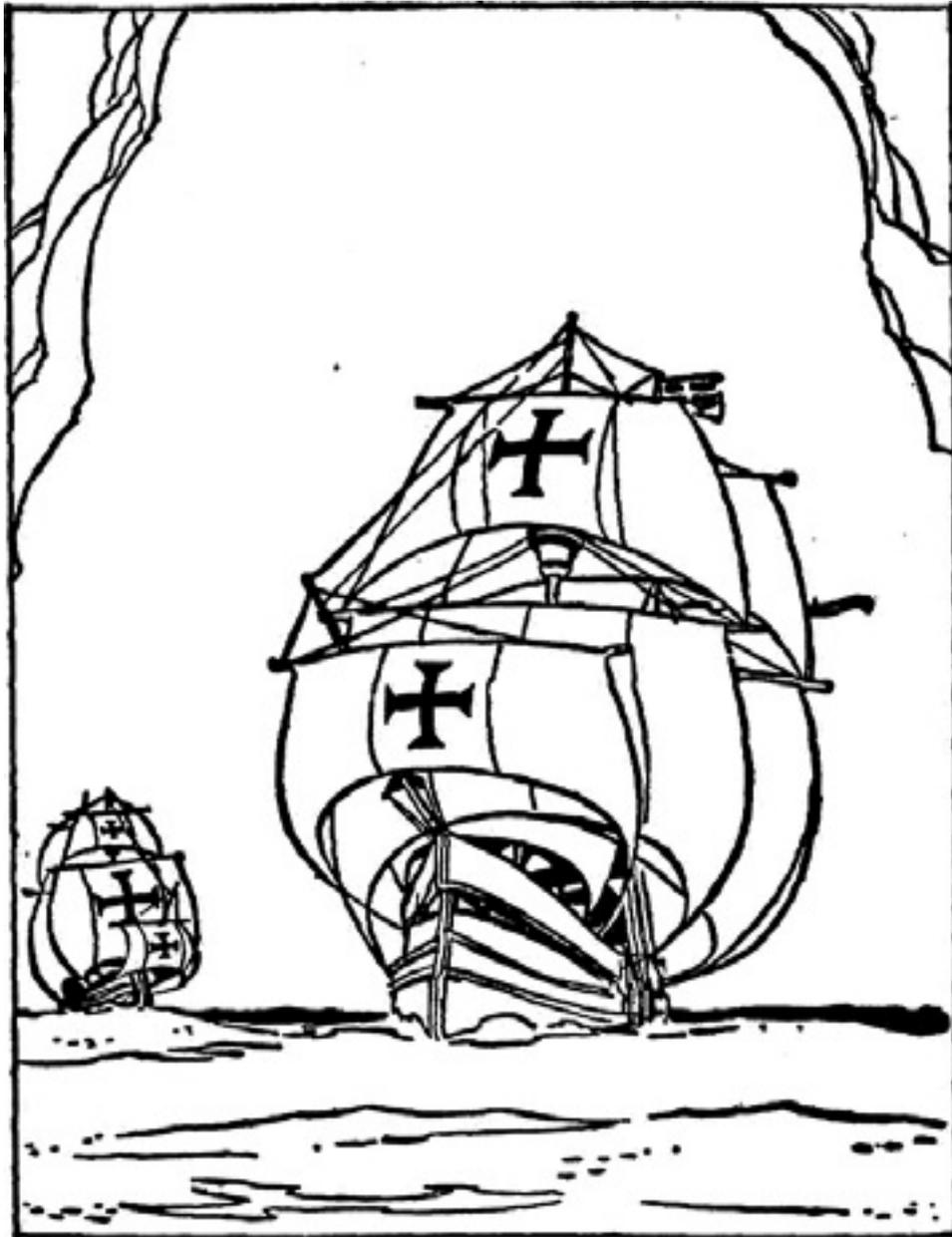
Essas correntes são perturbadas, desviadas, anuladas pelo caminho por outras correntes locais, formadas aqui e ali em conseqüência da desigualdade da superfície da terra. São essas condições locais que respondem pelas mudanças de tempo e impedem que a terra possua o clima que teria se fosse perfeitamente lisa, como bola de bilhar.

Também o movimento de rotação da terra influi nessas correntes aéreas, ou ventos. Se a terra não possuísse o movimento de rotação em torno do seu eixo, os ventos seguiriam sempre o rumo norte e sul. Mas nossa bolinha gira sobre si mesma, de modo que há ventos de várias direções. E muitos deles são constantes, isto é, sopram sempre na mesma direção. Estes ventos exercem muita influência sobre o clima.

— Os ventos constantes não são os tais alísios ?

— Sim. E esses ventos alísios são célebres pela influência que tiveram na civilização humana.

— Como?



*A antiga navegação a vela dependia do vento, e graças aos alísios é que pôde desenvolver-se*

— A antiga navegação a vela dependia do vento, e graças aos alísios é que pôde desenvolver-se e permitir os grandes descobrimentos de terras novas, como a América. Hoje, com a navegação a vapor, os ventos perderam a importância; mas antes de Robert Fulton eles falavam grosso. Esses ventos alísios sopram com a velocidade de 16 a 48 quilômetros por hora — são ótimos, portanto, para os navios de vela.

Na faixa do equador há uma parada nos ventos, conhecida como calmaria. Em vez de seguirem horizontalmente, as correntes de ar sobem na vertical; e como os navios de vela não navegavam para cima, isso os atrapalhava grandemente.

— Sei - disse Emília. E foi justamente por causa das tais calmarias que o

Almirante Cabral descobriu o Brasil. Ele ia buscar pimenta nas índias, e querendo evitar a zona perigosa afastou-se demais do caminho — e em vez de dar na pimenta deu nos índios do Brasil.

— Pois é. Nessa faixa equatorial os ventos sopram para cima. É uma zona de calor intenso, muito úmida e sujeita a tempestades rápidas e súbitas rajadas de vento — fenômenos locais de pouca duração, mas perigosos. Os navios ficavam muitas vezes retidos durante semanas; daí o horror que a palavra calma inspirava aos marinheiros.

— E as brisas, vovó?

— As brisas são ventinhos fracos e sempre locais. Há dois tipos de brisas: as que vêm do mar para a terra e as que vão da terra para o mar. Essas brisas têm muita importância para o clima e formam-se do mesmo modo que os outros ventos: pelas correntes de convecção. Num dia calmoso o solo, as pedras, as casas, todas as coisas da terra se esquentam mais depressa do que as águas do mar ou lago vizinho.

Resultado: o ar da terra se expande e sobe, e o ar mais frio das águas vem ocupar o lugar dele. Estabelece-se assim uma corrente contínua da terra para as águas, de noite, e das águas para a terra, de dia. Ora isso influi no clima, refrescando a terra durante o dia e aquecendo-a durante a noite.

Em cidades do Brasil, situadas a beira-mar, unicamente essas brisas tornam a vida suportável. Sem elas ninguém agüentaria o calor. Nas regiões montanhosas certas condições locais dão origem a brisas dessa natureza — constantes, de cá para lá, de dia, e de lá para cá, de noite.

— Isso quer dizer que a proximidade das águas é coisa de muita importância para o clima — disse Pedrinho.

— Certo que é, meu filho. As grandes aguadas atuam como reguladores do calor e, portanto, criam climas excelentes. E a influência desses ventinhos não fica limitada à costa — estende-se a muitos quilômetros das praias.

— Bom; compreendo agora porque são tão procuradas as praias. Por causa do jogo das brisas.

— É verdade. Estive uma vez em Maceió, em pleno mês de dezembro. Apesar do calor que fazia, não senti calor. A brisa que vinha do Atlântico chegava a tornar agradável o calor. Numa praia que existe perto, de nome Riacho Doce, passei dez dias incomparáveis. O sol era tirano; mas na sombra das varandas, ou das árvores, não senti nenhum calor — tal a suavidade do abano das brisas.

— E no Vale do Mississipi, vovó, por que acontecem aquelas terríveis inundações?

— perguntou Narizinho, que havia acompanhado pelos jornais a última inundação desse grande rio, horrivelmente trágica.

— Nestes Estados do alto Mississipi o clima não é bom. A temperatura vai de muitos graus abaixo de zero, nos dias mais frios, até 38° acima de zero, nos dias mais quentes do verão. Às vezes passam-se muitas semanas sem chover, e depois caem chuvas incessantes por mais de um mês. Ora, em ano em que isto acontece a água é tanta que tudo inunda, como você leu nos últimos jornais. Muitas regiões do mundo sofrem da violência de tais extremos — e, portanto, são regiões de mau clima.

— O que admiro — disse Pedrinho — é como os animais e as plantas suportam esses excessos de calor e frio, como sobrevivem durante as terríveis secas, os terríveis invernos, as terríveis chuvaradas...

— Eles lá se arrumam. Sabem adaptar-se. Grande número de animais dos mais simples, bem como as plantas, vivem parte da vida em casulos e sementes, e nesse estado suportam os longos períodos de frio em que tudo se congela. Os casulos e as sementes também se congelam, sem que isso extinga o fio de vida existente neles — e quando o frio passa, ressurgem. Outros, como os pássaros e certas borboletas, emigram — mudam-se para zonas de bom clima, onde permanecem até que o frio de suas terras desapareça. As andorinhas são professoras na arte de emigrar.

— Isso sei eu, porque é aqui em nosso telhado, que elas se reúnem assim que o inverno dá os primeiros sinais. Reunem-se todas as que moram nas redondezas e de repente, prrrrr! Lá desaparecem no espaço, para só tornarem em setembro.

— Pois é. Cada espécie de animal ou vegetal descobre o meio de resistir à fúria do frio ou do calor excessivos. Até o homem foge, em certas ocasiões. Nas grandes secas do Nordeste a população do interior abandona tudo e marcha para a costa.

— São "retirantes" — observou Narizinho que havia lido uma obra de Eodolfo Teófilo sobre as secas do Ceará.

— Mas com os homens essa migração vira tragédia — disse Dona Benta, pois perdem todo o gado, todas as plantações, ficando reduzidos à mais extrema pobreza. Já as andorinhas emigram alegres e retornam felizes, sem que nada lhes aconteça.

— Fazem como os ricos — disse Emília. Saem a veranear...

— As plantas, coitadinhas, não têm asas, de modo que resolvem os problemas de duas maneiras: ou evitando as zonas perigosas, ou adaptando-se a elas. Quando estudarmos botânica veremos com que engenho as plantas se adaptam.

Normalmente necessitam muita água — muita chuva, e no entanto chegam a viver em zonas quase sem chuvas, como são os desertos. Os cactos, por exemplo, defendem-se da escassez da água armazenando-a em seu corpo, e protegendo esse corpo com uma camadinha de pele vidrenta, que impede a água de evaporar-se.

— Pelo que vejo, vovó, a sabedoria da vida é a gente morar nas zonas de bom clima — disse Pedrinho.

— É sim, meu filho, mas nem todos podem morar onde querem, e se pudessem teríamos uma grande crise: toda a população da terra acorreria para certos pontos de bom clima, ficando lá pior do que sardinha em lata. Não podendo ser assim o homem adapta-se ao lugar em que nasceu, e desse modo consegue viver na Groenlândia, que é só gelo, ou na Abíssinia, que é quase fogo. Mas apesar disso, o homem só se desenvolve bem nos bons climas.

— Isso já notei. Os grandes povos são os que ocupam as terras de bom clima.

— E é natural. Como pode o homem progredir na zona dos trópicos, se tem de lutar constantemente contra as chuvas abundantíssimas, a umidade excessiva, a violência da vegetação que essa umidade determina, a quantidade sem fim de bicharia miúda — e ele, coitado, a suar, a suar, a suar?... Nos climas excessivamente frios os males são o contrário. Nada, ou quase nada, de vegetação ou fauna — e aquele frio eterno, torturante. O homem desanima e foge. Nem lenha consegue com abundância — justamente onde a lenha se faz tão necessária como fonte de calor. Mas nas zonas temperadas a vida se torna um encanto. Tudo é moderado — as chuvas, a temperatura, a vida vegetal e animal. Só facilidades.

Por esse motivo o trabalho do homem rende muito mais, e ele prospera e goza de boa saúde.

— E a altitude? Também influi na vida do homem?

— Sim. Os agrupamentos de homens que vivem em altitudes muito elevadas ou em altitudes muito baixas prosperam menos que os que vivem nas altitudes médias. Há um ditado latino que diz: In médio virtus. A virtude está no meio — e é tão certo para as coisas da nossa vida moral como para os climas. Nada de extremos. No meio está o bom.

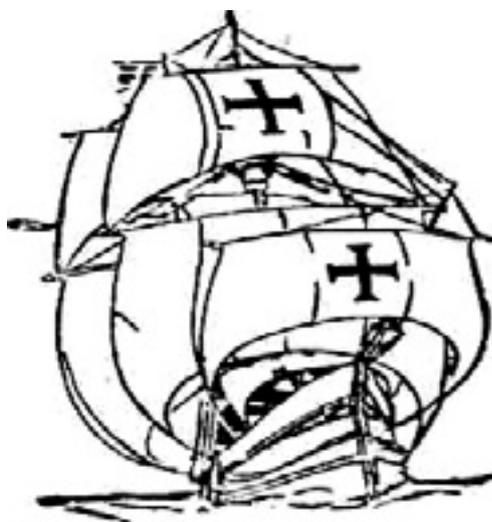
— Como nas melancias — observou Emília. O melhor é o meio, o "anjo da melancia..."

Houve uma discussão sobre o tal "anjo" das melancias, que é a parte central e mais gostosa. Emília achou que se chamava anjo justamente por isso, por ser a melhor.

Mas Dona Benta não aprovou a idéia.

— Quero crer que esse "anjo" das melancias não passa de corrupção de "âmago" das melancias. Como a palavra âmago é erudita, isto é, só conhecida entre as pessoas muito cultas, alguma tia Nastácia ouviu na mesa o patrão chamar o miolo da melancia de "âmago" e foi lá na cozinha dizer que o nome daquilo era "anjo." E o nome espalhou-se entre os ignorantes das redondezas e hoje até vocês falam no "anjo" da melancia...

Emília aceitou a lição, mas continuou a dizer anjo, porque "o tal âmago, fica muito sem graça e pedante. Entre um âmago e um anjo eu pego no anjo..."



## CAPÍTULO XVI - NA IMENSIDÃO DO ESPAÇO

No DIA SEGUINTE não houve lição. Vieram visitas. Primeiro, o Chico Pirambóia, um caboclo das vizinhanças, muito manhoso. Queria por força que Dona Benta barganhasse a vaca môcha por uma égua lazarenta que ele tinha. Amolou duas horas, tomou café, cuspiu no chão — e afinal lá se foi sem a vaca.

Mais tarde apareceu o compadre Teodorico, para a clássica visita que fazia à comadre cada quinzena. Também amolou, amolou, tomou café com bolinhos e lá se foi na mesma, depois do jantar.

Felizmente o tempo havia levantado, e tiveram uma noite tão linda que Dona Benta saiu com os meninos para ver as estrelas. E a conversa recaiu sobre a astronomia.

— Se os grandes conquistadores ou os insolentes ditadores de hoje — começou a boa senhora, tivessem tempo de contemplar e meditar este céu estrelado, fatalmente abaixariam a crista do orgulho e se recolheriam às suas respectivas insignificâncias. Se a terra é um pontinho microscópico neste infinito espaço que nos rodeia — que somos nós? Que é um ditador? Muito menos que um micróbio imperceptível. E que é o sol, essa imensa estrela que bóia no espaço rodeada dos planetas, seus filhos? Um micróbio do espaço infinito. Porque infinito quer dizer o que não tem fim...

Os meninos ficaram pensativos.

— Por mais que eu reflita, vovó — disse Pedrinho, não consigo, nem de longe, compreender uma coisa sem fim. Por maior que seja o espaço, parece que há de acabar num ponto.

— E que fica para diante? — objetou Dona Benta. Quando uma coisa acaba, começa outra. Que coisa poderá começar depois do espaço acabar?

— Não sei. Não entendo. Se começo a pensar nisso, esbarro em dois "não-entendimentos": não entendo o espaço infinito e também não entendo o espaço com um fim — disse Pedrinho. Fico bobo...

— E bobos também ficam os maiores sábios que refletem sobre o assunto. Por esse motivo os homens sempre olharam o céu com espanto e medo. No começo não entendiam coisa nenhuma, e tiveram a impressão de que as estrelas existiam para regalo dos nossos olhos — e que a terra era chata e fixa.

— Na opinião dos indianos a terra é agüentada em cima dum elefante — lembrou Pedrinho.

— Todos os povos antigos tinham a idéia da chateza e fixidez da terra

— prosseguiu Dona Benta. Mas lá entre os gregos, o povo mais inteligente que ainda apareceu sobre a terra, um sábio de nome Aristarco apresentou uma idéia nova: a terra e os planetas não eram parados — giravam em redor do sol. Toda gente se levantou contra ele, porque semelhante idéia contrariava o ensinamento pela religião grega. Mas a religião é que estava errada, não Aristarco. Certos fenômenos do céu, como não fossem compreendidos, amedrontavam os homens. Mais de meio século antes de Cristo houve uma batalha entre medos e lídios, durante a qual ocorreu um eclipse total do sol; o pavor foi tamanho que os soldados interromperam a luta para fazer as pazes.

— Ora, graças! — exclamou Narizinho. Pelo menos esse eclipse salvou a vida de muita gente.

— Mais tarde, quando os turcos invadiram a Europa, surgiu no céu um cometa. Os cristãos, apavorados, puseram-se a rezar: "Livrai-nos, Senhor, dos turcos e do cometa." Finalmente apareceu aquele sábio do barômetro: Galileu. Era um verdadeiro gênio, um grande inventor. Foi quem teve a idéia do primeiro telescópio. Construiu-o e com ele deu grande passo no estudo dos corpos celestes.

Observou as montanhas da lua e foi o primeiro a ver os quatro satélites do planeta Júpiter. Também confirmou a idéia de Aristarco, da terra e mais planetas girarem em redor do sol. Foi tido como louco e obrigado pelos padres a renegar essas idéias sob pena de ser assado vivo. Hoje Galileu está na lista de ouro dos grandes gênios da humanidade. O seu telescópio virou um assombro. Foi-se aperfeiçoando cada vez mais, e permitindo que cada vez mais o homem desvendasse os segredos do céu.

— Está aí uma coisa que eu sempre quis — disse Pedrinho: espiar o céu pelo telescópio. Se ficar rico, hei de ter o meu telescópio.

— O lindo seria se espiássemos o céu pelo telescópio que os americanos estão construindo para o observatório de Palomar, perto de San Diego, uma cidade da Califórnia. O maior do mundo. Há seis anos que lidam nisso, trabalhando sem parar — e o custo está calculado em seis milhões de dólares ...

— Mais de cem mil contos em nossa moeda! — exclamou Narizinho, de olhos arregalados. Por isso gosto dos americanos. Só eles têm a coragem dessas coisas loucas. Se fosse na Europa, todo esse dinheiro iria para novos canhões ou aviões de bombardeio ...

— Talvez no fim deste ano de 1937 esse telescópio fique pronto — continuou Dona Benta. Tenho aqui num livro a fotografia da matéria-prima da principal das suas peças: um disco de cristal de 200 polegadas de

diâmetro. Em metros, quanto é isto, Narizinho? A menina fez o cálculo de cabeça.

— Cada polegada tendo 2,75 centímetros, as 200 polegadas correspondem a 5 metros e meio. Maior que o mastro de Santo Antônio que Pedrinho ergueu o ano passado.

— Para formar esse disco o cristal — prosseguiu Dona Benta — teve de ser fundido e despejado num molde; mas só para resfriar levou anos. Havia o perigo de fender-se com o resfriamento rápido, de modo que o puseram numa câmara aquecida, cuja temperatura, durante meses, fosse descendo gradualmente.

— Que pena Galileu estar morto! — exclamou Pedrinho. Imaginem o seu prazer se visse a que ponto chegou o pobre telescópio que ele construiu...

— O prazer maior de Galileu seria outro — disse Dona Benta: ver sua opinião sobre o movimento da terra aceita por todo mundo — ele que quase foi assado vivo por dizer que a terra girava ... Mas como o céu sempre interessou profundamente ao homem, desde cedo começou a ser estudado. Surgiram os astrólogos — os homens que entendem dos astros; e, como fossem criaturas mais espertas que as outras, logo reduziram a nova ciência a negócio. Tornaram-se importantes e poderosos. Os próprios reis tinham medo dos astrólogos, por causa das previsões que faziam, de nariz para o ar e olhos nas estrelas. Até hoje existem astrólogos, porque a raça dos espertos só desaparecerá quando desaparecer o última tolo. Esses falsos sábios pretendiam, e ainda pretendem, conhecer o passado, o presente e o futuro por meio da observação dos astros. Entre os astrólogos, porém, havia espíritos sérios, que não se utilizavam da astrologia para engazopar os ingênuos. Esses, sim, estudavam o céu, tratando de acumular fatos que permitissem conclusões. E tanto fizeram que deram a origem a uma ciência nova — ciência de verdade — chamada astronomia.

— Quer dizer que a astronomia é filha da astrologia?

— Sim, como a Eulália, tão ajuizada e séria, é filha do Chico Pirambóia, aquele espertalhão que tentou me impingir uma égua lazarenta e cega dum olho. Os começos da astronomia estão no velho Egito, na velha Babilônia, entre os caldeus e outros povos da Antigüidade. Muitos séculos antes de Cristo já eles tinham idéias certas sobre os planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, como também já haviam batizado as constelações mais importantes. Mas os sábios da Grécia foram os primeiros a dar forma científica a esses conhecimentos. Os gregos eram eminentemente poéticos, de modo que reduziam todos os fenômenos da natureza a mitos lindos. As

constelações não escaparam à "mistificação." Existem no céu duas estrelas de primeira grandeza, chamadas Betelgeuse e Rige, que fazem parte da constelação da Grande Ursa, lá perto da estrela Polar. Os gregos as explicavam por meio de um mito. Júpiter, o deus dos deuses, e também um grande pândego, apaixonara-se por Calisto, uma bela ninfa. Mas Júpiter era marido de Juno, deusa ciumenta como qualquer mulher de hoje — e Juno deliberou dar cabo de Calisto.

Percebendo as más intenções da esposa e querendo defender Calisto, Júpiter transformou-a em urso.

— Ah! — exclamou Emília — então o negócio de virar uma coisa noutra, que as fadas tanto gostam, é invenção velha — de Júpiter ...

— Sim, Júpiter virou Calisto em urso: mas Juno veio a saber e encarregou Diana, a caçadora, de matá-la em uma de suas caçadas. Vai Júpiter e descobre a combinação (porque os deuses eram danados para adivinhar o pensamento uns dos outros) e virou a urso em estrela. Nasceu assim a Grande Ursa.

— E a Pequena Ursa?

— Um filhinho de Calisto, de nome Arcas, ficou sendo a, Pequena Ursa, ao lado de sua mãe. Mas Juno percebeu a tramóia e, furiosíssima, foi ter com Oceano, o rei dos mares, ao qual pediu que nunca deixasse as duas Ursas "deitarem-se" no oceano, como fazem as outras estrelas que não ficam no rumo do pólo. Por esse motivo ficaram as duas coitadinhas perpetuamente grudadas no céu, sem poderem nunca regalar-se com os banhos de mar que refrescam suas companheiras.

— Então os gregos, tão inteligentes, acreditavam que as estrelas se deitam no mar?

— Poeticamente era assim. Como a terra está sempre girando, as estrelas dão a impressão de desaparecerem no oceano para reaparecerem na noite seguinte — como quem todas as noites vai para a cama. Juno condenou as Ursas a não repousarem nunca...

— Interessante o mito, vovó. Um dia precisamos estudar a tal mitologia grega.

Pelo que sei dela, é das coisas mais lindas que os poetas inventaram.

— Os mitos não foram inventados pelos poetas e sim pelo povo; os poetas apenas lhes deram forma literária. Os gregos batizaram as principais estrelas e constelações. Por isso há tantas trazendo nomes de deuses e heróis gregos. Mas os gregos não podiam ir longe no estudo do céu por falta de instrumentos. O telescópio só foi inventado há uns 300 anos, e o espectroscópio é dos nossos dias.

— Que é espectroscópio? — quis saber a menina.

— Canudo de espiar os espectros ou fantasmas — disse Emília; mas Dona Benta corrigiu:

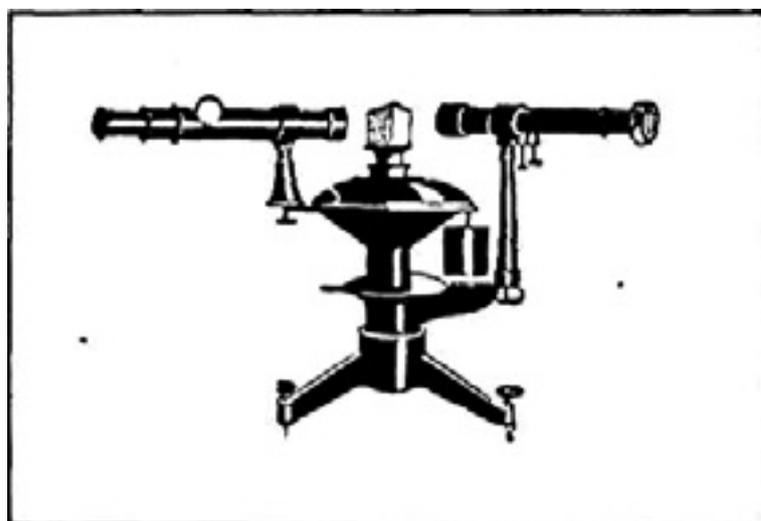
— Trata-se dum instrumento maravilhoso, que havemos de estudar no capítulo da Ótica — a parte da Física que trata das coisas da visão.

— Mas dê uma idéia rápida, vovó.

— Bom. O espectroscópio se baseia no prisma, que é um pedaço de cristal triangular que tem a propriedade de decompor a luz. A luz comum, ou branca, é composta de raios de todas as cores do arco-íris: o prisma a decompõe nessas cores.

A luz entra branca por uma face do prisma e sai por outra face transformada em luz vermelha, laranja, amarela, verde, azul, índigo e roxa.

— Isso já sei — disse Pedrinho.



*Espectroscópio*

— Bem. Qualquer corpo incandescente olhado através do espectroscópio mostra uma faixa de cores na ordem que eu mencionei, o vermelho puxando fila e o roxo no fim. Mas se um gás incandescente for olhado através do espectroscópio, mostra, em vez da faixa colorida, uma ou mais linhas coloridas — e essas linhas não variam para um dado gás. De modo que os químicos têm nesse instrumento um meio de conhecer que substância há num corpo qualquer. Basta que aqueçam esse corpo até reduzi-lo a estado gasoso e examinem o gás através do espectroscópio. Pelas linhas coloridas que aparecem eles dizem que substâncias há no gás.

— Os químicos? Mas o tal espectroscópio não é instrumento dos astrônomos? — objetou Pedrinho.

— De ambos. Os astrônomos o utilizam para examinar a luz que vem

dos astros, e por meio das linhas coloridas que se formam conseguem saber de que elementos esses corpos celestes são formados. Também pelo exame das linhas podem saber se os astros estão se aproximando da terra ou se afastando — e ainda com que rapidez estão caminhando.

— Que maravilha, vovó! — exclamou o menino. Parece incrível que com um instrumento tão simples o homem possa descobrir coisas tão importantes. Saber de que elementos é formada uma estrela! É de dar tontura na gente...

— Realmente, meu filho. Com esse instrumentozinho os astrônomos calculam o peso dos astros e determinam muitas outras coisas. Foram, portanto, essas duas invenções, o telescópio e o espectroscópio, que permitiram o tremendo avanço da astronomia.

— Prodigioso! — murmurou Pedrinho, com os olhos no céu. Mas por mais que eu olhe e reolhe, vovó, não compreendo o espaço. Sinto uma tontura...

Dona Benta ia falando.

— A idéia que os sábios fazem do espaço é a de um vácuo sem fim, onde regiram os corpos celestes. Sua imensidão não pode ser compreendida pela nossa fraca inteligência, meu filho. Se um automóvel a 140 quilômetros por hora partisse do Sol na direção do Mercúrio, que é o planeta mais próximo, levaria 70 anos para chegar. E levaria 7 mil anos para chegar ao planeta Plutão, que é o mais afastado do Sol.

— Pensei que o mais afastado fosse Netuno — disse Narizinho. Esse Plutão não é meu conhecido.

— É um planetinha ainda menor que a Terra e perdido a uma distância imensa de nós. Está a 6 bilhões e 400 milhões de quilômetros de nós...

— Nossa Senhora! — exclamou a menina. Pico tonta com esse negócio de bilhões de quilômetros. Daqui até à fazenda do seu compadre são só quatro quilômetros e a gente cansa quando vai a pé — imagine andar a pé daqui até Plutão!...

— Pois bem, minha filha: apesar dessas distâncias imensíssimas, o Sol, com os planetas e todo o espaço que eles circunscrevem nos seus giros, não passam de pontinhos na parte do espaço que os astrônomos já conseguiram explorar com o telescópio. Sim, porque além desse espaço que o telescópio alcança, há ainda um infinito de espaço em todas as direções.

— Que horror, vovó! Não sei como os astrônomos não acabam loucos. Eu, se fosse dedicar-me a essa ciência, dava com os costados no hospício do Juqueri...

— Pois o que acontece é justamente o contrário. A profissão em que há

menos loucos é a dos astrônomos. A contínua contemplação do espaço infinito faz que eles olhem com imensa superioridade para as coisinhas mínimas a que os homens comuns dão tanta importância — como o dinheiro, o amor e outras preocupações de micróbios. Mas as distâncias entre os astros são realmente tamanhas que houve necessidade de criar medidas novas. As nossas léguas e quilômetros não passam de medidas microbianas. Daí a criação do metro dos céus: o Ano-Luz.

— Já sei — disse Pedrinho. Na Geografia a senhora tocou nesse ponto. A luz caminha com a velocidade de 297.600 quilômetros por segundo; e, portanto, caminha 9.256.550.400.000 por ano. Um ano-luz corresponde a quase dez trilhões de quilômetros!

— Isso mesmo. Pois bem: se aplicarmos essa medida para calcular certas distâncias do céu, veremos que da Terra à estrela Alfa, da constelação do Centauro (que é mais próxima do Sol), a distância é de 4 anos-luz. A distância entre a Terra e a estrela Polar é de 286 anos-luz. E o telescópio nos mostra estrelas à distância de 100 mil anos-luz de nós! tão longe que nem sabemos se elas ainda existem...

— Como isso, se vemos a luz?

— Sim, vemos a sua luz; mas como a luz dessas remotas estrelas leva 100 mil anos-luz para chegar até nós, podemos ainda estar vendo a luz de muitas que já desapareceram há milhares de anos...

Os meninos ficaram pensativos. Dona Benta continuou: — A astronomia nos mostra que as estrelas, ou sóis, variam de tamanho. Algumas têm o tamanho dos nossos planetas; outras são imensamente maiores que o Sol. A Betelgeuse, da constelação de Orion, é 27 milhões de vezes maior que o Sol — e a Antares ainda é maior.

— E o Sol, quantas vezes é maior que a Terra?

— Mais de um milhão de vezes.

— Quer dizer então que a tal Betelgeuse é 27 trilhões de vezes maior que a Terra?

— calculou Narizinho.

— No mínimo — respondeu Dona Benta. Mas essas imensas estrelas não passam de bolas gasosas incandescentes. Antares, por exemplo, é uma bola de gás tão rarefeito que derrota o melhor vácuo que os físicos produzem nos laboratórios.

— Como isso, vovó? — indagou Pedrinho. O vácuo dos físicos não é então completo?

— Não. Por mais que os físicos trabalhem, não conseguem produzir o vácuo absoluto. Resta sempre um bocadinho de ar extremamente rarefeito

em todos os vácuos que o homem produz. Antares é composta dum gás um milhão de vezes menos denso que a água. Já o Sol é uma vez e meia mais denso do que a água.

Outros astros existem tão densos que uma polegada cúbica de sua substância pesa tanto como uma tonelada de água.

— Que horror! Então não há guindaste aqui na terra capaz de erguer um tijolo feito de tal substância... disse Pedrinho.

— Sim. Os nossos vagões de estrada de ferro se achatariam, esmagados, se puséssemos dentro deles tal tijolo — completou, Dona Benta.

A noite continuava límpida, sem uma só nuvem no céu, nem a menor bruma na terra. O ar, parado. A temperatura, deliciosa.

O tremendo peso daquele tijolo fez que guardassem silêncio por alguns instantes.

Por fim Dona Benta o rompeu.

— Que injustiça, Pedrinho, cometeu você anteontem, dizendo que este nosso clima está mudando para pior. É lá possível imaginar noite mais linda e temperatura mais agradável?

— Realmente, vovó — concordou a menina. Se eu fosse encarregada de escolher uma temperatura fixa, que não variasse nunca, escolheria a desta noite. Está tão agradável que me parece pecado ir para a cama ...

Emília olhava para o céu.

— Lá está a Via Láctea — disse ela apontando, sem medo nenhum de criar verrugas. Lá estivemos brincando de fazer estrelinhas e cometas com a massa de astros que aquilo é! Lá eu...

— Pare com os mitos — murmurou Narizinho. Nós agora só queremos ciência.

Explique o que é a Via Láctea, vovó.

Dona Benta apontou para certo ponto do céu.

— É aquilo esbranquiçado que vemos lá em cima. Os sábios chamam a essas massas esbranquiçadas, Galáxias, e as consideram enormes acumulações de estrelas no espaço. Com o telescópio verificam isso, pois distinguem várias centenas de milhões de estrelas na nossa Via Láctea. Talvez o novo telescópio de Palomar nos esclareça muito a respeito. Mas no céu existem inúmeras galáxias como essa. As estrelas que as compõem nos parecem próximas umas das outras, embora estejam separadas por bilhões de quilômetros.

— Como a distância ilude! — exclamou a menina. Daqui da Terra, as que formam a Via Láctea parecem juntinhas...

— Há um tipo de galáxias que os astrônomos chamam Nébulas — disse

Dona Benta. Existem às centenas de milhões pelo espaço — algumas contendo bilhões de sóis ...

— Mas se é assim vovó, a nossa Terra é mesmo uma isca de dar pena. E se a Terra é uma isca, meu Deus, que seremos nós? Átomos de perninhas...

— ... e Antares de presunção — completou Dona Benta. Mas tudo é relativo, minha filha. Suponha um átomo dentro duma molécula. Para ele a molécula é um espaço infinito.

— Não precisa chegar ao átomo, vovó — disse Pedrinho. Para um pulgão de roseira, a roseira é uma árvore gigantesca. Há pulgões de meio milímetro de comprimento. Para um bichinho desses, uma roseira de dois metros de altura, como a que abriu a primeira rosa vermelha ontem, corresponde a um jequitibá com quatro mil vezes a altura dum homem — coisa que não existe.

— Na terra do pássaro Roca deve haver árvores desse tamanho — lembrou Emília — se não, onde havia ele de sentar-se e fazer ninho?

Houve uma pausa. Todos estavam de nariz para o ar, com a imaginação distante dali. Por fim Dona Benta falou: — Uma coisa grande nós temos, meus filhos: a imaginação. Se a nossa inteligência é limitada e de todos os lados dá de encontro a barreiras, temos o consolo de montar no cavalo da imaginação e galopar pelo infinito...

E puseram-se todos a galopar pelo infinito no cavalo da imaginação.

## CAPÍTULO XVII - O NOSSO SISTEMA SOLAR

QUANDO SE cansaram do galope, Dona Benta retomou o fio da lição.

— O conjunto do Sol e dos planetas — disse ela — constitui um sistema: o Sistema Solar. O Sol, com toda a sua majestade de pai e rei, ocupa o centro do sistema e governa os planetas, seus filhos. Governa-os, aquece-os e ilumina-os.

— E não terá netos o sol — vovó?

— Como não? Os satélites, isto é, os astrozinhos, como a lua, que se formaram dos planetas, são netos do Sol. Todos esses astros giram em redor dele. O Sol os atrai, isto é, puxa para si. Não fosse isso, e a inércia da matéria faria que os planetas caminhassem em linha reta. Giram, pois, em redor do Sol, descrevendo órbitas.

Órbita é um círculo sempre o mesmo. Cada planeta, ou satélite, tem sua órbita, o seu círculo sempre o mesmo.

— E a órbita ocular, vovó? — perguntou a menina.

— Chamamos órbita ocular o buraco redondo onde se acomoda o globo dos olhos — mas isso por analogia. A órbita verdadeira é a que os astros descrevem uns em redor dos outros. Amanhã, de dia, você e Pedrinho poderão fazer uma experiência bem interessante com uma laranja.

— A melhor experiência que se pode fazer com uma laranja é comê-la pelo meu sistema — disse Emília: tirando a pelinha dos gomos. Não gosto do sistema de cuia que Narizinho usa...

— Mas essa experiência, Emília, é gastronômica — e eu quero que Pedrinho faça uma experiência astronômica.

— Diferença só dum g — disse Emília.

— E por isso mesmo tão grande. O g é o puxa-fila da palavra "grande" — retornou Dona Benta. E continuou, para Pedrinho: — Você vai pegar uma laranja e atravessá-la de um prego. O prego será o eixo; e a laranja, um astro. Depois tomará aqueles dois metros de elástico de estilingue que comprou escondido de mim e eu "interceptei" e guardei na gaveta do etager, e o amarrará na laranja — e a fará girar em redor da sua cabeça. Sua cabeça, Pedrinho, ficará sendo o Sol; o fio elástico, a força de atração do Sol; a laranja, a Terra ou outro qualquer planeta — e o círculo que ela descreve será a órbita. Faça isso amanhã para vermos.

— Não vale a pena, vovó. A coisa é clara demais. Narizinho que faça para convencer a Emília, que está com cara de "ver para crer."

E estava mesmo. Emília vivia dizendo: "Comigo é ali na batata da

demonstração.

Sou como S. Tomé.

Dona Benta continuou: — Se durante o movimento o fio elástico romper-se, a laranja deixará de descrever a órbita e seguirá em linha reta. Isso mostra que é a força de atração do Sol (o elástico solar) o que mantém os planetas em suas órbitas.

— Mas então esse Sol deve ter uma força terrível — disse Narizinho.

— Sim, tem a força de atração proporcional ao seu volume — respondeu Dona Benta. O Sol é uma estrela amarela, porque há também estrelas azuis e vermelhas.

Está situado a 148 milhões de quilômetros de nós, ou sejam quase 400 vezes a distância entre a Terra e a Lua. Também gira sobre si mesmo, coma a Terra, e tem na superfície a temperatura de 10 mil graus — calor que nem imaginar podemos.

— Se é assim na superfície, imagine-se no centro! — exclamou Pedrinho.

— Sim, o calor do centro será muitíssimo maior, e talvez explique as tremendas explosões que daqui percebemos sob forma de "manchas solares." O telescópio nos permite vê-las muito bem. São manchas escuras, às vezes de milhares de quilômetros de diâmetro.



*A cabeça de Narizinho ficará sendo o Sol; o fio elástico, a força de atração do Sol; a laranja, a Terra ou outro qualquer planeta — e o círculo que ela descreve será a órbita.*

— Que horror, uma explosão de milhares de quilômetros de diâmetro! Nem imaginá-la eu posso — disse a menina.

— Talvez sejam imensos tornados produzidos pelas erupções do calor central.

Duram dias e até meses. O telescópio também nos permite perceber outros distúrbios do Sol, como as massas de matéria incandescente que se projetam da sua superfície com a velocidade de centenas de quilômetros por minuto — massas muitas vezes maiores que a Terra. Também vemos massas que ao se projetarem se destacam, subindo a centenas de milhares de quilômetros da superfície.

— Que horror, vovó! — exclamou a menina. Estou ficando com medo do

tal Sol.

Que monstro...

— E a energia que ele está constantemente soltando no espaço? A energia calorífica que a Terra recebe e nos parece tanta, não passa de meio bilionésimo da que o Sol emite sem parar.

— Espantoso, vovó! — exclamou Pedrinho. Então só com essa isca de calor a Terra vive, com todos os seus animais e plantas, e rios, e chuvas, mares e ventos?

— Sim, meu filho. A Terra vive com meio bilionésimo da energia que o Sol põe fora, do mesmo modo que um micróbio vive com um bilionésimo de qualquer coisinha tão pequena que nem enxergamos...

— E de que é feito o Sol?

— O espectroscópio nos permite identificar muitos dos elementos do Sol, que são os mesmos da Terra, das estrelas e das nebulosas. Sessenta desses elementos já foram identificados — o hidrogênio, o oxigênio...

— Logo vi! — exclamou Narizinho. Logo vi que esse diabo andava também por lá ... — ... o hélio, o carbono, o azoto, o ferro, *etc.* Mas tudo em estado de gás. O estado sólido é desconhecido no Sol.

— Interessante... E os planetas?

— São nove. Amanhã havemos de escrever a lista deles, com o diâmetro de cada um e o tempo que gastam para dar um giro em redor do Sol.

— Mas quais são?

— Júpiter, o maior; e depois, em ordem decrescente, Saturno, Netuno, Urano, a Terra, Vênus, Marte, Plutão e Mercúrio — que é o caçulinha do bando. Os planetas são facilmente distinguíveis das estrelas, não só por causa da luz mais firme como também por mudarem de posição no céu. Os mais próximos de nós são sólidos, mas os grandes parecem gasosos. Um corpo perde tanto mais rapidamente o calor quanto menor é sua massa. Por isso os planetas pequenos se resfriaram e os grandes ainda não. Caminham todos na direção oeste para este e no mesmo plano.

E quase todos possuem satélites, ou luas.

— Serão mesmo só nove, vovó?

— Não sabemos ao certo. Alguns astrônomos acham que talvez haja outros além de Plutão, mas a tamanha distância que ainda não puderam ser descobertos.

— Pois eu aposto que o telescópio de Palomar vai descobrir, no mínimo, três planetas novos. Quem fecha? — gritou Emília.

Ninguém fechou a aposta.

— O meio de fazermos uma idéia clara do tamanho dos planetas e do

Sol — continuou Dona Benta — é representá-los na mesma escala. O Sol, por exemplo, seria figurado por uma bola de metro e meio de diâmetro. A 66 metros de distância colocaríamos um grãozinho de ervilha, representando Mercúrio. A 126 metros poríamos uma jabuticaba das miúdas representando Vênus.

— Como, Dona Benta? — veio Emília. A jabuticaba é preta e Vênus era loura.

Uma negra não pode representar uma branca. Em vez da jabuticaba, eu punha uma bolinha de naftalina...

— Pois seja — concordou Dona Benta. A 166 metros poríamos outra jabuticaba do mesmo tamanho, representando a Terra. E a 266 metros poríamos outro grão de ervilha, representando Marte.

— Eu punha um grão de chumbo "paula-sousa", porque o tal Marte é o deus da guerra — disse Emília.

— E a 800 metros — continuou Dona Benta — poríamos uma bola de futebol, das menores, representando Júpiter. E a 1.600 metros poríamos outra bola de futebol, um pouquinho menor, representando Saturno.

— Com uma aba de chapéu palheta em redor dele — disse Emília, recordando-se dos tais anéis de Saturno.

— E a 3.200 metros — prosseguiu Dona Benta — poríamos uma laranja-lima, representando Urano. E a 4.800 metros poríamos outra laranja-lima, um pouco mais graúda, representando Netuno. E a 6.400 metros, finalmente, poríamos outro grão de ervilha, representando Plutão.

— Impossível fazer isso — disse Pedrinho. Imagine botar um grão de ervilha a mais de uma légua daqui!...

— Mas abstratamente podemos realizar essa experiência amanhã, colocando o Sol aqui em casa e as ervilhas e laranjas em pontos nossos conhecidos. A laranja de Urano iria ficar na venda do Elias Turco; e o grão de ervilha de Plutão, lá na vila...

— E Vênus, vovó? — perguntou Pedrinho. Não sei porque, mas tenho tanta simpatia por esse planeta como tenho simpatia pelo Plutão.

— Vênus é um planeta irmão gêmeo do nosso, pois regulam no tamanho e em atmosfera — só que a de Vênus é mais carregada de nuvens. Uma das particularidades desse planeta é girar muito lentamente em redor de si mesmo. A volta que a Terra dá num dia, Vênus a dá em meses; por esse motivo o lado onde bate o sol é terrivelmente quente, e o outro lado é terrivelmente frio.

— Se é assim tão irmã da Terra, então Vênus pode ser habitável — disse Narizinho.

— E o calor terrível do lado que bate o sol? — objetou Pedrinho.

— Eu resolveria o problema com muita facilidade — disse Emília. Colocava os habitantes de Vênus na zona entre o calor e o frio — e eles que fossem caminhando à medida que o planeta girasse sobre si mesmo — já que Vênus gira com tamanha preguiça. Em vez de casas grudadas no chão, eu os punha morando em trêileres, como essas casinhas ambulantes tão em moda hoje nos Estados Unidos...

— Outra característica de Vênus — continuou Dona Benta rindo-se — é ser, para nós, o astro mais brilhante do céu depois, do Sol. Vulgarmente é conhecida como Vésper, a estrela da manhã.

— E a Terra, vovó?

— Da Terra não preciso falar, pois que moramos na sua superfície e a conhecemos bem. Mas temos Marte, que é um planeta muito curioso para nós. Faz o giro sobre si mesmo em 24 horas e 37 minutos e tem a superfície bastante chata. Seus oceanos, se os há, devem ser rasos e pequenos. Com o telescópio distinguimos em Marte manchas esverdeadas que parecem vegetação, e manchas brancas nos pólos — talvez gelos, pois aumentam no inverno e diminuem no verão. Também possui atmosfera menos densa que a nossa e em menor camada: a temperatura deve, pois, mudar com muita rapidez. Assim, a temperatura em certo ponto do equador marciano é de 25 graus ao meio-dia e de 75 abaixo de zero à noite — 100 graus de diferença! Marte é bem mais fresco do que a Terra, porque está mais longe do Sol e recebe menos calor.

— E os famosos canais de Marte, vovó? — perguntou Narizinho.

— Ah, isso é uma das boas pilhérias da ciência. Faz lembrar aquela frase da Bíblia: "É mais fácil um camelo passar pelo fundo duma agulha do que um rico entrar no céu." A idéia do camelo passar pelo fundo de uma agulha nos choca — parece absurda. Mas isso não está na Bíblia original, sim nas traduções. A tradução latina da Bíblia falava em camillus, que quer dizer calibre, corda grossa; mas vai um tradutor e traduz camillus como sendo camelo.

— Que camelório! — exclamou Emília.

— Mas a coisa ficou. O mundo achou mais engraçado o camelo passando pelo fundo da agulha do que a corda grossa — e não corrigiu o erro. A mesma coisa sucedeu com os canais de Marte. Os primeiros telescópios haviam permitido que os astrônomos observassem em Marte certas manchas, que ficaram sendo os mares de Marte. Um dia, porém, um astrônomo italiano foi mais longe e descobriu umas listas, ou betas, ligando essas manchas — e para denominá-las empregou a palavra canali, que em

inglês deveria ser traduzida por channels, escavação natural, leito de rio. O tradutor inglês, porém, traduziu canali como canais, obra de engenheiros — e os canais de Marte surgiram para o mundo. O erro foi emendado — mas quem disse do mundo aceitar a correção? Era tão interessante que Marte tivesse canais que a coisa ficou.

— Mas são ou não são canais"?

— Impossível sabermos — por enquanto. Uns astrônomos acham que sim; outros supõem que sejam pântanos alimentados pelos ventos chuvosos que vêm das regiões polares. Certeza não há nenhuma.

— Mas vai haver — disse Emília. O grande telescópio de Palomar tirará a dúvida.

Emília lidava com o futuro telescópio de Palomar como se fosse coisa sua.

— E os tais marcianos, vovó? — perguntou a menina. Existirão mesmo?

— Pode ser que existam. Os sábios não provam nem uma, nem outra coisa.

Também os que admitem a existência dos marcianos não podem provar que eles sejam como nós, ou totalmente diversos.

— São diversos — respondeu Emília. Garanto.

— E nos outros planetas? Também há canais? perguntou Narizinho.

— Em Júpiter, por exemplo, não há porque não pode haver — nem há tampouco Jupiterianos. Júpiter é bem grande. Se amassássemos todos os outros planetas numa grande bola, essa bola ainda ficaria menor que ele. E é apressadíssimo, pois gira sobre si mesmo em dez horas — a galope! Mas para dar a volta em redor do Sol leva vinte anos. Também tem atmosfera, e bastante nebulosa — mas uma atmosfera de nuvens que não parecem de vapor d'água como a nossa. Os sábios supõem que seja de amônia congelada em cristaisinhos. O deus Júpiter dos gregos foi pai duma filharada de semideuses e o planeta Júpiter seguiu o mesmo caminho.

Basta dizer que possui nove satélites, seus filhos. O de nome Ganimedes é maior que o planeta Mercúrio.

— E o Saturno dos anéis? — perguntou Emília. Nós já estivemos lá, no tempo da "Viagem ao Céu", brincando de escorregar naquela aba de palheta. Mas quando a gente está muito perto duma coisa não a vê no conjunto. Conte a história de Saturno, Dona Benta.

— O deus Saturno devorava os filhos, mas o planeta Saturno não fez o mesmo, pois giram em redor dele nove satélites, seus filhos. É um pouco menor que Júpiter e roda sobre si mesmo também em dez horas. Mas a grande coisa de Saturno são os anéis, uma notabilíssima curiosidade dos

céus. Para os astrônomos nada há mais belo. Babam-se de gosto sempre que apontam o telescópio para Saturno.

— E que são os tais anéis?

— Há hipóteses. Visto ao telescópio esse planeta mostra três lindos anéis sucessivos, um em cima do outro, com milhares de quilômetros de diâmetro por 80

de espessura. São compostos de pequeninos satélites. Outra curiosidade de Saturno é que um dos seus grandes satélites, o de nome Febo, gira em sentido contrário aos demais.

— Que regalo para os astrônomos de lá! — exclamou Emília. Os daqui só têm uma luazinha magra e nem sequer um anelzinho. Se eu fosse escolher um planeta para morar, não queria saber de outro. Por temperamento, sou saturnina...

— Sabe o que quer dizer saturnino, Emília? — perguntou Dona Benta. Quer dizer triste, pesadão como o chumbo.

— Por quê?

— Porque na velha química saturno significava chumbo...

— E Urano, vovó? — quis saber Narizinho.

— Urano apareceu no ano de 1781, descoberto pelo astrônomo Herschel. Está longíssimo, de modo que pouco sabemos a seu respeito. Tem quatro luas.

— E Netuno?

— O planeta Netuno nasceu (para nós) dum modo interessantíssimo. Depois da descoberta de Urano os astrônomos ficaram desapontados, porque ele se desviava da órbita, como se houvesse por lá algum astro a atraí-lo. Mas não havia astro nenhum — e como era? As coisas da ciência têm que ser como as da escrituração mercantil: certíssimas. Se as somas finais mostram alguma diferença, os guarda-livros cocam a cabeça e têm de refazer todas as somas. Ora, aquele desvio da órbita de Urano era como um erro na escritura dos astrônomos. E dois deles, Leverrier em França e Adams na Inglaterra, entregaram-se ao estudo do fenômeno.

— Então um desvio de órbita é também um fenômeno? — indagou a menina.

— Certo, minha filha. Tudo que acontece na natureza é fenômeno. Pois bem: os dois sábios puseram-se a estudar o fenômeno, e no mesmo ano, 1846, os dois, um na Inglaterra e outro na França, sem se conhecerem, chegaram à mesma conclusão.

— Qual foi?

— Que devia existir em tal e tal ponto outro planeta que atraía Urano e

lhe causava o desvio da órbita. Mas como nenhum telescópio verificasse a existência do tal planeta, a coisa ficou assim. Mais tarde, porém, os telescópios se aperfeiçoaram e os astrônomos descobriram o misterioso planeta, exatamente no ponto marcado pelos dois sábios. Esse planeta foi batizado com o nome do deus grego das águas, Netuno.

— De fato, vovó, a proeza de Leverrier e Adams foi da gente tirar o chapéu. Esta cá me fica — comentou Pedrinho.

— Então fiquemos também por aqui, pois já é tarde. Basta de noite bonita. Vamos dormir. Amanhã conversaremos sobre o resto.

E recolheram-se.

## CAPÍTULO XVIII - MAIS COISAS DO CÉU

No DIA SEGUINTE Emília contou que sonhara que um grão de ervilha viera em sua procura, como se fosse um cavalinho. Ela montou nesse cavalinho redondo para um passeio pelo céu; mas em vez de ir parar no céu, foi ter à venda do Elias Turco, onde o Chico Pirambóia, já muito bêbedo, comeu-lhe a ervilha, pensando que fosse um amendoim.

Podia ser verdade o sonho de Emília, mas ninguém lhe deu crédito; estava muito bem arranjado.

O dia se passou nas brincadeiras do costume, e à noite saíram a passeio para "fazer astronomia ao ar livre", como disse Pedrinho.

Dona Benta começou dizendo que os astrônomos sempre se impressionaram com o grande espaço sem planetas que há entre as órbitas de Marte e Júpiter, achando que por ali devia haver mais alguma coisa. O problema interessou muito ao astrônomo italiano Piazzi, o qual tanto fez que descobriu por lá um planeta de 640 quilômetros de diâmetro — a distância entre o Rio de Janeiro e Belo Horizonte.

Deu-lhe o nome de Ceres, a deusa romana da agricultura. Mas como fosse pequeno demais para merecer a classificação de planeta, ficou sendo um asteróide. Depois disso os astrônomos descobriram na mesma faixa mais de mil asteróides, a maioria de menos de 40 quilômetros de diâmetro. Mas todos a funcionarem como os planetas no giro em redor do Sol.

— Aposto que houve lá um planeta que se despedaçou, dando origem aos tais asteróides — disse Pedrinho. Mas estou notando uma coisa, vovó: a senhora falou de todos, menos do pobre Plutão...

— É verdade. Esqueci-me do rei dos infernos. Pois a descoberta desse planeta foi outra vitória da ciência, igual à de Leverrier e Adams. Um notável astrônomo francês, Camilo Flammarion, autor dum as obras interessantíssimas que ainda havemos de ler, predisse em 1863 que para além de Netuno devia haver outro planeta.

— Em que se baseou? Algum desvio de órbita?

— Sim. A órbita, de Urano parecia sofrer a influência de outro planeta distante.

Pois a profecia de Flammarion deu certo. Em 1930 o astrônomo americano Slipher fez uma comunicação aos sábios, dizendo que vira tal planeta numa fotografia tirada por um jovem astrônomo de nome Tombough — e foi assim que surgiu para o mundo da ciência o afastadíssimo Plutão. Como está muito longe, a volta que dá em redor do

Sol não leva um ano, como a da nossa Terra, mas 250 anos.

— Que horror, vovó! Uma criatura plutônica pode ficar velha sem conhecer outra estação além da em que nasceu... — disse Narizinho.

O céu estava polvilhado de estrelas como na véspera, e sua calma beleza fazia que de vez em quando um longo silêncio viesse interromper as explicações de Dona Benta. Depois da história de Plutão sobreveio uma dessas pausas, mais longa que as outras, mas cheia de enlevo e concentração. Súbito, uma lista luminosa riscou o céu.

— Olhem! Uma estrela caindo! ... gritaram todos.

O risco de luz desceu em direção diagonal e sumiu-se. Dona Benta explicou: — Um meteoro, ou estrela cadente, como diz o povo — embora não se trate de estrela. Os meteoros não passam de pequeninos fragmentos de astros mortos, atraídos pala Terra. Não têm luz própria, mas quando penetram na camada atmosférica tornam-se incandescentes e portanto luminosos.

— Por que motivo o ar os torna incandescentes? — perguntou Pedrinho.

— Eles caem com grande velocidade — de 12 a 70 quilômetros por segundo, e ao penetrarem na camada atmosférica, vindos do vácuo, chocam-se de encontro ao ar, aquecendo-se. Todo choque produz calor. Também a fricção contra as moléculas do ar ajuda a torná-los incandescentes — e por fim se evaporam, desfeitos em poeira. Os sábios calculam que mais de dez milhões destes meteoros, pesando em média menos de 30 gramas, queimam-se cada dia na atmosfera — e lentamente caem reduzidos a pó. O homem é um animal supersticioso; tem medo de tudo que não entende ou só acontece de raro em raro. Por isso se assusta com estes meteoros e com os cometas, atribuindo o seu aparecimento a razões misteriosas. Ainda hoje, entre os maometanos, há a crença de que os meteoros são pedras de fogo que os anjos bons lançam contra os anjos maus, para espantá-los do céu... Às vezes os meteoros aparecem em grande quantidade, como verdadeira chuva de fogo. Em 1792 ocorreu uma destas chuvas maravilhosas, que durou horas. Imagine-se o pavor dos ignorantes ou supersticiosos!

— E como explicam tais chuvas?

— A hipótese dos sábios é que tais fragmentos de matéria soltos no espaço vêm de cometas que se esfarelaram. Houve um cometa, chamado Biela, cujo esfarelamento os astrônomos puderam testemunhar. Era um cometa que descrevia o círculo da sua órbita de 78 em 78 meses, de modo que em cada seis anos e meio podíamos vê-

lo passar. Mas da penúltima vez que passou, em 1846, surgiu com a cabeça rachada, e 78 meses depois reapareceu com a rachadura da cabeça ainda mais aberta. Depois disso não voltou mais. O ano de 1872 era época dele passar; não passou; em vez do Biela o que veio foi uma prodigiosa chuva de meteoros. Os sábios concluíram que o pobre Biela havia se esfarelado — e seu farelo continuava seguindo o curso de sua órbita.

— Que tamanho tinha esses farelos?

— Alguns fragmentos eram tão grandes que nos apareceram como bolas de fogo do tamanho da lua.

— Nossa Senhora! — exclamou Narizinho. Imagine-se o pânico do pessoal ignorante. Chuva de luas...

— E os cometas, vovó? — indagou Pedrinho.

— É o mais maravilhoso fenômeno dos céus, meu filho: astros com caudas longuíssimas, que andam soltos pela imensidão. O telescópio já permitiu aos astrônomos registrarem mais de mil.

— Mais de mil? Então há tantos assim?

— Se há! O espaço anda cheio desses judeus errantes. Os cometas não descrevem órbitas circulares como as dos planetas — descrevem parábolas.

— Que é parábola, vovó? Aquilo da Bíblia — a parábola do filho pródigo, do dinheiro da viúva e outras?

— No sentido literário, parábola é uma historinha curta com uma lição na ponta, mas no sentido geométrico trata-se de coisa diferente. Para a geometria, parábola é uma linha cujos pontos estão a igual distância duma reta fixa e de um ponto fixo que é foco da parábola. Assim: A linha AB é a linha reta fixa. C é o ponto fixo. A linha curva é a parábola. Notem que qualquer ponto que tomarmos nessa curva está à mesma distância do ponto C e da reta fixa AB.

Os meninos mediram as distâncias e se convenceram.

— E a velocidade dos cometas varia — continuou Dona Benta; cresce à proporção que se aproxima do Sol e vai declinando à medida que se afastam. Quando se aproxima do Sol, a velocidade fica tamanha que eles escorrem — isto é, soltam aquela enorme cauda de fogo que os torna tão interessantes. Depois, quando se afastam e a velocidade diminui, a cauda vai encolhendo até desaparecer.

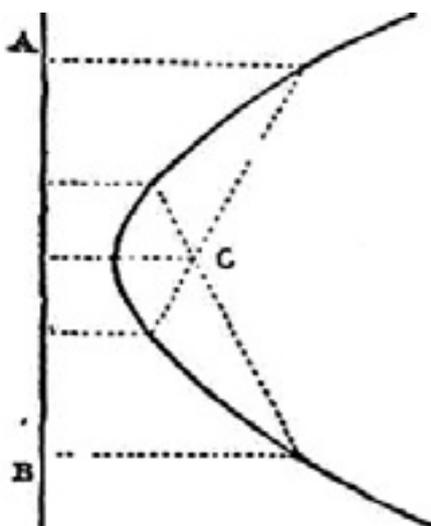
— Que pena não serem todos visíveis a olho nu! — exclamou Pedrinho. Que maravilha o céu, se todas as noites tivéssemos cometas para ver...

— Em 1910 pudemos apreciar um belíssimo: o cometa de Halley, que se torna visível para nós de 76 em 76 anos. Eu estava ali na varanda quando

ele apareceu, lá dos lados do Elias Turco. O tempo conservou-se ótimo, de maneira que pude regalar-me de ver cometa. Faz 27 anos...

E Dona Benta ficou pensativa, recordando. Depois disse: Halley encheu de pavor a gente inculta. Houve pânico em muitas cidades. "Fim do mundo! Fim do mundo!"

Apesar de ser um velho conhecido nosso, que nos procura de 76 em 76 anos, a humanidade é tão estúpida que se espanta cada vez que ele aparece.



— O ano de 1986 é tempo do cometa de Halley voltar — calculou Narzinho; e como tenho 12 anos, estarei por essa época com a sua idade, vovó — e hei de ver o cometa que a senhora viu, talvez da mesma varanda da nossa casinha...

— Faço votos para que assim seja, minha filha. Eu é que não o verei mais. Em 1986

meu corpo estará reduzido a pó num cemitério, mas vocês provavelmente estarão vivos. Quem sabe se nessa época a minha Narzinho não estará exatamente aqui neste ponto, explicando astronomia aos seus netos, e falando de cometas, com o dedo apontado para o que eu vi há 27 anos?

Depois dum longo silêncio Dona Benta disse algo dos meteoritos.

— São pedras que o espaço nos manda, da mesma natureza dos asteróides de que já falei, às vezes bem grandes, pesando toneladas. No vestíbulo do museu de História Natural de Nova Iorque há um de 37 toneladas — o maior è mais pesado que se conhece. No Museu Nacional do Rio de Janeiro temos o célebre Bendengó, pesando 5.360 quilos e achado na Bahia, perto de Canudos. Os sábios calculam que pelo menos um milheiro dessas pedras cai anualmente sobre nosso planetinha.

— Grandes assim como o de Nova Iorque?

— Não. A maioria é muito menor — aí de quilos apenas.

— São pedras que os diabos jogam para espantar os anjos da terra — observou Emília, que até então estivera caladinha.

Ninguém achou graça.

— E a Lua, vovó? — perguntou Narizinho, com os olhos na Lua que começava a aparecer. Gosto da Lua. Parece-me tão suave...

— Uma, pasmada é que ela é — disse Emília. Sem anéis, como Saturno; sem cauda, como os cometas; sem canais, como Marte; sem terríveis explosões, como o Sol.

Para mim a Lua não passa duma perfeita cataplasma...

— É que você não tem alma poética, Emília — disse Dona Benta. A Lua sempre foi o astro dos namorados e dos poetas. O luar entra em todos os namoros e poemas.

No dia em que no coraçãozinho de Emília brotar o amor, nesse dia ela suspirará e compreenderá a beleza romântica da Lua — ficando com remorso de tê-la xingado de cataplasma... A Lua é o astro mais próximo da Terra e por isso o que mais interessa ao homem. Notem como vivemos às voltas com a Lua. Falamos nela constantemente. Para deitar ovos, esperamos certa lua. Para derrubar madeira, escolhemos o tempo de acordo com a Lua. Quando queremos criticar uma pessoa distraída, dizemos que "mora no mundo da Lua." Ela já faz parte da Terra e me dá a impressão duma filha que se mudou da casa de sua mãe para lugar perto, de onde podem conversar da janela...

— Bem pensado, é assim mesmo, vovó — concordou a menina. Vivemos em perfeita intimidade com a Lua...

— E o tamanho dela, vovó? — perguntou Pedrinho.

— Três mil e duzentos quilômetros de diâmetro — a distância que vai de São Paulo à ilha Marajó, ida e volta. Seu volume equivale à sexta parte do da Terra; e seu peso, à oitava parte.

— E a distância da Terra à Lua?

— Cerca de 400 mil quilômetros — coisa de nada, em comparação com as distâncias astronômicas. Está tão perto que mesmo a olho nu vemos a sombra de suas montanhas. Ao telescópio aparece-nos com muitos detalhes; podemos distinguir perfeitamente as crateras dos antigos vulcões — algumas bem maiores que todas as crateras que há por aqui. A que recebeu o nome do astrônomo Copérnico tem 90 quilômetros de largura e quase 5 de profundidade.

— E as manchas que vemos? Serão realmente montanhas?

— Sim. São cadeias de montanhas, como as nossas, algumas com picos ainda mais altos que o Everest. Entre essas montanhas há planícies extensas, com uma ou outra cratera, que erradamente foram tidas como os mares da Lua. Os sábios levantaram o mapa da Lua com muitos detalhes e batizaram todas as montanhas, crateras, e planícies. Infelizmente a Lua não é habitada, nem tem vegetação.

— Por que não é habitada?

— Porque não possui atmosfera, nem água. Por não ter atmosfera a temperatura varia enormemente durante o dia, havendo diferenças de 400 graus F., do meio-dia para a tarde. Também por esse motivo as noites da Lua, que são de duas semanas, esfriam horrivelmente; a temperatura desce ao zero absoluto. Sendo menor que a Terra, a Lua possui força de atração menor, de modo que lá tudo se torna seis vezes mais leve que aqui. Pedrinho pesa 3 arrobas; na Lua não pesará mais de meia...

— Vimos isso na nossa viagem ao céu — recordou Emília com saudade. Para correr e saltar é uma delícia...

— Realmente. Quem aqui na Terra dá um pulo de dois metros, com a mesma força dá um de doze metros na Lua. Infelizmente a Lua não tem ar, e por isso nunca terá a honra de receber turistas daqui.

— Isso, não, vovó — objetou Pedrinho. Podemos levar ar líquido para as nossas necessidades de ar gasoso lá. Tenho esperança de que ainda em meus dias o homem invente meios de excursão à Lua. Todos-os romances de Júlio Verne já estão realizados, deixaram de ser fantasia; por que o seu livro "Da Terra à Lua" também não há de realizar-se?

— Tudo pode ser, meu filho, tudo pode ser...

— E essa história de fases da Lua, vovó? — quis saber a menina.

— A Lua não tem luz própria, como o Sol — disse Dona Benta; apenas reflete a luz do Sol. Quando está entre a Terra e o Sol, a parte iluminada nós não a vemos; mas assim que começa a afastar-se do Sol, começa a aparecer para nós um pedacinho da parte iluminada, que vai crescendo, crescendo...

— Ah! Lua Crescente quer dizer que a parte iluminada vai crescendo ...

— Isso. Vai crescendo; cada noite nós a vemos maior, até que vira Lua Cheia, isto é, o momento em que vemos a sua face totalmente iluminada. Depois começa o reverso, e uma semana depois só vemos meia face iluminada.

— É o Quarto Minguante.

— Sim. Vai minguando a parte iluminada até que desaparece de todo, e temos...

— A Lua Nova.

— Isso. E da capo. Principia a aparecer uma partezinha iluminada em forma de crescente, e essa parte iluminada vai crescendo até chegar ao...

— Quarto Crescente, e assim por diante — concluiu Pedrinho que era muito entendido no assunto. São as chamadas "fases da lua", vovó. Isso eu sei desde que nasci. Temos uma fase cada semana, porque o giro da Lua é de 21 dias, ou três semanas.

— Muito bem. E podemos fazer uma experiência que torna isso muito claro. Basta que você tome a sua bola de futebol e se coloque diante do lampião. Sua cabeça ficará sendo a Terra; a bola ficará sendo a Lua; e o lampião, o Sol. Peito isto você dará uma volta completa, sempre a segurar a bola na altura do nariz. As fases da Lua ficarão perfeitamente demonstradas nessa experiência.

Foram fazer a experiência na sala de jantar e tudo deu certinho.

Depois Dona Benta falou dos eclipses.

— O eclipse dá-se quando a Lua esconde o Sol ou a Terra esconde a Lua, conforme a, posição em que se acham entre si. Se a Lua esconde o Sol, temos o Sol eclipsado, isto é, escondido, tapado; e se é a Terra que esconde a Lua temos um eclipse da Lua. Repita a experiência da bola, Pedrinho, para vermos o eclipse.

Pedrinho tomou a bola e ergueu-a à altura do nariz, defronte do lampião. A sombra da bola caiu sobre seu rosto.

— Veja — disse Dona Benta. A bola (Lua) está entre o lampião (Sol) e a cara de Pedrinho (Terra), de modo que a cara de Pedrinho está na sombra, ou está eclipsada, sem receber luz direta do lampião. Que espécie de eclipse é esse?

— É eclipse do lampião — disse Emília.

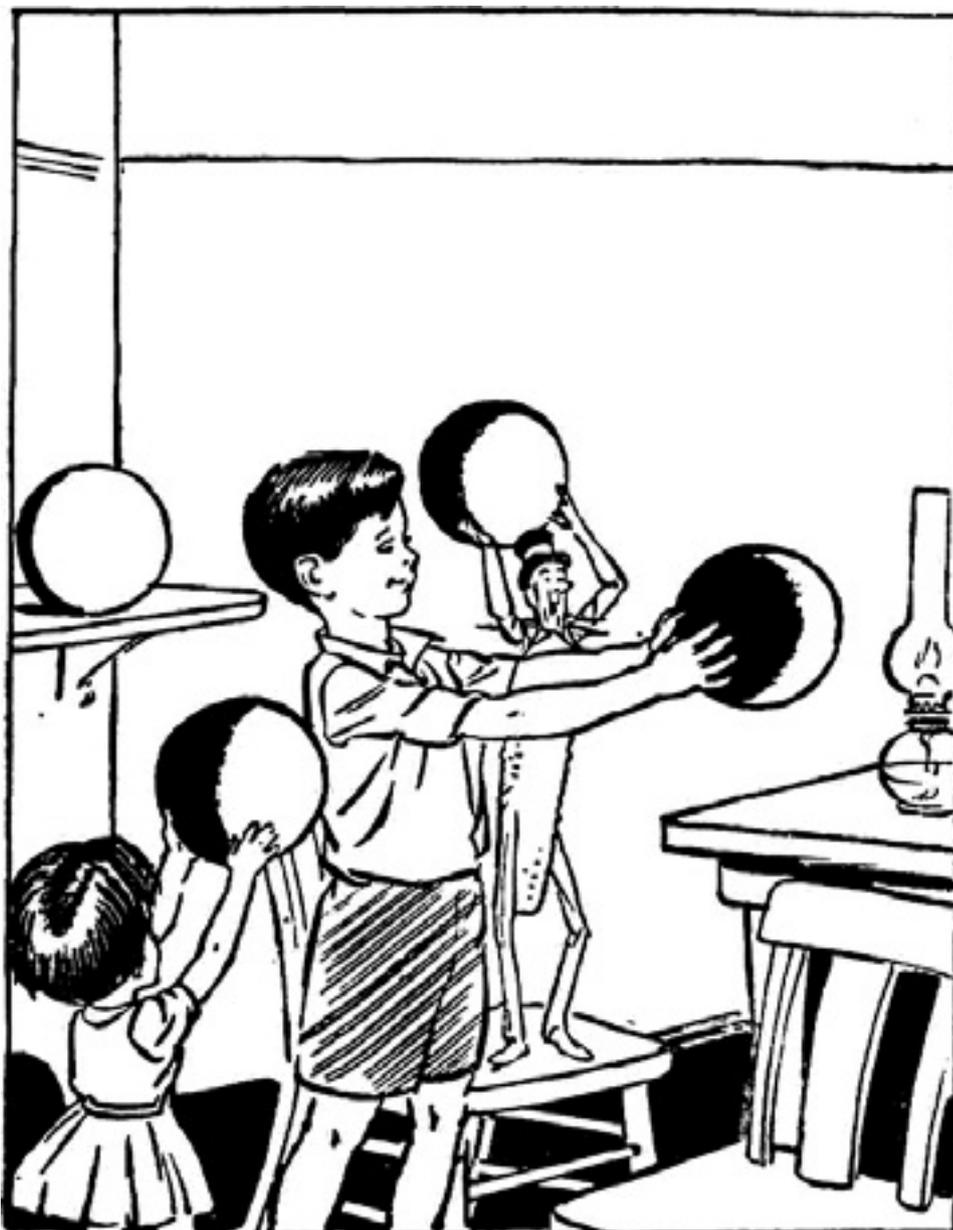
— E que é o lampião?

— O Sol — respondeu Narizinho. A experiência está mostrando como se dá o eclipse, ou o escondimento, para nós aqui da Terra.

— Bem. Agora Pedrinho vai dar meia volta ... Pedrinho deu meia volta, ficando com a cabeça entre a bola e o lampião.

— Que espécie de eclipse se formou? — inquiriu Dona Benta.

— O eclipse da bola — berrou Emília. A cabeça de Pedrinho não deixa que a luz do lampião bata na bola.



*Foram fazer a experiência na sala de jantar e tudo deu certinho.*

— Pois é isso. Mas apesar de tratar-se duma coisa tão à-toa e compreensível, vocês não imaginam como os eclipses têm assustado o homem. Até hoje na Índia a gente supersticiosa diz que o eclipse se dá quando o dragão Eahu engole o Sol... Mas entre os efeitos da Lua sobre a Terra há um muito importante, que me esqueci de mencionar: as marés. Quem sabe o que é maré?

— Eu! — gritou Pedrinho. É um levantamento, uma inchação do mar, que acontece todos os dias.

— Isso mesmo. Todos os dias, durante seis horas, o mar cresce e avança terra a dentro, cobrindo toda a areia das praias. Depois leva outras seis horas a baixar.

Quando o mar cresce, temos a maré alta, e quando se afasta temos a

maré baixa.

— E como se explica isso?

— A hipótese mais aceita é que as marés são causadas pela força de atração da Lua e do Sol sobre a Terra. Quando a Lua e o Sol estão do mesmo lado, como na Lua-Nova, a força de atração da Lua e do Sol se somam — e essa soma puxa a Terra.

Mas puxa com pouca força, que não dá para influir em toda a massa da terra, e sim apenas na parte líquida, nos mares, os quais incham com o puxão. E temos uma, forte maré. Mas a Terra gira ao mesmo tempo que a Lua gira em redor dela, e de modo que a maré vai mudando de lugar até fazer a volta completa. Cada ponto do mar tem sua maré alta e sua maré baixa de 12 horas e 26 minutos em 12 horas e 26

minutos. Durante a Lua Cheia e a Lua Nova a força de atração do Sol e da Lua estão na mesma linha, de modo que as marés são mais fortes. As marés têm grande importância na navegação, por causa da entrada e saída dos navios nos portos.

Também influem na boca dos rios e canais; as invasões da água do mar, com as areias que trazem, obrigam o homem a um constante trabalho de dragagem, isto é, de remoção dessa areia. Influem ainda na indústria das ostras e mariscos, os quais só podem ser apanhados na maré baixa. E há uma velha idéia entre os engenheiros: aproveitar a força das marés. Nos Estados Unidos está sendo estudada uma construção muito engenhosa, como se vê desta gravura.

E Dona Benta mostrou aos meninos um desenho assim:



MARÉ ALTA



MARÉ VAZANTE



MARÉ BAIXA

## CAPÍTULO XIX - COMO A TERRA SE FORMOU

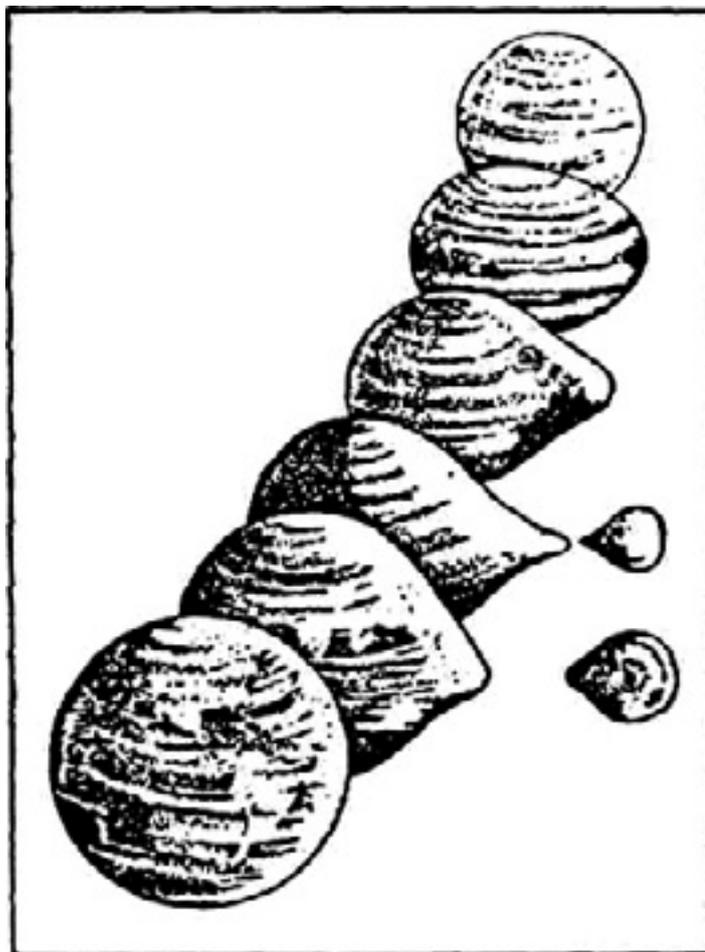
No DIA SEGUINTE Dona Benta falou da formação do nosso sistema solar. — Neste assunto, meus filhos, só temos hipóteses — disse ela; a certeza é impossível. Das hipóteses apresentadas pelos sábios a mais aceita hoje é a planetesimal. De acordo com essa hipótese todos os corpos do nosso sistema solar, isto é, o Sol, os planetas, os satélites, os asteróides, os meteoros e meteoritos, sobre os quais já conversamos, faziam parte dum enorme astro — uma estrela. Essa estrela andava rodando pelo espaço infinito, como fazem todas as estrelas, até que um dia se aproximou demasiadamente de outra, também enorme, e sofreu a influência da sua atração.

Tão violenta foi essa atração que se produziram em nossa estrela imensas marés, as quais, combinadas com explosões também provocadas pela atração da outra estrela, fizeram que grandes massas fossem arrancadas de seu corpo e lançadas no espaço. Disso resultou uma nébula, como aquelas de que já falei, porém muito menor. No meio ficou um grande núcleo composto do resto da estrela, e em redor, em meio de nuvens de gases, ficaram os pedaços menores da estrela. Mas a, estrela distante que causou aquele distúrbio afastou-se, diminuindo assim a sua força de atração. A força de atração predominante ficou sendo a do grande núcleo da nossa estrela, em redor do qual os seus fragmentos começaram a regirar, e essa rotação impediu que os pedaços fossem incorporar-se ao grande núcleo que os atraía.

Quando você, Pedrinho, amarra um barbante numa laranja e a faz descrever círculos no ar, que acontece?

— Acontece que ela gira — respondeu o menino, sem compreender o alcance da pergunta.

— Está claro que gira. Mas que acontece? Que sente na mão que segura o barbante?



*Formação da Terra.*

— Sinto um puxão. A laranja quer fugir do círculo — e se eu largo do fio, foge mesmo, seguindo em linha reta.

— Quer dizer que só há rotação enquanto você a tem segura pelo fio. Pois bem: a força de atração do núcleo da estrela era esse fio que força a laranja a rodar, era o barbante que amarrava todos os fragmentos, impedindo-os de caminharem em linha reta. Na rotação desenvolve-se uma força chamada centrífuga, que faz o corpo afastar-se do centro. Essa força centrífuga é a causadora da laranja seguir em linha reta quando você solta o barbante. E o barbante, puxando a laranja, é a força centrípeta que chamamos atração. Centrípeto quer dizer que puxa para o centro.

Desse modo aqueles fragmentos não pararam mais de regirar em torno do núcleo, em consequência do equilíbrio dessas duas forças: a centrífuga, que os afastava do núcleo, e a centrípeta, que os puxava, para ele. Com o tempo os pedaços maiores foram absorvendo os menores, como hoje a Terra absorve milhões de fragmentos ainda perdidos pelo espaço — os meteoros e meteoritos. E ficaram unicamente os planetas atuais, todos regirando em torno do grande núcleo da estrela diminuída — pelo Sol.

— A hipótese é boa — disse Pedrinho — porque por mais que a gente

pense não encontra explicação mais razoável.

— Pois esta hipótese, meu filho, veio atrapalhar muita coisa que a ciência tinha como certa. A ciência caminha assim, pulando de hipótese em hipótese. Quando surge uma hipótese mais bem fundamentada que a anterior, vai para o trono e a velha vai para o lixo.

— Que hipótese foi banida pela tal hipótese planetesimal? — indagou Pedrinho.

— Uma delas foi a do fogo central da Terra, com a crosta sólida por cima. Essa hipótese ainda está muito espalhada, mas aos poucos vai sendo roída pela nova.

— Então tudo aquilo que o Visconde nos ensinou na Geologia está errado?

— Não digo que esteja errado, meu filho; só digo que aquela hipótese está sendo atacada e roída pela hipótese nova. Por esta hipótese nova o centro da terra não é formado de matéria em fusão — é sólida.

— Então não vale a pena estudar, vovó — disse Narizinho, aborrecida. A gente custa a aprender uma coisa, e quando aprende e fica na certeza de que está com a verdade, vem uma peste de hipótese nova atrapalhar tudo. E toca a aprender de novo...

— A verdade, minha filha, é uma coisa mais lisa que peixe. Quando julgamos tê-la segura, ela nos escapa, nos escorrega das mãos. Verdade é o que nos parece certo — e se depois de estarmos convencidos duma certeza vem uma hipótese que nos parece mais certa, somos obrigados a deixar que o peixe nos escorregue das mãos para pegar outro.

— Que razões apresentam os "planetesimais" contra a hipótese velha, tão espalhada e tão cômoda? — perguntou Pedrinho.

— Várias. Se a terra fosse líquida no centro, dizem eles, os terremotos não se transmitiriam dum lado para outro, como acontece. Também afirmam que se a Terra tivesse o centro líquido, já teria parado de girar há muito tempo.

— Por quê?

Em vez de responder, Dona Benta gritou para tia Nastácia que trouxesse dois ovos, um fresco e outro cozido. Minutos depois, quando os ovos apareceram, mandou que Pedrinho os fizesse regirar sobre si mesmos, como se fossem piões. Pedrinho foi para a mesa e viu que o ovo duro regirava perfeitamente, mas o ovo fresco dava umas voltas e parava.

— Que coisa esquisita, vovó! Um ovo obedece ao meu impulso e gira uma porção de tempo. O outro resiste — não há meio... Será por que está quente?

— Não, meu filho. Isso acontece porque um é sólido por dentro e outro é líquido.

Essa experiência mostra que se a Terra tivesse o centro líquido não giraria sobre si mesma...

Pedrinho abriu a boca e Dona Benta continuou.

— A nova hipótese diz que durante o tempo em que a nébula formada pelo derrame da estrela se fixou na forma dos planetas atuais, um dos pedaços passou a ser a nossa Terra — mas muito menor que hoje. A Terra foi crescendo à custa dos meteoritos que constantemente caíam sobre ela, como ainda acontece, embora em menor quantidade. Naquele tempo a superfície da Terra não passava de massa porosa, solta. O que nela caía, espetava-se como pedrinhas que você joga de encontro a uma bola mole de barro.

— Engraçado! A Terra foi crescendo à custa de pelotadas...

— Sim. E no começo era pequena demais para ter a atmosfera que tem hoje. Mas com o crescimento operado por meio da constante queda de meteoritos, também cresceu a sua força de atração — e ela pôde aumentar a sua camada atmosférica até tê-la do tamanho atual. Essa atmosfera continha muito vapor d'água, o qual se foi condensando e caindo em chuvas. Parte da água evaporava-se de novo e parte corria em torrentes para as depressões, dando origem aos mares. Mas a começos de mares apenas. A maior quantidade da água ainda se conservava suspensa na atmosfera, em estado de vapor. Com o resfriamento esse vapor da atmosfera foi diminuindo e a água dos mares aumentando.

— Sim senhora! Está bem aceitavelzinha a hipótese — murmurou o menino. Vou adotá-la.

— Com o aumento da massa da Terra — continuou Dona Benta, surgiram três grandes processos modificadores da superfície, que os sábios chamam: vulcanismo, gradação & diastrofismo.

— Lá vem! Lá vêm eles com tais termos! — exclamou Narizinho. Vulcanismo e gradação parece que entendo — mas o tal di-as-tro-fis-mo está me desafiando.

Que palavra feia!

— O vulcanismo — explicou Dona Benta, é isto: No começo o interior da Terra não estava como está hoje. Como a massa do planeta fosse crescendo, a sua gravidade foi aumentando, e o puxão que essa gravidade em aumento dava no material também aumentava a pressão. Essa pressão produzia muito calor, mas era grande demais para permitir que as rochas aquecidas se liquifizessem, de modo que a superfície permanecia relativamente

inalterada. Mas quando rupturas, ou escorregamentos, ocorriam num ponto, a pressão se aliviava em outros pontos, e a diminuição de pressão permitia que algum material superaquecido se derretesse.

Tal material derretido era forçado para cima por duas causas: a expansão da matéria e a força de atração da Lua.

— Que tem a Lua a ver com isso?

— Já vimos que a força de atração da Lua mexe com as massas líquidas. Lembre-se das marés, Pedrinho. De modo que havia a expansão e a Lua para puxarem até à superfície o material derretido. A expansão da matéria você sabe que a torna menos densa, mais leve — e o que é leve tende a subir.

— E subia por onde?

— Pelas fendas abertas. Subia e chegava à superfície sob forma de violentos jactos ou calmos derrames de lava. Surgiram então os vulcões. Vulcanismo é isso. Graças a ele, grandes massas de lavas eram expelidas pelas crateras. Muita lava, porém, não tinha força para chegar até em cima por endurecer pelo caminho. Por isso encontramos no seio dos montes as tais intrusões de rocha eruptiva que o Visconde mostrou. Outro efeito do vulcanismo está no aumento dos gases da atmosfera.

— Bem. Vulcanismo está sabido. E a gradação?

— O processo da gradação é o que estudamos na geologia com o nome de erosão.

Depois que a Terra adquiriu atmosfera, as partes mais altas começaram a ser desgastadas — esse desgaste é a tal gradação.

O processo da gradação não passa da erosão e do transporte do material erodido de um ponto para outro, pela ação carregadora das águas, dos ventos e das geleiras. Os materiais mais solúveis eram levados para os oceanos, e o resto ficava pelo caminho. Desse modo a gradação foi desfazendo os montes e abrindo os vales, trabalho que ainda hoje podemos observar. Grandes mudanças se operaram na superfície da Terra — e continuam a operar-se.

A Serra da Mantiqueira, por exemplo. Quem vai de S. Paulo ao Rio corta o imenso Vale do Paraíba, hoje coberto de lindos arrozais, e vê lá longe a muralha azul das montanhas. Essa cadeia de montanhas é a mãe: o vale é o filho. Quando a Mantiqueira surgiu devia ser altíssima, porque toda a terra que forma o grande aterro do atual Vale do Paraíba saiu dessa cadeia de montanhas. A primitiva Mantiqueira foi-se desgastando pela erosão, foi minguando em altura e corpo, à proporção que o vale ia se formando pelo aterro. Hoje nos parece uma grande cadeia de montanhas, mas na realidade

não passa de fração do que foi.

— E um dia estará igualada ao vale — disse Pedrinho.

— A tendência é essa, porque a gradação jamais interrompe o seu trabalho. Graças a ela formam-se as camadas sedimentárias dos aterros, à custa das pobres montanhas. O Everest ainda conta prosa hoje com os seus quase 9.000 metros; mas um dia terá zero metros.

— E o diastrofismo ?

— O processo que tem esse horrível nome explica o "torturamento" dos materiais da superfície por efeito dos puxões da gravidade. Três causas provocam o diastrofismo: 1) a desigual distribuição dos meteoros e meteoritos que foram caindo; 2) o deslocamento dos materiais pelo vulcanismo; 3) o deslocamento dos materiais pela gradação. Essas três causas desequilibravam a superfície da Terra, mas o diastrofismo restabelecia o equilíbrio, elevando-a nuns pontos e baixando-a em outros. Ele opera por meio da gravidade, puxando para o fundo os materiais mais pesados e erguendo os mais leves. Como os materiais do fundo dos mares são um pouco mais densos que os da terra, o diastrofismo levanta os continentes e afunda os mares, contrariando a obra da gradação.

— Estou compreendendo o tal diastrofismo, vovó. É simplesmente o nome feio com que os sábios xingam a deformação da superfície.

— Exatamente. O diastrofismo deforma, muda a forma. Espremeu os continentes, enrugou-os e fez surgirem as montanhas, as quais não passam de pregas. Durante essas espremeduras as rochas muitas vezes se rompem e deslizam umas sobre as outras, causando terremotos. Por isso os vulcões e terremotos são tão comuns nas cadeias de montanhas que beiram os continentes.

Por vezes o enrugamento ergueu, acima do mar, grandes camadas de rochas sedimentárias — e por isso vemos fósseis de peixes até em altas montanhas. Outras vezes essas camadas foram erguidas e baixadas sucessivamente, com intervalos de milhões de anos — como os fósseis encontrados nos mostram. Bom. Resuma o que eu disse, Pedrinho.

Pedrinho tossiu o pigarro e começou: — A superfície da terra veio mudando sempre, desde o começo. Primeiro, foi afundando à medida que caíam coisas do céu — os tais meteoritos. Mas as maiores mudanças vieram depois, causadas pelo vulcanismo, pela gradação e pelo tal diastrofismo, que não passa da ação da gravidade na sua fúria de equilibrar as rochas desequilibradas na superfície.

— Muito bem. Como você está vendo, a gradação e o diastrofismo produzem efeitos opostos. A primeira nivela; o segundo desnivela.

Calculam os sábios que o Mississipi lança no Golfo do México mais de 40 mil toneladas de aterro por hora.

Todos os mais rios da América fazem o mesmo, de modo que o nível dos Estados Unidos baixa de um centímetro cada 150 anos.

— Quer dizer que se o diastrofismo não atrapalhasse a gradação, ela carregaria para o mar toda a terra dos continentes que estão acima do nível do mar...

— Isso mesmo. Mas o diastrofismo enruga, empola o fundo dos mares tanto quanto a superfície dos continentes. Atrapalha tudo. Ergue aqui, levanta lá... às vezes a gradação trabalha sossegada por muitíssimos tempos, mas de repente o diastrofismo surge furioso e faz mudanças tremendas. Vinga-se. Um exemplo: cerca de um quarto da superfície da terra está hoje fora d'água; mas já houve tempo em que a gradação trabalhou em paz durante milhares de anos, conseguindo que só um oitavo da terra ficasse acima da água.

— Compreendo — gritou Emília. A gradação quer cobrir de água todas as terras e o diastrofismo não deixa. Viva o diastrofismo!

— Hoje os sábios imaginam que o diastrofismo está operando mais mudanças do que a gradação, de modo que há mais terra crescendo do que sendo levada para o mar.

Da erosão não falo porque o Visconde já tratou do assunto na geologia; mas notei que ele só se referiu à erosão causada pelas águas.

— E há mais erodidores? — perguntou a menina.

— Sim, muitos, embora mais fracos. Há as plantas. Árvores, como a figueira brava do tio Barnabé, que nascem na fenda das pedras e acabam rachando-as, praticam a erosão. A gravidade também produz erosão, porque está sempre puxando as coisas para baixo, fazendo-as cair. O que cai quebra-se, facilitando o trabalho dos outros processos.

— Na pedra do Barnabé — lembrou Pedrinho — a figueira começou a erosão rachando a pedra, e a gravidade continuou-a, fazendo que metade da pedra caísse sobre a estrada e se partisse em três, fora o farelo.

— Exatamente. E temos os animais, sobretudo o homem, que também erodem — deslocam as pedras daqui para ali, quebram-nas, moem-nas, furam o chão, *etc.* E

temos os agentes químicos, como o oxigênio, que é um danado para combinar-se com as rochas e desagregá-las. E temos ainda a ação química das plantas que produzem dióxido de carbono e mais substâncias. O dióxido também ataca as rochas.

— Coitadas! — exclamou Emília. Tudo se junta contra as pobres rochas,

apesar de viverem quietinhas no seu canto, sem fazer mal a ninguém. São umas verdadeiras mártires...

E Emília suspirou.

## CAPÍTULO XX - O SOLO

— MAS FIQUE sabendo, Emília — observou Dona Benta, que se não fosse a erosão não haveria nem plantas nem animais terrestres — isto aqui por cima seria um pedregal sem fim.

— Como?

— Muito claro. Para haver animais é preciso haver plantas, porque os animais não passam de simples parasitas das plantas. Mas para haver plantas foi necessário que as rochas se esbrugassem e permitissem a formação disso que chamamos solo.

— Está aí uma coisa em que nunca pensei — disse Pedrinho — na formação do solo. Como é?

— É muito interessante a formação do solo, ou isso que chamamos "terra" e onde as plantas nascem. Para bem explicar o fenômeno proponho um passeio à Pedra Redonda.

Pedra Redonda era o nome duma pedreira que havia no sítio, lá dos lados do Morro Velho. Esse morro sofrerá um grande desbarrancamento, e como dentro existisse muita pedra, as chuvas foram levando a terra moída e deixando as pedras de fora. Havia uma duns três metros de altura, a tal Pedra Redonda, e várias outras em redor, mas igualmente sem quinas, irregularmente arredondadas.

Chegados à pedreira, Dona Benta continuou: — Suba à Pedra Redonda, Pedrinho, e veja o que há em cima.

O menino subiu e examinou a superfície.

— Não há nada, vovó; isto aqui até parece a careca do Doutor Ximenes.

— Examine melhor, meu filho. Tenho certeza de que há líquens nessa pedra.

— Isso há, vovó. A pedra toda está incrustada de manchas cinzentas, ou líquens, como a senhora diz.

— Pois aí está o começo do solo em que as plantas crescem — disse Dona Benta. A coisa começa assim. Esses líquens agarram-se às pedras e formam uma camadinha orgânica. Vão nascendo e morrendo, e quando morrem deixam ali seus restinhos mortais — essa massa preta que há debaixo dos líquens. Depois aparecem os primeiros musguentos.

— O veludo das pedras, como diz Emília.

— Sim. Aparece esse musgo de veludo e muitos outros, tudo misturado. São plantinhas que agem quimicamente e vão dissolvendo partículas da rocha e aumentando o solo preto que os líquens começaram a formar.

Assim que essa camadinha aumenta, surgem plantas mais desenvolvidas, como as pequenas samambaias, os fetos das pedras. E vêm as avencas. E vêm as begônias. E a camada de solo vai aumentando e vão vindo plantas cada vez maiores. Um dia um passarinho deposita ali a semente duma figueira brava — e uma enorme figueira brava cresce, envolvendo a pedra em que nasceu, e as vizinhas, nos terríveis abraços das suas raízes. Se há nas pedras algumas rachas, essas raízes penetram por elas, e, como vão engrossando, vão fazendo pressão até que separam em duas ou mais partes a pedra rachada.

— A figueira grande, lá perto da casa do Barnabé, fez isso — informou Pedrinho; rachou ao meio uma pedra enormíssima que ficava acima do barranco. Barnabé lembra-se da noite em que a metade da pedra desabou sobre a estrada, fazendo um barulho surdo, que o assustou. O caminho teve de ser desviado para outro ponto.



*Examine melhor, meu filho. Tenho certeza de que há líquens nessa pedra.*

— Pois essa figueira — explicou Dona Benta — começou pequenininha como estou explicando. Houve primeiro uma camada de líquen, que preparou um solinho para o musgo. O musgo cresceu e preparou uma camadinha mais grossa de solo para as samambaias e demais — e também para que a semente de figueira trazida por um passarinho pudesse germinar e crescer. E durante anos aquela figueira continuou a crescer, a emitir raizinhas que pareciam fios, enquanto longe do chão. Alcançado o chão, esses fios engrossaram e a figueira se desenvolveu na grande árvore que boje é — e ficou tão forte que partiu ao meio a poderosa pedra.

— Mas que paciência, vovó, não é preciso para um trabalho desses! — observou a menina.

— A força dos vegetais, minha filha, é a paciência. Eles não têm pressa,

Levam anos e anos para conseguir uma coisinha de nada — mas conseguem tudo quanto querem. A paciência vence os maiores obstáculos.

— Estou vendo — disse Emília. Figueira mole em pedra dura tanto dá que até fura.

— Não furou, boba, racbou só — corrigiu Narizinho.

— Pois bem: o solo vai se formando assim graças à paciência das plantinhas elementares, os líquens, os musgos, as samambaias e outras extremamente modestas — e os resíduos das que morrem formam os primeiros depósitos de humo. Também aparecem bichinhos que vêm morar ali, e o esterquinho deles aumenta a camada de humo. Enquanto isso, a contínua desagregação das rochas vai misturando nesse humo partículas da pedra — grãosinhos de areia, e essa mistura forma o solo. Quando nele começam a crescer árvores, os resíduos dessas árvores, folhas mortas, galhos secos etc., aumentam com maior rapidez a formação do humo — e cresce a camada de solo.

— O interessante, vovó, é que à medida que se vai formando o solo, as plantinhas que começaram o trabalho são expulsas dali. Isso mostra que a ingratidão não é própria dos homens, mas sim coisa da natureza.

— A gratidão é um sentimento moral e a natureza é amoral, isto é, ignora completamente o que seja moral. Os líquens e musgos realizam a sua missão e desaparecem afogados pela força das plantas maiores, que lhes tomam o lugar.

— Vão pregar em outra freguesia...

— Sim, mudam-se por intermédio dos ventos carregadores das sementes. Vão em busca de novas pedras sem nenhuma vegetação em cima. O destino deles é começar o trabalho da formação do solo, para que as plantas mais fortes possam desenvolver-se.

Mas como vêm, o solo é composto de matéria orgânica (resíduos das plantinhas e dos animais que vivem, e morrem ali) e também de matéria inorgânica — as areias e mais partículas da rocha desagregada. Variam de composição, portanto. Nuns predominam tais e tais elementos de rochas, e noutros predominam elementos diferentes, daí os solos arenosos e os solos argilosos, por exemplo. Os em que predomina a matéria orgânica, são soltos e leves. Nos lugares pantanosos o depósito de matéria orgânica, formado por sucessivas gerações de plantinhas, chega a formar camadas de muitos metros de espessura — e servem de combustível. É a turfa.

- E a erosão não carrega esse tal solo? — quis saber Pedrinho.

— Sim. Se ele permanece no lugar em que se formou, chama-se solo residual. Mas se pelas chuvas é levado para outros pontos, forma o

chamado solo de aluvião, ou aluvial. Naquela baixada perto do chiqueiro temos um exemplo bem claro. Há uma camada de solo preto de meio metro; logo abaixo começa a terra vermelha. É uma camada de solo que veio de outros pontos e foi sendo depositada ali pelas chuvas.

— E as plantas só nascem onde há solo?

— Sim. Elas exigem matéria orgânica, e só os solos a contêm. Daí o falar-se tanto em terras boas e más, ou cansadas. A terra boa é a terra fértil, isto é, de solo profundo e bem rico de matéria orgânica. Em solo assim todas as plantas crescem maravilhosamente — como aquele milho que plantei no Barro Branco. A terra má é a de solo de pouca espessura, ou pobre de matéria orgânica.

— E a terra cansada?

— É o solo que já foi rico de matéria orgânica, mas de tanto ser plantado empobreceu. Tem que ser adubado, isto é, temos de restituir-lhe a matéria orgânica e outros elementos que as plantas tiraram.

— Como tiraram? — objetou Pedrinho. Não são elas as formadoras do solo, as fornecedoras da matéria orgânica'?

— Sim, quando a coisa corre naturalmente; mas "agriculturalmente" tudo muda.

Ao modo natural uma planta nasce e morre no mesmo ponto, de maneira que seus resíduos ficam ali e se incorporam ao solo. Mas na agricultura o homem colhe — isto é, retira a planta inteira ou parte dela. Retira o capim, retira a alfaia, retira a cana, retira os pés de feijão, retira parte dos pés de milho (as espigas), retira os grãos de café, retira, as hastes do arroz. De maneira que toda a matéria orgânica do que foi retirado, em vez de incorporar-se ao solo, tem outro destino — e o solo fica no logro — fica diminuído das substâncias que emprestou à planta, certo de que ela lhe restituiria com juros, mas que o homem tirou dali.

— Que ladrão! — exclamou Emília. Dona Benta riu-se.

— Mas há ladrões conscienciosos, Emília: os lavradores que todos os anos adubam suas terras. E porque são conscienciosos, prosperam mais que os sem consciência — os que tiram e não põem.

— Chico Pirambóia é assim — disse Pedrinho. Nunca estercoou um palmo de terra — e por isso aquilo lá é só samambaia e sapé, e anda descalço, fedendo pinga e a querer impingir nos outros a égua lazarenta...

— Já Manuel da Ilha — disse Dona Benta, nunca deixa de usar adubos. Apesar de ignorantão, sabe conduzir muito bem a sua fazenda.

— E anda de botas com esporas de prata — acrescentou Emília, e tem a besta ruana, linda, e aquele cavalo pampa tão gordo, e fuma cigarros da

cidade e só bebe cerveja.

— Isso prova, Emília, que o adubo não somente prospera as plantas como também o homem que as cultiva. As botas do Manuel, suas esporas reluzentes, a besta ruana, o pampa e a cerveja que ele bebe, tudo vem daquela esterqueira construída perto do curral grande...

## CAPÍTULO XXI - RIQUEZAS DO SUBSOLO

NAQUELE DIA a lição acabou no solo; no dia seguinte começou pelo subsolo, que é a parte que fica embaixo do solo.

— Nesse começo — disse Dona Benta — os homens só viviam e só se utilizavam das coisas produzidas pelo solo, ou que estão no solo — e ainda hoje é assim na maior parte do mundo, e também aqui na nossa terra. Mas com a ciência que se desenvolveu nos países mais adiantados o homem começou a sondar as entranhas da terra e a extrair de lá muita coisa preciosa. Vamos ver quem sabe: qual a coisa mais preciosa que o homem extrai do subsolo?

— Ouro — disse Narizinho.

— Energia — emendou Dona Benta. A coisa mais preciosa, isto é, de mais valor que o homem extrai da terra, não é o ouro, sim a energia potencial que reside no carvão de pedra e no petróleo. Qual o valor do ouro, anualmente extraído do fundo da terra? Meio bilhão de dólares. E o valor do carvão e do petróleo? Trinta ou quarenta vezes isso.

— Que diferença! — exclamou o menino, admirado.

— Sim, a diferença é enorme. O valor maior é a energia. Em seguida vêm os metais, como o ferro, o cobre, o chumbo, o estanho, a prata, o ouro, *etc.* E ainda outras substâncias de muita aplicação na indústria. Mas a grande coisa é a energia potencial que a indústria transforma em energia mecânica. Mas se a energia potencial do carvão e do petróleo são as mais valiosas, não: quer dizer que sejam as únicas. Do fundo da terra brota espontaneamente muita energia sob formas, infelizmente inúteis para o homem. A energia dos vulcões, por exemplo. Se pudéssemos aproveitar, armazenar a energia dum vulcão em atividade, teríamos forças para consumir durante séculos. Outra fonte de energia são os gêiseres, ou fontes naturais de água quente.

— Mas podem os gêiseres ser aproveitados? — indagou Pedrinho.

— Podem, não há dúvida, mas só localmente e em pequena escala, porque não há muitos gêiseres no mundo. Já o carvão de pedra e o petróleo existem quase que por toda parte.

— É verdade que o carvão não passa de madeira?

— Sim. Os grandes depósitos de carvão de pedra que o homem tem descoberto em tantos países já foram enormes florestas em lugares pantanosos, vivinhas e verdinhas. As árvores iam nascendo, crescendo e morrendo. Os troncos atolavam-se no pântano, formando camadas de

restos mortais. Um dia esse pântano sofreu mudança: foi abaixado por efeito daquele diastrofismo sobre que já falei. A erosão, essa infatigável fazedora de aterros, o cobriu de espessas camadas de areia ou argila. Mas vem de novo o diastrofismo e ergue toda aquela massa de camadas — e na superfície forma-se novamente solo e crescem novamente florestas. Mas de repente...

— Já sei — disse Pedrinho: de repente o tal diastrofismo abaixa outra vez a terra e a erosão cobre outra vez de areia a nova floresta.

— Exatamente. Isso explica, o encontro de várias camadas de carvão superpostas, separadas entre si pelas camadas de aterro.

— Mas como as florestas enterradas se transformaram em carvão?

— Diversos fatores trabalharam nisso: a pressão do aterro, certas bactérias, o calor desenvolvido pelo peso do aterro.

— E a espessura das camadas? — quis saber Narizinho.

— Varia muito. Na França e na Índia foram descobertas camadas com sessenta e tantos metros de espessura! Quando a pressão é muito grande, esse mesmo carbono do carvão de pedra vira diamante.

— Que coisa esquisita! — exclamou a menina. Um, tão preto e feio — o outro, maravilhosamente lindo, e filhos do mesmo pai...

— Filhos, não — contestou Dona Benta. O carvão é carbono e o diamante também. Constituem um mesmo corpo sob formas diferentes. Mas o carvão é encontrado em todos os continentes. Na América do Norte existe em imensas quantidades, e na Inglaterra também — sendo por isso que a Inglaterra e os Estados Unidos ganharam tão grande distância sobre outros povos. Povo que não tem, ou não explora, carvão ou petróleo é povo sem indústria e pobre.

— E nós? Temos carvão?

— Temos, sim, no sul, no Paraná, em Santa Catarina, no Rio Grande e em outros pontos, mas fracamente explorado ainda. É possível que tenhamos ótimo carvão em jazidas ainda não descobertas. As que estão descobertas e trabalhadas parece que o não produzem de primeira qualidade; por isso ainda importamos bastante carvão dos Estados Unidos e da Inglaterra.

As reservas de carvão existentes no mundo vão se acabando, visto que o consumo é enorme. E o pior não é ser enorme o consumo; é a pequena parte da energia que o homem aproveita.

— Como? Por quê?

— Há as perdas. Um terço de cada tonelada de carvão se perde ao ser minerado e no transporte: e quando é queimado, só um terço da energia desenvolvida produz trabalho útil; de modo que cada 1.000 quilos de

carvão só é utilmente aproveitada a energia duns 300 quilos.

— E por que o homem não corrige isso?

— Está corrigindo. A perda já foi muito maior — mas o problema não é tão simples como parece. Já no petróleo o aproveitamento da energia é maior. Mas não falo dele porque cansamos de lidar com petróleo em "O Poço do Visconde".

— E o tal gás natural, vovó?

— É outra excelente fonte de energia. O gás natural aparece com freqüência nas regiões de petróleo, e serve como fonte de calor e luz. Os mesmos usos do gás obtido com a destilação da hulha.

Bem. Até aqui só falamos dos produtos do subsolo que dão energia. Mas temos outros produtos valiosíssimos — os minérios e metais.

— Isso já aprendemos na Geologia — disse Pedrinho. As rochas se compõem duma mistura de vários minerais.

— Exatamente. O gramenito, por exemplo, compõe-se de quartzo, feldspato e mica, em mistura que os deixa perfeitamente visíveis. A uma rocha que contém um ou mais metais damos o nome de minério, do qual um dos característicos é haver quase sempre a combinação dum metal com o oxigênio ou enxofre. De todos os metais, qual é o mais precioso? Quem sabe?

— O ouro, disse Narizinho.

— Parece mas não é. O metal precioso por excelência é o ferro, embora no mercado um quilo de ouro alcance preço muitíssimo maior que uma tonelada de ferro. O ferro é o mais precioso porque é o mais útil, o mais abundante e a matéria fundamental da civilização.

— Por quê?

— Porque o ferro é a substância com que o homem constrói suas máquinas, e é da máquina que vem o progresso, a riqueza, a civilização. Mas o ferro raramente é encontrado puro, e mesmo depois de produzido nos altos fornos ainda não fica perfeitamente puro: está sempre combinado com um pouco de carbono.

— E depois do ferro?

— Depois do ferro o mais útil dos metais, é o cobre, ou pelo menos o mais largamente empregado, sobretudo nas instalações elétricas. A eletricidade é conduzida de um ponto para outro por meio de fios de cobre. Outra grande aplicação do cobre é para rebites de navios e vasilhame.

— Aqui em casa temos aquele tachão de cobre em que tia Nastácia faz goiabada.

Mas as alças são de outro metal, mais amarelado.

— Latão, ou seja uma liga de cobre e zinco. O bronze, tão empregado para as estátuas, é também uma liga de cobre e estanho. As vasilhas de cobre tiveram muito uso antigamente; hoje estão sendo abandonadas.

— Por quê?

— Por causa do azinhavre, ou oxido de cobre, que é venenoso. O vinagre e o caldo das frutas ácidas também se combinam com ele, produzindo substâncias nocivas.

Panelas e o mais de cozinha é tudo agora feito de ferro, simples ou esmaltado, e de alumínio.

— Por falar em alumínio, que metal é esse?

— O alumínio não existe na natureza no estado em que o homem o emprega. Tem de ser extraído da argila ou de certas rochas. A sua maior vantagem está na leveza.

— E o ouro? — perguntou Narizinho.

— Ah, o ouro é o mais belo de todos os metais, com a sua linda cor amarela. Tem a vantagem de não oxidar-se e também de ser extremamente maleável. Com ele fazem-se as folhas mais finas que existem no mundo, e fios que batem a teia das aranhas. Um metal curiosíssimo é o mercúrio — o único que na temperatura comum se conserva líquido. Só se solidifica a 39 graus abaixo de zero. Às vezes é encontrado puro; outras vezes, combinado com o enxofre. Sua densidade é tão alta que todos os outros metais, inclusive o chumbo, flutuam nele. Tem muito emprego nos laboratórios. Os barômetros e termômetros são feitos com mercúrio, e os espelhos têm a face interna revestida duma camadinha de mercúrio e estanho.

— É o tal aço dos espelhos — lembrou Pedrinho.

— E na arte dentária serve para a obturação dos dentes, numa mistura com prata e estanho. Outro metal curiosíssimo é o rádio, cuja propriedade principal consiste em emitir luz, calor e vários tipos de raios. Quando o rádio se decompõe, surgem dois elementos que nada se assemelham entre si, nem com ele: hélio e chumbo.

Como foi descoberto há pouco tempo, ainda está em estudos. É caríssimo, porque para obter um grama de rádio há necessidade de trabalhar 500 toneladas de minério.

— Que horror, vovó! Então quanto custa um grama de rádio?

— Nada menos de 70 mil dólares — ou 70 milhões de dólares o quilo.

— Setenta milhões? — exclamou Narizinho, assombrada. Um milhão de contos na nossa moeda? Ah, isso é uma loucura, vovó...

— Por causa, desse preço elevadíssimo, o comércio do rádio não se faz às toneladas, como o do ferro, nem aos gramas, como o do ouro — mas aos

miligramas. É atualmente a coisa mais rara e preciosa que há no mundo.

O rádio e o ouro, e outros de menor importância, são minerais metálicos. Há ainda os não-metálicos, como, por exemplo, o giz. O giz é um calcário formado de casquinhas de animálculos marinhos extremamente pequenos. A cal é outro calcário que obtemos queimando a pedra calcária; tem enorme emprego na construção de casas, para reboco ou caiação. A argila é uma combinação de alumínio, sílica, oxigênio, e água. Usadíssima para tijolos, manilhas, telhas, potes e panelas. A argila muito pura e sem ferro dá a porcelana. Um mineral interessante é o amianto, ou asbestos. Apresenta-se fibroso, como madeira apodrecida de pinheiro. As fibras dobram-se sem se quebrar e têm brilho. A principal propriedade do amianto é não ser afetado pelo fogo. Não derrete nunca. Daí a sua aplicação na defesa contra o fogo; tecidos para roupas de bombeiros, cortinas de teatro que separem o palco da platéia, tintas incombustíveis (em que ele entra em pó), *etc.* Quem tiver qualquer coisa a defender do fogo, embrulhe-a em amianto.

Temos depois os cristais cuja família é enorme. O cristal de rocha, de que há muito no Brasil, encontra grande aplicação na indústria da ótica. As lentes dos microscópios, dos telescópios e das câmaras fotográficas fazem-se com ele. Estas são as principais substâncias que o homem extrai do subsolo, para mil empregos na indústria. Como vocês vêem, há muita coisa de valor enterrada, por isso os povos que prestam atenção ao subsolo, e de lá arrancam esses minerais, enriquecem.

Cada ano os Estados Unidos extraem do seu subsolo riqueza no valor de 100

milhões de contos. Infelizmente cá no Brasil ainda não nos voltamos para o subsolo — apesar de o termos na mesma proporção que os americanos, já que o território dos dois países mais ou menos se equivalem.

— Por que é assim, vovó?

— Por vários motivos, meu filho. Lerdeza e ignorância do povo, falta de iniciativa bem orientada, ausência de técnica moderna, escassez de capitais — uma porção de coisas. Bom. Sobre a divisão das rochas em ígneas, sedimentárias e metamórficas não falo porque vocês sabem de cor, de tanto que mexeram com a geologia do Visconde. Dos fósseis também já sabem alguma coisa. Mas podemos dizer algo das pedras de construção. O homem sempre usou a pedra para construir moradias — e antes de construí-las já morava em casas de pedra.

— Como pôde ser isso?

— Morava em cavernas. Como naquele tempo não possuíssem o ferro

com que hoje quebramos, ou perfuramos, as pedras, tinham de contentar-se com as cavernas naturais. Mas a idade do ferro chegou e o homem pôde dominar a pedra — cortá-la em blocos regulares. Os romanos, os gregos e os egípcios foram grandes consumidores de pedra lavrada, que é como se diz. E desde então o homem nunca mais deixou de utilizar-se da pedra para os trabalhos de construção. A mais linda coisa que com ela fizeram foram as maravilhosas catedrais da Idade Média. Hoje está em voga a pedra artificial, que principia líquida e endurece na obra. O

cimento simples e o concreto (cimento misturado com pedregulho ou pedra britada) estão sendo cada vez mais empregados. Mas nem toda pedra serve para construções. Muitas se deixam esmagar pelo peso. As mais usadas são o granito, a ardósia, a areia e o calcário, sobretudo os mármore. A areia é menos dura que os calcários, e mais facilmente destrutível pela erosão, mas o seu emprego é enorme.

Impossível fazer a conta da quantidade de areia que o homem gasta por ano. Além do mais, abundantíssima e baratíssima. Custa o trabalho de recolher do fundo dos rios, ou de onde se ache. O granito resiste mais que qualquer outra pedra e se apresenta de várias cores. Hoje está sendo muito usado o granito polido, que possui um lindo brilho. O cimento é um pó feito por meio da calcinação da pedra calcária. Quando o misturamos com água, endurece como qualquer pedra natural.

O vidro! Está aqui uma substância que o homem não dispensa. Os empregos do vidro são variadíssimos. Óculos, vidraças, garrafas, tubos... se eu fosse enumerar todas as aplicações levava meia hora. Até casas inteirinhas de vidro já começaram a aparecer. Mas só modernamente sua aplicação se espalhou. Nos tempos antigos o vidro constituía uma preciosidade.

— E como se obtém o vidro?

— Derretendo a areia comum misturada com certas substâncias que contenham cálcio ou sódio, chumbo ou alumínio. Do emprego desta ou daquela substância depende o tipo de vidro que sai. No derretimento forma-se uma massa espessa, como a de pastel, e nesse estado pastoso o homem faz do vidro o que deseja: garrafas, grandes lâminas de que recortam os vidros para janelas e quadros. E até maravilhosos objetos de arte são feitos de vidro, como vocês poderão apreciar nas vitrinas das joalherias. O defeito do vidro é quebrar com facilidade; mas a indústria está fazendo grandes progressos na sua fabricação, de modo que muito breve teremos vidro flexível e inquebrável.

— Vidro inquebrável já há nos automóveis — disse Pedrinho.

— Não. Esse chamado vidro inquebrável é tão quebrável como o comum.

Poderemos chamar-lhe "vidro de segurança", porque é feito de modo que ao quebrar-se não espirra fragmentos em todas as direções, escangalhando com a cara dos automobilistas.

— Como é feito, então?

— De três lâminas superpostas, duas de vidro comum e a do centro de celulóide.

Por meio do calor e de forte pressão as três lâminas se ligam firmemente. Quando esse vidro se quebra, os pedaços não espirram, ficam colados ao celulóide. Vem daí a segurança. Bom, já falei das principais coisas que o homem retira do subsolo, por meio de escavações, minas em forma de galerias ou simples furos. Está claro que uma jazida mineral tem tanto maior valor quanto mais próxima está da superfície — por causa da economia da extração — isso porém não impede que o homem desça a boas profundidades, sobretudo para extrair petróleo. Há poços com mais de três mil metros de profundidade. Na mineração do ouro a companhia inglesa que explora os veios de Morro Velho, no Estado de Minas, já tem galerias a 2.200

metros de fundo. E com esses materiais o homem vai construindo a civilização. A base é o ferro e a energia que move as máquinas construídas de ferro. Se suprimirmos essas duas coisas, acaba-se o progresso e temos de voltar à vida do índio — com tangas, arcos e tacapes, vivendo da pesca e da caça, como os que habitavam nessas terras antes da chegada dos portugueses.

— E como hoje há muito pouco que caçar no mato, o remédio era cairmos na antropofagia, como os tupinambás que o Hans Staden descreve em seu livro — disse Emília.

Dessa vez os meninos concordaram com ela.

## CAPÍTULO XXII - METADE DO CAMINHO

No OUTRO DIA Dona Benta recebeu carta de Dona Antonica, sua filha, dizendo que as aulas de Pedrinho iam começar e que o mandasse imediatamente.

— Que pena! — suspirou Pedrinho, quando Dona Benta lhe trouxe a notícia.

Anda mamãe muito iludida, pensando que aprendo muita coisa na escola. Puro engano. Tudo quanto sei me foi ensinado por vovó, durante as férias que passo aqui. Só vovó sabe ensinar. Não caceteia, não diz coisas que não entendo. Apesar disso, tenho cada ano, de passar oito meses na escola. Aqui só passo quatro...

— E os serões de vovó ainda estão longe do fim — disse Narizinho. Só no capítulo eletricidade ela pretende nos ensinar um mundo de coisas.

— Eletricidade, acústica, ótica, biologia ... acrescentou o menino. A ciência é longa e a vida só tem quatro meses cada ano — as férias que passo aqui. Os oito meses de cidade são divididos assim: metade ruminando as últimas férias e outra metade arregalando os olhos, para as férias próximas. Ah, Narizinho, você que mora permanentemente com vovó aqui não imagina como este sítio é gostoso...

Enquanto Pedrinho arrumava as malas, chegou o Coronel Teodorico. Como os dois meninos andassem entregues aos preparativos e Dona Benta estivesse ocupada, quem o recebeu foi Emília.

— Dona Benta já vem, Coronel: está acabando uma carta para a mãe de Pedrinho.

O infeliz vai para a cidade hoje, sabe!

O Coronel não sabia; ficou sabendo, e enquanto esperava a sua comadre, deu uma prosinha com Emília. Era um fazendeiro ignorantão, mas um tanto presunçoso porque "tinha tido" dinheiro — e dos que não acreditam em ciência. Quando Emília lhe contou a história dos "serões científicos", o bobão deu uma risada irônica, e disse: — Eu ouço falar nessa tal história de ciência, mas o que sei é que os sábios são uns pulhas, uns sem vintém, ao passo que homens como eu, criados no trabalho e na ignorância, vivem gordos e fartos, com dinheiro no banco. A falar verdade, Dona Emília, não acredito muito nessa tal de ciência.

Emília, que já era um verdadeiro caraminguazinho de ciência, ofendeu-se com a bobagem e disse: — Parece que não acredita, Coronel, mas acredita tanto quanto nós. Quando o senhor deseja mandar fazer um

serviço qualquer, que camarada escolhe: um que sabe fazer o serviço ou um que não sabe?

— Está claro que escolho um que sabe, do contrário vem asneira e levo na cabeça.

— Logo, o senhor acredita na ciência desse camarada. Saber é ter ciência na cabeça.

— Bom, se a senhora considera isso ciência, então tudo muda. Quando falo de ciência não me refiro ao que a gente sabe, e sim a essas coisas que os livros dizem — essas lorotas.

— Dê um exemplo de lorota — pediu Emília.



*Quando Emília lhe contou a história dos "serões científicos", o bobão deu uma risada irônica.*

O Coronel ficou atrapalhado, porque como não lia livro nenhum ignorava as "lorotas" que vêm nos livros. E engasgou.

— Vamos — insistiu Emília. Cite uma lorota de livro...

O Coronel pensou, pensou e por fim disse: — Por exemplo, esse negócio da terra ser redonda.

Emília teve dó dele. Tamanho homem e tão burro ...

— Se não é redonda, Coronel, que forma tem? — perguntou a diabinha.

— A terra é montanhosa, não está vendo? — respondeu o camelão. A gente segue daqui até o Rio de Janeiro e que vai vendo? Várzeas e montanhas, mais montanhas do que várzeas — redondeza não se vê nenhuma.

Os argumentos da burrice são tão disparatados que até tonteiam uma pessoa instruída. Emília quis argumentar com o Coronel, mas não viu caminho. Por onde entrar dentro de semelhante quarto escuro? E ainda estava pensando numa resposta que o Coronel entendesse, quando Dona Benta apareceu.

— Desculpe, compadre, a demora — disse ela. Eu estava acabando uma carta à minha filha Tonica. Pedrinho volta para a cidade hoje. Escola...

— Já sei. Mas a comadre me perdoe se me meto na vida dos outros. Acho que andam ensinando demais a esse menino. Inda agora eu estava a discutir essa história de ciência com a Senhora Emilinha e contei-lhe que apesar de nunca ter aberto um livro me arranjei muito bem na vida e fiquei rico.

Dona Benta lembrou-se do caso do "conto do bonde"; sorriu e disse: — Nesta vida, compadre, a gente às vezes enriquece sem saber como nem porque — mas quando perde tudo quanto ganhou, é sempre por uma razão: ignorância.

Eu procuro ilustrar o espírito de Pedrinho não para que ele ganhe dinheiro, já que isso só depende de sorte, mas para que o não perca, se acaso ganhar. Para que não compre bondes ...

O Coronel avermelhou. Sempre que faziam alusões ao célebre caso dos quatro bondes por ele comprados no Rio de Janeiro, o Coronel ficava cor de pimenta. E

desconversou.

— Mudemos de assunto comadre. Cheguei aqui para lhe propor um negócio. A senhora colheu milho demais este ano e quero ver se me cede uns cinqüenta alqueires.

Pobre Coronel! Depois de ter ficado bastante bem com a venda de suas terras, mudara-se para o Rio de Janeiro e caíra nas unhas dos piratas,

voltando quase limpo. Estava agora recomeçando a vida num sítio comprado por ali, tão ruizinho que nem milho dava. A sorte o fizera enriquecer — a ignorância o reduzira a nada — e no entanto ainda tinha dúvidas sobre o valor do saber...

Dona Benta desenvolveu o tema.

— A riqueza que quero para meus netos, compadre, é uma que eles possam guardar onde ninguém a furte: na cabeça. Porque a riqueza em bens e dinheiro me lembra dinheiros de sacristão, que cantando vêm e cantando vão. Onde está a grande fortuna dos Sarmentos? O velho ao morrer deixou bens avaliados em mais de dois mil contos — e os filhos andam hoje por aí vivendo de expedientes. A riqueza material é areia do deserto: ora se acumula aqui, ora ali, conforme sopram os ventos. Mas quem tem a riqueza no miolo, ah, esse está garantido contra todos os azares da vida.

O Coronel cocou a cabeça, atrapalhado. E disse: — Com a senhora ninguém pode, comadre. Tem respostas para tudo, e das que atrapalham. Parece que é assim mesmo... Meu pai não me deu luzes; só me deu terras — a fazenda que vendi por mais de mil contos. Afinal, lá se foi a fazenda, lá se foram os contos e estou aqui numa situação bem pouco melhor que a do Chico Pirambóia. É... Quem tem razão é a senhora, comadre...

E depois dum suspiro: — Mas me cede ou não me cede o milho? Tenho uma leitoada bonita para engordar este ano.

— Vou fazer coisa melhor, compadre. Cedo o milho e ainda o ensino a criar porcos. Garanto que o resultado vai ser o dobro do habitual. A zootécnica tem feito progressos maravilhosos, e tenho cá excelentes obras a respeito. Que peso alcançam os porcos que o compadre engorda?

— Homem, para dizer a verdade, aí, uns pelos outros, coisa de dez arrobas.

— Em quanto tempo?

— Ano e meio pra dois.

— Pois os homens que sabem criar porcos cientificamente conseguem num ano capados de 30 arrobas.

O Coronel deu um pulo da cadeira.

— A senhora está mangando comigo, comadre! Trinta arrobas! Isso é boi, não é porco...

— Nada mais fácil do que tirar a dúvida — e Dona Benta levou o Coronel ao chiqueiro científico em que ultimamente ela andava engordando porcos da raça Poland China. Ao ver aquilo o homem derrubou o queixo, de espanto. Nunca em sua vida imaginou que porco ficasse

daquele tamanho e engordasse daquela maneira.

— Estou tonto com o que os meus olhos estão vendo, comadre! — exclamou ele.

Porco assim até parece arte do diabo. Diga-me: como consegue isso?

— Aplicando a ciência, nada mais. O compadre só consegue porcos de 10 arrobas porque se guia pela rotina — só faz o que os outros fizeram, sem nenhuma atenção aos progressos realizados no mundo pela zootécnica, que é a técnica, a ciência de lidar com os animais. Faça o que a zootécnica manda e obterá os mesmos resultados que eu.

O assombro do Coronel não tinha limites.

— Mas será mesmo, comadre, que a tal de ciência seja isso que a senhora diz? — perguntou ele, ainda com uns restos de dúvida.

— Não está vendo? Quer resposta melhor que o meu chiqueiro?

O Coronel continuava de boca aberta, com todas as suas convicções abaladas.

Nisto Pedrinho apareceu. Vinha despedir-se.

— Já estou pronto, vovó — disse ele. Tem carta para mamãe?

— Sim, meu filho — e também uma novidade para você: aqui o compadre está começando a acreditar na ciência. Mas quem o convenceu não fui eu, nem a Emília — foram estes porcos...

E mudando de assunto: — Pois muito bem. Vá, brinque bastante e estude direitinho. Nas férias de junho corra para aqui. Continuaremos os nossos serões. Resta-nos estudar a eletricidade, o rádio, a televisão, a luz, o som, um pouco de biologia, de botânica, de anatomia.

Quero que vocês fiquem com uma base geral de conhecimentos.

Os olhos do Coronel arregalavam-se mais e mais, e sua boca estava tão aberta que Emília teve vontade de jogar lá dentro uma espiga de milho.

Dona Benta concluiu, pondo a mão sobre a cabeça de Pedrinho: — Desse modo você estará livre de duas coisas: comprar bondes e engordar porcos que só pesem 10 arrobas, como aconteceu e acontece aqui ao meu velho compadre Teodorico. Vá com Deus, meu filho...

Emília, plantada diante do Coronel, sorria vitoriosa com o triunfo da ciência sobre a ignorância.

FIM