



.....
Alexandre Medeiros

Departamento de Física, Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Recife,
PE, Brasil

E-mail: alexmed.df@gmail.com
.....

Este texto segue a mesma linha de outros artigos anteriores do autor – Entrevistas com Tycho Brahe, Kepler, Einstein e Santos Dumont – publicados na revista *A Física na Escola*. Assim como naqueles, pretende-se que o texto atual seja uma leitura divertida de um assunto muito sério: a vida e a obra de Benjamin Thompson, o conde Rumford. Rumford foi um personagem polêmico, que, no entanto, deu uma importante contribuição para lançar as bases da compreensão da equivalência entre calor e energia. Ao abalar as estruturas da teoria do calórico, com o seu célebre experimento de escavação de canhões, ele ajudou a estabelecer o calor como uma forma de movimento e a pavimentar a trilha de uma concepção energética que levaria no século XIX à construção da termodinâmica. Apesar disso, Rumford não teve a sua contribuição ao edifício conceitual da física devidamente reconhecida na época em que viveu. Na prática, ele desempenhou um papel menor do que aquele que poderia ser esperado, devido à importância do seu trabalho. O valor de sua obra foi resgatado, porém, na metade do século XIX, nos trabalhos de Tyndall. Rumford deu, também, contribuições tecnológicas de vulto, dentre elas a invenção do sistema de aquecimento central e o aperfeiçoamento da panela de pressão e das lareiras; além de ter sido também um grande divulgador da ciência e o fundador da célebre *Royal Institution*. Apesar de tudo isso, Rumford permanece, ainda hoje, quase como um desconhecido para muitos estudantes de física. Praticamente, a única coisa que sobre ele é mencionada é o seu célebre experimento do canhão, mesmo assim, comumente, de uma forma bastante breve e até mesmo distorcida, atribuindo-lhe coisas que efetivamente, Rumford nunca disse.

Para tentar dar conta do relato de sua vida e de sua obra, de um modo leve e pretensamente divertido, montamos uma

narrativa em forma de uma conversa informal com o conde Rumford. Em um tal cenário imaginário, alguns professores de física entrevistam o nosso personagem construído em um clima de total descontração, inquirindo-o sobre pontos importantes de sua vida e de sua obra.

Apesar da narrativa que se segue ser, essencialmente, uma ficção, as informações históricas veiculadas sobre a vida e obra do conde Rumford estão apoiadas em fontes de reconhecido valor acadêmico, incluindo aí parte relevante de suas obras originais incorporadas, principalmente, nas magníficas coletâneas organizadas por Sanborn Brown, seu maior biógrafo. Em última instância, porém, o leitor é o juiz para saber se a narrativa que se segue consegue ou não atingir os seus objetivos de conciliar informações histórico-conceituais fidedignas com uma abordagem que pretende ser antes de tudo divertida e atraente.

A entrevista com o nosso personagem

A garoa naquela tarde cinzenta em São Paulo nos deixara presos na sala do apartamento do colega Luis Augusto, o Lula. Em torno de três pizzas que haviam acabado de chegar reuniam-se famintos os colegas professores: Severino, Amélia, Zé Roberto, Cleide, Jonas, João, eu e o Lula, nosso anfitrião.

A pizza foi devorada rapidamente, com o Lula e o João mostrando os seus dotes de glutões. A Coca-Cola estava quente e sem gás. Foi quando a Amélia perguntou ao Lula como ia o seu trabalho de doutorado em ensino de física na USP.

Lula: Vai bem! Tenho estudado algumas coisas de psicanálise e estou pensando em misturar isso com um estudo sobre o conceito de calor nas visões de professores.

Alexandre: Como você estudou o trabalho do Joule no mestrado, poderia encerrar coisas ainda mais básicas, resgatando,

Neste trabalho são apresentadas a história e a obra do conde Rumford na forma de uma entrevista construída. O objetivo central é mostrar a complexidade da teoria do calórico e o papel desempenhado por Rumford para superá-la. Algumas digressões filosóficas resgatam pontos nevrálgicos da ligação entre a história da ciência e a pedagogia da mesma.

por exemplo, a importância do trabalho do Rumford.

Lula: É possível. Mas eu preciso combinar essas coisas com a psicanálise. Qualquer coisa aqui tem que ser combinada com psicanálise, principalmente se envolver as idéias do Lacan. Já estou meio pirado lendo essas coisas sobre o *Grande Outro*.

Severino: Que outro? Você está falando de quem?

Lula: Esquece, você não vai acreditar! É muita piração, cara.

Amélia: Muito bem, já que tem que ser assim, por que você não tenta fazer uma regressão e falar com o “outro”, o Rumford?

Lula: Não sei, não. Acho que o Lacan não topava com essas coisas de regressão.

Amélia: Pois, se não topava, deveria topar. Pega um livro dele e um copo de Coca-Cola e vamos fazer uma tentativa. Já deu certo com o Tycho Brahe e com o Kepler e deve dar com o Rumford, quer o Lacan queira, quer não queira.

Lula: Não vai dar! Eu acho isso de psicanálise muito estranho, não consigo entender direito. Eu queria era estudar ensino de física.

Amélia: Você não tem que engolir a psicanálise. Basta engolir o refrigerante. Misture psicanálise com Coca-Cola quente que talvez dê para engolir. Tome aí o livro do Lacan e o copo de Coca-Cola.

Lula: Argh! Isso é uma droga!

Jonas: O quê? O livro ou a Coca Cola quente?

Rumford: Os dois! E esse negócio de todo mundo ficar esfregando a garrafa de Coca Cola nas mãos está fazendo ela aquecer ainda mais. Isso só me lembra daquele meu experimento com o aquecimento do canhão.

Severino: O que, Lula? De que canhão você está falando, cara?

Jonas: Deu certo! Parece que a mistura fez o Rumford aparecer. O Lula sumiu e estamos com Rumford à nossa frente.

Severino: Então, vamos aproveitar. Eu não conheço direito esse experimento do canhão. Como é que tudo isso começou?

Rumford: Com o meu interesse por armas e pólvora, em meio à guerra de independência dos Estados Unidos.

Zé Roberto: Espere aí, seu Rumford. Dá para começar do início, mesmo? Onde você nasceu, coisas assim?

Rumford: Seu Rumford é a vovozinha, eu exijo mais respeito! Conde Rumford, faz favor!

João: Puxa, o cara é enfezado mesmo!

Rumford: Pois é! O meu nome, na verdade, é Benjamin Thompson. Só vim a tornar-me conde muito depois. Nasci em

1753 em uma fazenda em Woburn, Massachusetts, bem pertinho de onde nasceu o Benjamin Franklin, mas uns cinquenta anos antes dele. Eu fui um garoto meio esquisito que achava que poderia construir uma máquina de movimento perpétuo e que tinha também um enorme interesse por eclipses.

Amélia: Sr. Thompson, o senhor também se envolveu com a medida da relação entre a carga e a massa do elétron, não foi? Além disso, parece que o senhor também tinha um outro apelido, além desse de conde. Se não me engano, o senhor era chamado também de Lord Kelvin, não é isso?

Rumford: A senhora está só trocando as bolas ou é maluca mesmo? Meu nome era Thompson, veja o “p”: Benjamin Thom-p-son, posteriormente conde Rumford. A senhora referiu-se a dois outros personagens importantes da história da física e confundiu-os comigo.

João: Sim, tudo bem, mas o que a Amélia quer saber é se eles eram seus parentes. Não é isso, Amélia?

Rumford: Você também é doido, meu rapaz? Eu acabei de dizer que o meu nome tem um “p”: Thom-p-son, Benjamin Thom-p-son.

Zé Roberto: Sim, mas esses outros dois, quem são eles?

Rumford: Eles nasceram muito depois da minha morte. Vocês estão confundindo Ana Tereza com a Natureza. Eu morri em 1814, o William Thomson, sem “p”, que viria a ser conhecido como o célebre Lord Kelvin, nasceu na Escócia, dez anos depois da minha morte, em 1824. Já o Joseph John Thomson, também sem “p”, o famoso J.J. Thomson, que determinou a relação carga/massa nos raios catódicos e com isso descobriu o elétron, nasceu apenas em 1856. Eles não são, portanto, meus parentes. Mas, afinal, eu estou aqui para falar deles ou de mim mesmo?

Severino: Calma seu conde, vá em frente.

Rumford: “Seu” conde eu já disse quem é. É a vovozinha!

Severino: Olhe aqui seu conde, eu sou de Garanhuns, terra de cabra macho. Se o senhor me arretar eu lhe amasso esse seu narigão e acabo logo com essa entrevista.

Cleide: Calma Severino, o conde é um pouco rude, mas já morreu, não adianta você se aperear.

Rumford: Tudo bem! Desculpe Sr. Severino! Posso continuar?

Severino: Vá em frente!

Rumford: Pois bem! Aos dezenove anos eu me casei com uma viúva rica, muito mais velha que eu e fomos morar na casa dela na cidade de Rumford.



Conde Rumford em sua época áurea em que trabalhava no arsenal de Munique. Caricatura de James Gillray, aproximadamente 1800.

Jonas: Você deu o famoso golpe do baú, não foi?

Rumford: Mais ou menos! O fato é que tudo teria ido muito bem para o meu lado se não fosse o início da guerra revolucionária.

Zé Roberto: Que guerra?

Rumford: Qual foi a escola que você estudou, meu filho? A guerra de separação que os Estados Unidos moveram contra a minha amada Inglaterra.

Jonas: Espere aí! Sua amada Inglaterra? Você era americano ou inglês?

Rumford: Eu havia nascido nos Estados Unidos, mas sempre fui fiel ao meu Rei. Eu era inglês, de coração. Ainda jovem, servi como espião de Sua Majestade.

Zé Roberto: Sujou! O bicho além de chato e de dar o golpe do baú, era traíra. Eu acho que eu vou deixar o Severino pegar esse cara.

Rumford: Calma, por favor! Deixe-me prosseguir minha narrativa. O fato é que quando as tropas britânicas foram forçadas a abandonar Boston, eu fui com elas, deixando para trás a minha esposa e a minha filha.

Cleide: Com essa agora, até eu fiquei chocada.

Amélia: É, professora, esse cara era um porco chauvinista, além de chato, interesseiro e traidor. Vamos sair daqui, em protesto!

Cleide: Não! Vamos ver o que ele vai dizer. Afinal, ele, apesar disso tudo, deu uma contribuição de vulto à história da física. Vamos ver se aguentamos chegar lá.

Rumford: Pois bem, passei a servir as tropas inglesas como tenente coronel.

Zé Roberto: Tenente coronel? Você não entrou como soldado? E lutou onde?

Jonas: Aqui nós diríamos que você era peixe dos ingleses, que entrou logo por cima. Mas onde foi mesmo que você lutou?

Rumford: Bem, eu não lutei no sentido estrito da palavra. Eu fui, na verdade, um excelente funcionário de gabinete, eu planejava coisas, pensava nelas ativamente. Dentre essas coisas que eu planejei estavam a construção e o aperfeiçoamento das armas de fogo. Eu me tornei, na prática, um excelente engenheiro.

João: E isso de mexer com armas de fogo deve ter-lhe levado a pensar ativamente sobre as teorias vigentes a respeito do calor.

Rumford: Exatamente, meu jovem. Finalmente, um de vocês fez uma constatação brilhante.

Jonas: Mas como você se arranjou quando a guerra de independência terminou e a Inglaterra perdeu a sua colônia?

Rumford: Eu fui para a Inglaterra, claro. Passei a viver em um exílio constante.

Amélia: Como assim? Você não se sentia um inglês? Estava do lado que escolheu ficar.

Rumford: É verdade, mas eu tive alguns problemas sérios na Inglaterra. Eu fui acusado de vender segredos de guerra para a França.

Zé Roberto: E vendeu ou não vendeu? Eu acho que você vendeu!

Rumford: Não sei, já faz muito tempo que eu morri, eu não me lembro direito. Os historiadores da ciência não estão de acordo se eu vendi ou não.

Severino: Não me venha com essa conversinha de que está esquecido, de jogar a bola para os historiadores da ciência. Eu acho que você vendeu, sim.

Rumford: Pode ser, meu caro senhor Severino, mas o que importa é que o Rei George III teve muita consideração comigo e achou que seria mais seguro para mim que eu me mudasse para o continente.

Amélia: Quer dizer: ele botou você para correr, não foi?

Rumford: Não, ele era meu amigo e apenas recomendou a minha saída.

Zé Roberto: Você era peixe do Rei. Era peixe, traidor, deu o golpe do baú e que mais?

Rumford: Bem, o fato é que eu me estabeleci em Munique, a serviço de Karl Theodor, o Eleitor da Baviera.

João: Como o Eleitor? Todos nós somos eleitores, eleitor é um cidadão qualquer. Você quer dizer do Rei da Baviera, não? Aliás, como a Baviera é parte da Alemanha, deve ter sido do Rei da Alemanha.

Rumford: A Alemanha ainda não existia, meu caro. Ela só veio a ser criada na

segunda metade do século XIX. O que existia era o Sacro Império Romano-Germânico, onde a Baviera tinha um voto na escolha do Imperador. Daí o nome de Eleitor para o seu governante. Você também não frequentou a escola meu filho? Lá em Campina Grande ...

João: Epa! Não fale mal de Campina Grande que eu lhe amasso esse narigão que nem o Severino lhe prometeu nesse instante.

Rumford: Virgem Maria, aqui só tem doido. Eu vou embora!

Severino: Não vai nada! Você fica e conta direitinho toda essa sua história.

Cleide: É, senhor conde, tente falar um pouco mais das suas idéias sobre o calor, fale da sua contribuição à história da física. Pode ser que assim a turma aqui esfrie um pouco mais a cabeça. Afinal essa sua biografia também não ajuda muito.

Rumford: É! Eu acho que a senhora tem razão. Vou seguir o seu conselho. Mesmo porque não quero absolutamente me indispor com o senhor Severino nem com o senhor João.

Zé Roberto: É bom, mesmo! Faz bem à saúde! Vá em frente com essa sua história, mas vê se começa logo a falar de física, como pediu a professora.

Rumford: Bem, as minhas contribuições à física nasceram todas da minha preocupação com o calor e com os fenômenos a ele relacionados. De certo modo, elas são frutos da minha preocupação com a produção de armamentos, como já disse antes. E na Baviera eu atuei exatamente nesta área, como um eficiente engenheiro militar e administrador. Eu dei, também, uma notável contribuição social ao tirar os mendigos das ruas.

Alexandre: É verdade, mas conte como você ocupava esses mendigos.

Rumford: Bem, eu lhes dei um emprego; coloquei-os para trabalharem nas fundições de canhões e na fabricação de uniformes para o exército.

Zé Roberto: Puxa, que alma bondosa! Aposto que o salário era bem baixinho.

Rumford: É verdade, mas eu também fui o introdutor da batata inglesa e da máquina a vapor no continente europeu. Como prova da sua gratidão o Eleitor da Baviera me agraciou, em 1790, com o título de Conde. Eu escolhi o nome de Rumford em homenagem à minha cidade de origem, onde a minha primeira esposa nascera e onde eu ainda tinha propriedades.

Amélia: Pensando nas suas propriedades, não? Estava com dor na consciência...

Rumford: O que importa é que foi trabalhando na perfuração de canhões na Baviera que eu vim a ter aquela minha in-

tuição sobre a natureza do calor; a minha mais famosa contribuição à ciência.

João: Como assim, a sua intuição? Eu pensei que você houvesse provado que o calórico não existia. Não foi exatamente isso que o experimento de perfuração dos canhões mostrou?

Jonas: É, eu sempre li nos livros didáticos de física que você foi o grande adversário da teoria do calórico. E tenho ensinado que esse seu experimento provou que o calórico não existia.

Rumford: A coisa é bem mais complexa, meu jovem. Para começar, eu nunca reivindiquei haver destruído a teoria do calórico. Para princípio de conversa, eu havia sido, até então, um fiel adepto da teoria do calórico. Havia, inclusive, contribuído para o seu desenvolvimento.

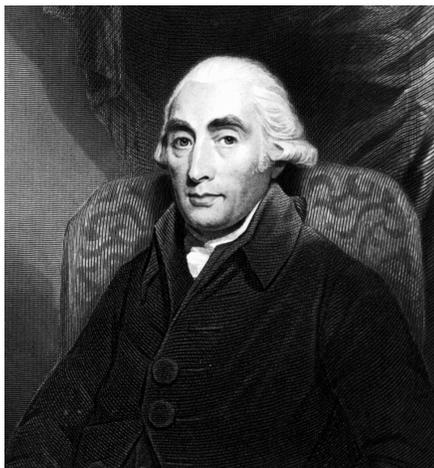
Amélia: Essa história está ficando mesmo complicada. Não foi você quem estabeleceu pela primeira vez a conservação da energia? Não foi você, também, que estabeleceu que havia uma equivalência entre calor e energia?

Rumford: Sim e não! De fato, eu gostaria de ter sido o primeiro a estabelecer uma tal equivalência, mas não fui tão longe assim. Isso é mais o fruto do trabalho posterior de indivíduos como o Mayer, o Joule e o Helmholtz. Mas isso foi bem após a minha morte. Vocês deviam conversar com eles a esse respeito. O que eu fiz foi lançar, com bastante vigor, a conjectura arrojada para a minha época, de que o calor deveria ser uma forma de movimento. Certamente, eu tinha minhas peças de evidência, mas nada que pudesse ser suficientemente convincente para os físicos da época. Entretanto, eu forneci várias pistas que pavimentaram o caminho para os trabalhos de muitos daqueles que me seguiram. Eu cheguei bem próximo de estabelecer o equivalente mecânico do calor, bem próximo mesmo. Eu fui um legítimo precursor do trabalho do Joule.

Severino: Eu confesso que estou meio enrolado nessa sua história. Afinal, você era adepto da teoria do calor como um fluido, ou seja, do calórico, ou era adepto do calor como movimento de partículas? Explique isso direitinho.

Rumford: Acho que nessa sua forma de falar já está implícita uma confusão que os livros didáticos de vocês apenas contribuem para perpetuar. Eu não creio que nós devêssemos colocar esse tipo de oposição entre uma teoria de partículas para o calor e a teoria do calórico.

Amélia: Mas, por que não? O calórico não era suposto ser uma substância contínua, uma espécie de fluido? E a temperatura não era vista como a quantidade de calórico presente nos corpos?



Joseph Black, físico escocês, principal criador da teoria do calórico e primeiro a diferenciar calor de temperatura.

Rumford: Não! Absolutamente, não! Como disse, antes, a coisa é mais complexa. Acho que para compreenderem melhor a minha contribuição, para perceberem como vim a auxiliar no lançamento das bases do que depois frutificaria como a nova e poderosa ciência da termodinâmica, é necessário que compreendam um pouco mais a própria teoria do calórico e as suas concorrentes.

Severino: Cara, eu sempre soube que você havia derrubado a teoria do calórico. Agora você me vem posar também, como traidor dessa causa?

Rumford: Não é bem assim, meu caro senhor Severino. Deixe-me relembra um pouco da história das primeiras teorias sobre o calor para que você possa compreender melhor as minhas idéias sobre o calórico e a minha interpretação do famoso experimento de escavação de canhões.

Zé Roberto: Pois, comece bem do início.

Rumford: Obrigado! Bem, de início vale salientar que a forma como o calórico costuma ser mencionado em vários livros-texto de física é a tal modo deturpada que facilmente o leitor é levado a crer que este conceito teria sido um grande equívoco, o produto de uma simples falta de reflexão dos seus proponentes. A idéia de que o calórico constituía uma teoria potente no seio da qual se desenvolveu a calorimetria e germinou a termodinâmica é algo que não passa em linha de conta nos relatos de tais textos.

Jonas: Essa eu não entendi! Como a termodinâmica pode haver germinado no seio da teoria do calórico? Isso para mim é demais, pois a termodinâmica, para ser desenvolvida, necessita, antes de tudo, de que o calor seja aceito como uma forma de

energia.

Rumford: Em parte, o que você está dizendo é verdade, mas a coisa é bem mais complexa. Claro, eu estou dizendo isso por haver lido, mesmo depois de morto, o que outros vieram a escrever. Sadi Carnot, por exemplo, já no século XIX, a quem se devem as primeiras claras expressões da termodinâmica, só veio a abandonar a teoria do calórico perto de morrer colérico.

Jonas: Como perto de morrer colérico? Ele ficou com tanta raiva, assim, do calórico?

Rumford: Não, meu caro senhor Jonas. O pobre senhor Carnot morreu de cólera mesmo, derretendo em uma bacia sanitária.

Amélia: Puxa, que coisa triste! Passe adiante, por favor.

Rumford: Pois bem, o estudo do senhor Carnot sobre o rendimento das máquinas térmicas foi todo ele conduzido dentro dos cânones da teoria do calórico. Logo, como você pode ver, não faz sentido que eu houvesse destruído, no final do século XVIII, algo que ainda estava bem vivo em pleno século XIX. Foram os trabalhos do Mayer e do Joule que alteraram radicalmente essa situação. Mas, deixe-me voltar a falar do meu próprio trabalho.

Jonas: Mas que você tentou destruir a teoria do calórico, tentou! Mesmo tendo sido até então um adepto meio traíra da mesma.

Rumford: Certamente, mas eu não tinha todas as peças de evidência. A minha teoria do calor era mais complexa, eu cheguei a pensar em vibrações de partículas no íntimo da matéria, mas de início eu era mesmo um calorista, apesar de não muito convicto. E quem não era? O que eu fiz mesmo foi dar o primeiro grande passo naquela direção. Eu não fui exatamente um revolucionário. Eu tentei apenas ser um reformista, mas as minhas idéias não plantaram uma reforma, plantaram mesmo foi uma tremenda revolução.

Amélia: Você estava falando das teorias sobre o calor. Como é mesmo que surgiu e como se desenvolveu a teoria do calórico? Onde é que você entra nessa história?

Rumford: Olhe, o enorme poder explicativo da teoria do calórico, para a época, é costumeiramente subestimado. Além disso, os livros didáticos de vocês costumam passar a idéia de que experimentos isolados, como os meus, os do Davy – que foi meu auxiliar – ou mesmo os do Joule teriam sido suficientes para refutarem sozinhos, por completo e de imediato, a teoria do calórico. Na verdade, a visão que uma análise histórica mais cuidadosa podemos fornecer é bastante diversa da caricatura traçada nesses livros-texto que

vocês usam. A teoria do calórico era dotada de um apreciável potencial explicativo, não facilmente refutável. Importante, também, parece ser apreciar os pressupostos sobre os quais essa teoria estava estabelecida. Isso feito desfaz-se a aparência de uma coleção de afirmações sem uma clara procedência ou fundamento, que é a forma como ela aparece em boa parte dos livros didáticos. Vamos fazer uma breve retrospectiva da polêmica sobre a natureza do calor examinando os pressupostos sobre os quais a teoria do calórico veio a ser construída em meados do século XVIII e apontando as suas muitas possibilidades explicativas. Só assim vocês poderão entender a minha contribuição em uma perspectiva histórica.

João: Deixe-me entender uma coisa. Você já tinha essa visão histórica toda?

Rumford: Claro que não, isso faz parte da ficção dessa entrevista. Eu só poderia saber todas essas coisas depois de morto. O que eu estou tentando lhes mostrar é que vocês se encontram em uma perspectiva histórica privilegiada. Podem, assim, olhar de cima, com um olhar de águia para o passado, olhar criticamente. É isso que eu estou tentando fazer agora, baseado no que li depois de morto, claro.

Zé Roberto: E como a gente vai saber como você pensava na sua época?

Rumford: Acompanhe a minha narrativa e você compreenderá.

Jonas: Tudo bem, mas aponte algumas coisas que os nossos livros-texto de física dizem sobre esse assunto que não sejam exatamente corretas. Isso pode ajudar nas minhas aulas. Mas não diga apenas como não é. Por favor, dê também a sua versão dos fatos.

Rumford: Tudo bem! Vamos lá! Vou dar até os nomes aos bois. Como eu já morri mesmo, eles não podem me pegar, não é senhor Severino?

Zé Roberto: Traíra!

Rumford: O quê?

Cleide: Nada senhor conde, pode continuar, foi só uma brincadeira do Zé. O seu papo está melhorando; dê os exemplos que o Jonas pediu.

Rumford: Olha, é comum que os livros-texto de vocês trivializem a complexidade da questão envolvendo a natureza do calor. O livro-texto do Bonjorno [1], por exemplo, afirma que: “apesar de tão evidente, a natureza do calor só recentemente foi definida pela ciência. Até fins do século XVIII, os cientistas acreditavam que o calor era uma espécie de fluido imponderável (sem massa) e invisível que aquecia ou resfriava os corpos. Deram a essa substância o nome de calórico”.

Jonas: E daí?

Rumford: Ora, este trecho contém gra-

ves imprecisões. Em primeiro lugar, a natureza do calor está longe de ser *evidente*, como sugere esse texto citado. Além disso, para que a concepção de energia viesse a ficar bem estabelecida, uma grande disputa de idéias foi travada durante os séculos XVIII e XIX entre a teoria do calórico e a teoria dinâmica. Eu que o diga, pois estava bem no meio desta guerra.

Alexandre: E o que é pior: você jogou dos dois lados dessa batalha.

Rumford: Exatamente! Mas vejamos mais: o livro do PEF, por exemplo, afirma que “acreditava-se que existia um fluido especial – o calórico – que provocava os fenômenos térmicos. Entretanto, a hipótese do calórico não explicava os fatos observados e foi abandonada”.

Jonas: E isso não está certo? A teoria do calórico conseguia explicar os fatos observados?

Rumford: Dizer que a teoria do calórico não explicava os fatos observados constitui-se em uma exagerada e grosseira simplificação. Se tivesse sido assim tão simples, o meu trabalho teria tido pouco valor e o do Joule e do Mayer também.

Severino: Teria sido como bater em um cego pelas costas.

Rumford: Mais ou menos isso e certamente não foi bem assim. O certo é que a teoria do calórico foi hegemônica durante grande parte do século XVIII. Mesmo após perder a hegemonia nos anos 1850, com os trabalhos do Kelvin, do Rankine e do Clausius, a referida teoria manteve-se ainda com adeptos até boa parte dos 1860. A própria *Encyclopedia Britannica* daquele ano, em seu verbete *heat* ainda afirmava que a teoria dinâmica do calor era vaga e insatisfatória e que a visão fornecida pela teoria do calórico era ainda de aceitação geral. Veja bem, isso já em 1860. Os criteriosos editores da *Britannica* não haviam ainda considerado com suficiente vigor as minhas interpretações sobre o experimento de perfuração do canhão realizado há mais de meio século e nem mesmo os trabalhos mais recentes do Mayer e do Joule.

Amélia: Mas, afinal o que a teoria do calórico conseguia explicar? Isso ainda não está claro, para mim.

Rumford: A teoria do calórico possuía um grande poder explicativo de diversos fenômenos, como por exemplo: a dilatação dos corpos, a mudança de fase, o aquecimento por desbastamento, apenas para citar alguns. Parte deste potencial explicativo, que dá uma idéia da não trivialidade de sua refutação, eu posso desenvolver para que vocês entendam melhor a adversidade da minha luta. Antes, entretanto, temos que fazer uma regressão no tempo.

Amélia: Eu acho que o Lula gostaria

de ouvir isso.

Rumford: Pois bem, três correntes de pensamento sobre a natureza do calor existiram desde a Antiguidade. Para Empédocles, por exemplo, o calor era uma substância, uma espécie de “fogo sutil”. Para Aristóteles, entretanto, o calor era uma das qualidades primitivas da matéria, cujas combinações definiam os mesmos elementos já postulados por Empédocles. Já para os atomistas, Demócrito e Leucipo, o calor era visto como uma consequência do movimento de partículas indivisíveis, constituintes da matéria comum. Vejam, portanto, que os atomistas foram os pioneiros na proposição de uma teoria dinâmica para o calor em termos do movimento de partículas da matéria comum.

Cleide: Dada a influência do pensamento aristotélico seria interessante conhecer essa concepção em maiores detalhes.

Rumford: Certamente, professora, explicarei com todo o prazer. Mas, note bem, que na Antiguidade nós tínhamos três teorias concorrentes sobre a natureza do calor: a teoria substancialista, do Empédocles; a teoria dinâmica, dos atomistas e a teoria das qualidades primitivas do Aristóteles.

Amélia: O senhor já disse isso, mas e a teoria do calórico? Eu li um dia desses em um site da Internet que a teoria do calórico era da Idade Média. É verdade?

Rumford: Não! Absolutamente, não! A teoria do calórico é bem mais recente, ela é do século XVIII. O que ocorre é que o calórico é um filho da teoria substancialista, esta sim bem antiga. Talvez, por isso, as pessoas confundam. Nós chegaremos lá. Vamos por partes.

Cleide: O senhor ia falar da teoria do Aristóteles e mudou de assunto.

Rumford: Isso! Pois bem, Aristóteles definia quatro qualidades sensíveis da matéria. Tais qualidades eram agrupadas duas a duas, segundo suas oposições: quente ou frio e seco ou úmido. As substâncias eram formadas de quatro elementos essenciais: água, ar, fogo e terra, os quais apresentavam sempre um par das citadas propriedades. Assim, por exemplo, o fogo era quente e seco, enquanto a água era úmida e fria. A concepção Aristotélica sobre a natureza do calor estabeleceu-se como hegemônica na Antiguidade e durante toda a Idade Média. Na época do Renascimento e da Revolução Científica, no entanto, houve um revigoramento das duas outras correntes interpretativas – a do calor como substância e a do calor como uma consequência do movimento de partículas da matéria comum (teoria dinâmica do calor) – e estas duas teorias suplantaram a teoria Aristotélica das qualidades primitivas.

Uma vez que a teoria de Aristóteles foi entrando em franca decadência, desde a época do Renascimento, sobram as outras duas. Então, durante o século XVII e até a metade do século XVIII, essas duas correntes – a teoria substancialista e a teoria dinâmica – coexistiram, não havendo, no entanto, qualquer hegemonia de uma sobre a outra.

Amélia: Esta teria sido uma etapa pré-paradigmática do desenvolvimento histórico desta área do conhecimento, para usar a linguagem do Thomas Kuhn?

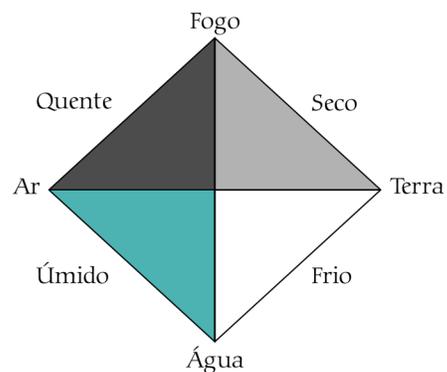
Rumford: Creio que sim, mas isso mudou rapidamente com o surgimento da teoria do calórico, uma filha legítima da antiga teoria substancialista.

Amélia: Como assim?

Rumford: Apesar de que importantes cientistas como Bacon, Locke, Newton, Boyle, Hooke, Huygens, Boerhaave e Muschenbroek, dentre outros, interpretassem o calor como sendo uma forma de movimento, esta concepção foi sendo pouco a pouco suplantada pela teoria substancialista, que cada vez mais dava conta de explicações convincentes que envolviam os fenômenos ligados ao calor. Assim, a partir da metade do século XVIII, a teoria substancialista tornar-se-ia dominante, sem que a disputa, entretanto, com a teoria dinâmica houvesse sido decidida. De fato, só bem após a minha morte, a partir da segunda metade do século XIX e até os dias atuais é que uma versão bem mais moderna da teoria dinâmica – a termodinâmica ou energética – viria a tornar-se completamente dominante. Mas, vocês verão que eu dei os primeiros passos para colocar a história nessa direção. Mas essa nossa história é repleta de idas e vindas.

Amélia: Do Newton, Boyle, Bacon, Hooke e do Huygens eu já ouvi falar; mas e esses outros dois cientistas de nomes esquisitos, quem são?

Rumford: O Hermann Boerhaave foi



Representação Aristotélica das qualidades opostas envolvendo a conceitualização do calor.

um contemporâneo do Newton. Ele foi professor de Medicina em Leyden, na Holanda, tendo publicado, em 1732, um dos primeiros livros-texto de química que tratava sobre a coisa do calor. Já o Pieter van Musschenbroek foi professor de filosofia natural – como era chamada a física naquela época – também em Leyden e escreveu extensamente sobre física, no século XVIII. Ele foi um dos pioneiros tanto no ensino da física experimental, quanto também como autor dos primeiros livros didáticos de física de que se tem notícia.

João: Você falou, momentos atrás, que o desenvolvimento da calorimetria se deu dentro dos cânones da teoria do calórico. Foi isso que eu entendi, certo?

Rumford: Certo! Na verdade o desenvolvimento da teoria do calor tornou-se mais efetivo a partir da invenção de termômetros precisos, sensíveis e calibrados, de tal forma que os mesmos podiam ser reprodutíveis, tornando-se possível a realização de experimentos com medidas acuradas da variação da temperatura dos corpos. Antes da metade do século XVIII, os termos calor e temperatura eram usados indistintamente, tanto pelos substancialistas quanto pelos adeptos da teoria dinâmica do calor.

Severino: E como é que esses dois conceitos, o conceito de calor e o conceito de temperatura tornaram-se distintos um do outro na física?

Rumford: Excelente pergunta, professor Severino. Foi o Joseph Black (1728-1799), professor de Química e de Medicina em Glasgow e depois em Edinburgh – um partidário apaixonado da teoria substancialista do calor – o primeiro a diferenciar esses dois conceitos, adotando, inicialmente uma definição que chamaríamos modernamente de operacionalista, para só depois evoluir para uma abordagem mais conceitual.

Jonas: O Black não foi aquele que disse que “a temperatura é aquilo que os termômetros medem?” Eu já vi isso em um livro de física.

Rumford: Esta é a tal definição operacionalista da qual falei, mas, ela não retrata exatamente o pensamento do Black em sua íntegra. Deixe-me citar as próprias palavras do Black. O que ele disse foi: “Pelo uso do termômetro nós aprendemos que, se tomarmos diferentes tipos de matéria – tal como metal, pedras, sais, madeira, cortiça, pena, lã, água e uma variedade de outros fluidos – embora todos eles estejam a temperaturas diferentes – e se colocarmos juntos numa sala sem lareira e na qual o sol não brilhe, o calor será comunicado do mais quente desses corpos para o mais frio, durante algumas horas talvez, ou no decor-

rer de um dia. No fim de um tempo, se colocarmos um termômetro neles todos em sucessão, eles darão precisamente a mesma leitura. O calor se distribui entre eles já que nenhum desses corpos tem uma demanda maior ou atração para o calor do que qualquer outro... O calor é trazido para um estado de equilíbrio. Nós devemos adotar uma lei mais geral do calor, o princípio de que todo corpo comunicando-se livremente um com outro e isolado da ação externa, adquire a mesma temperatura, como indicada pelo termômetro” (Black, *apud* [2, p. 403]).

João: E aquela história de que corpos à mesma temperatura deveriam ter a mesma quantidade de calor?

Rumford: Veja, o Hermann Boerhave e o Pieter Musschenbroek, dois grandes cientistas, como falei antes, que eram adeptos da teoria dinâmica do calor, admitiam que corpos de volumes iguais à mesma temperatura possuíam as mesmas quantidades de calor; opinião esta com a qual o Black absolutamente não concordava. Como temperatura e calor eram coisas indistinguíveis naquela época, a medida registrada pelo termômetro era confundida com a medida da quantidade de calor. A esse respeito Black afirmou: “Mas essa é uma visão muito apressada do assunto. Isto é confundir quantidade de calor em diferentes corpos com a intensidade do calor (temperatura), embora seja evidente que essas sejam duas coisas diferentes e que deveriam sempre ser distinguidas uma da outra, quando pensássemos em distribuição do calor...” (*apud* [3, p. 129]).

Amélia: E o Black deixou isso escrito em algum livro?

Rumford: Como a senhora deve saber, o Black, na verdade, não chegou a escrever diretamente os seus textos. Suas notas de aula foram publicadas em 1803, após a sua morte, por um seu antigo estudante, o John Robison [3].

Severino: Mas, afinal, como era que o Black via a diferença entre calor e temperatura?

Rumford: Para Black, temperaturas iguais significavam que os corpos possuíam as mesmas intensidades ou graus de calor; uma coisa bem diferente da quantidade de calor. A idéia de temperatura de Black – por vezes por ele mesmo identificada como aquilo que marcava um termômetro – tinha, no entanto, um substrato teórico que a identificava com a tensão exercida internamente nos corpos pelo fluido calórico. Este é um ponto muito importante; mas, frequentemente ignorado nos livros-texto de física que costumadamente atribuem à teoria do calórico a não distinção entre calor e temperatura. Historicamente,

no entanto, tal distinção constituiu-se exatamente em uma das maiores contribuições da teoria do calórico.

Jonas: Puxa vida, eu sempre disse exatamente o contrário em sala de aula. Eu sempre ensinei que segundo a teoria do calórico a temperatura era o mesmo que a quantidade de calor de um corpo. Que mancada!

Rumford: Não se culpe por isso, boa parte dos livros-texto de física diz isso mesmo. Algum autor desinformado inventou um dia essa abobrinha e os outros descuidadamente saíram repetindo até hoje (risos).

Severino: As idéias que você apresentou do Black dão a entender que o calor era considerado como algo que se transferia de um corpo com temperatura mais alta para outro corpo de temperatura mais baixa. Como isso contribuiu para que o Black construísse a teoria do calórico?

Rumford: O Black foi realmente o principal construtor da teoria do calórico. Ele tentou dar conta das suas observações dos fenômenos térmicos baseando-se numa visão substancialista do calor que implicou no estabelecimento de propriedades mais sofisticadas para esse fluido.

João: Eu estou confundindo a teoria substancialista com a teoria do calórico. Elas são a mesma coisa?

Rumford: Bem, quase isso. Na verdade, como eu já falei, a teoria do calórico foi o fruto da sofisticação da teoria substancialista. Essa teoria mais sofisticada – a do calórico – explicava fenômenos como: o aquecimento e o resfriamento dos corpos, a dilatação térmica, a condução do calor, assim como as mudanças de fase dos corpos e outros mais. Os novos conceitos de quantidade de calor, de calor específico e de calor latente – apresentados também por Black – passaram a integrar, de forma decisiva, a fundamentação dessa nova teoria substancialista, a teoria do calórico.

Amélia: Você falou que a calorimetria foi uma filha da teoria do calórico, não foi isso?

Rumford: Foi! Os conceitos de quantidade de calor e de capacidade térmica nasceram no contexto da teoria do calórico.

Amélia: Como assim?

Rumford: Vocês deviam ter entrevistado o Black; mas, eu vou explicar isso para poder chegar às minhas próprias contribuições. Veja: misturando quantidades iguais de água, que em condições iniciais possuíam temperaturas diferentes e estavam termicamente isoladas, Black concluiu que a temperatura final de equilíbrio situava-se no meio entre as temperaturas iniciais consideradas. Parecia, portanto, convidativo imaginar que neste processo

alguma coisa havia passado entre as duas massas de água, ou seja, que o calor poderia ser encarado como uma quantidade de um certo fluido que se transferia de um corpo para o outro. A concepção do calor como uma substância colocava-se assim em consonância com o conceito filosófico de conservação da matéria aceito na época. Nos experimentos com misturas, o calor não poderia ser criado nem destruído, a quantidade de calor permaneceria constante [2]. Entenderam?

Severino: Entendido, mas que lei é essa de conservação do calor? Essa eu não conheço. Você deve estar querendo dizer “conservação da energia”, não? Que eu saiba, não há nenhuma lei de conservação do calor.

Rumford: Bem, a idéia geral de conservação da energia só viria a ser estabelecida no século XIX, no contexto exato do desenvolvimento da termodinâmica. Ela envolveria o relacionamento entre o calor, a energia interna do corpo e o trabalho realizado; mas, essa é uma outra história que vocês deveriam conversar com o Mayer ou com o Joule ou melhor ainda com o Helmholtz. Eles vieram depois de mim e são os principais responsáveis por esse troço. Deixe-me falar das coisas da minha época.

Jonas: Pois bem, mas como era essa coisa que você falou da conservação do calor?

Rumford: Esse era exatamente o ponto nevrálgico da questão. Esta idéia da conservação do calor era, portanto, vital para a teoria do calórico e seria um dos principais flancos de ataque que os seus opositores viriam a desenvolver no final do século XVIII e no século XIX. Dentre estes opositores, eu fui um dos pioneiros. Como vocês devem saber, o Black havia observado que quando diferentes quantidades de água eram misturadas, a temperatura variava numa proporção inversa às suas respectivas massas. Na linguagem atual, poderíamos expressar uma tal observação calorimétrica escrevendo que: $m_a \Delta\theta_a = m_b \Delta\theta_b$, ou seja

$$\Delta\theta_b = \frac{m_a}{m_b} \cdot \Delta\theta_a.$$

Um problema, entretanto, apresentava-se: esta observação não era válida para misturas de corpos de naturezas diferentes, pois a proporção acima referida não se verificava. Algo mais complexo, portanto, parecia ocorrer numa tal situação, requerendo, assim, a construção de um novo conceito que desse conta da mesma.

João: É aí que entra a idéia de calor específico, não?

Rumford: Exatamente! Esse talvez te-

nha sido o ponto mais alto das contribuições dadas pela teoria do calórico: a construção do conceito de calor específico dentro do seu contexto substancialista. Em suas concepções, Boerhaave e Musschenbroek, admitiam que a capacidade de um corpo absorver calor dependia do seu volume ou de seu peso. Por exemplo, para corpos de chumbo e ferro que possuíssem o mesmo volume, era requerida a mesma quantidade de calor para obter uma mesma variação de temperatura. Black, por sua vez, tendo analisado os experimentos descritos no livro publicado por Boerhaave em 1732, concluiu que não havia uma proporcionalidade entre a quantidade de calor e a quantidade de matéria em corpos de materiais diferentes.

Jonas: Mas como ele chegou a essa conclusão?

Rumford: Black argumentou dizendo que, se tal proporção existisse, a quantidade de calor para aquecer 1 libra de água, aumentando sua temperatura de 1 °F, deveria ser a mesma para aquecer 1 libra de mercúrio obtendo a mesma variação de temperatura. As diferenças nas quantidades de calor observadas em tais aquecimentos eram, para Black, uma contra-evidência empírica da existência da proporcionalidade acima referida [2]. O mesmo argumento seria utilizado ao considerar corpos de densidades diferentes. Sabendo-se que a densidade do mercúrio é aproximadamente 13 vezes maior que a densidade da água, então a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura em 1 °F de um certo volume de mercúrio deveria ser 13 vezes maior que a quantidade de calor necessária para elevar o mesmo valor da temperatura de um mesmo volume de água. Os resultados numéricos obtidos por Black seriam bastante diferentes dos aqui apontados, de forma simplificada, nesta nossa argumentação [3].

João: Você sabe, exatamente, como Black afirmou isso?

Rumford: Isso está no livro do Robison, que foi aluno dele, relatando as aulas do Black. Segundo o Robison, Black afirmou que “a quantidade de calor que leva 2 volumes de água a aquecer por, digamos 25 graus, é suficiente para fazer 3 volumes de mercúrio aquecer do mesmo número de graus. O mercúrio, portanto, tem menor capacidade para o calor (se me for permitido o uso desta expressão) do que a água; uma quantidade menor de calor é necessária para elevar sua temperatura pelo mesmo número de graus” (*apud* [3, p. 132]).

Jonas: E daí nasce diretamente o conceito de calor específico.

Rumford: Isso! Os experimentos levaram Black a concluir que corpos de

naturezas diferentes possuíam diferentes capacidades de absorção do calor. Este é o germe da idéia de calor específico.

Amélia: E como a teoria do calórico dava conta dos fenômenos de mudanças de fases? O conceito de calor latente já existia?

Rumford: Certamente a teoria do calórico explicava as mudanças de fase. O conceito de calor latente também nasceu no contexto da teoria do calórico. Naquela época, no século XVIII, acreditava-se que para um corpo mudar do estado sólido para o estado líquido, por exemplo, era requerida a adição de uma pequena quantidade de calor. Black argumentou contrariamente a essa posição. Ele afirmou que “a fusão tem sido considerada universalmente como causada pelo acréscimo de uma quantidade muito pequena de calor a um corpo sólido, uma vez que ele tenha sido aquecido até o ponto de fusão; e o retorno do estado líquido para o estado sólido como dependendo de uma diminuição pequena da quantidade de calor... Acreditava-se que este pequeno acréscimo de calor durante a fusão era necessário para produzir uma elevação como indicado por um termômetro... A opinião que eu formei... é a seguinte. Quando o gelo ou qualquer outra substância sólida é fundida... uma grande quantidade de calor entra no mesmo... sem produzir aparentemente aquecimento, quando medido por (um termômetro)... Eu afirmo que este grande acréscimo de calor é a causa principal e mais imediata da liquefação induzida” (*apud* [2, p. 409]).

Jonas: Mas como ela justificava essas suas afirmações?

Rumford: Black justificou sua afirmação com resultados quantitativos baseados em experimentos com o calorímetro, um instrumento desenvolvido por ele mesmo para medir a quantidade de calor. “Ele pegou um calorímetro (copo de vidro) de massa 32 g, contendo 467 g de água inicialmente a 88 °C. Levou rapidamente 404 g de gelo seco a 0 °C para o calorímetro, observando que o equilíbrio térmico acontecia para a temperatura de 12 °C. A quantidade de gelo e água não eram tão diferentes. Se a mudança de fase não tivesse sido considerada, esperar-se-ia uma temperatura próxima de 40 °C. A temperatura encontrada tinha sido muito abaixo, o que reforçava a hipótese de Black. Uma grande quantidade de calor deveria ter sido transferida para derreter o gelo a 0 °C” [2].

Os novos conceitos introduzidos na calorimetria, assim como os fenômenos a eles associados encontraram na teoria do calórico ótimas explicações.

Cleide: Eu estou começando a encarar a teoria do calórico com mais respeito. Eu

sempre pensei que ela fosse uma teoria meio maluca, sem pé nem cabeça. Mas em que bases filosóficas ela estava assentada? Quero dizer, como toda teoria ela devia conter os seus próprios pressupostos metafísicos. Quais eram eles?

Rumford: Muito interessante a sua pergunta minha senhora. Os livros-texto de física que vocês usam nunca, ou quase nunca, falam sobre os pressupostos das teorias. Isto me parece um crime. Pois bem, veja lá: a partir de 1760 a teoria do calórico já estava bem estabelecida existindo, portanto, toda uma formulação para a mesma com algumas propriedades básicas. Entre os seus pressupostos estavam, por exemplo:

1. O calórico era uma substância material, um fluido elástico, substância esta que não poderia ser criada nem destruída;
2. Ele era constituído de partículas que se repeliam entre si, mas que eram atraídas pelas partículas da matéria ordinária;
3. A magnitude da atração era diferente para diferentes materiais;
4. O calórico poderia ser *sensível*, onde se difundia através do corpo penetrando em suas partes vazias e, por atração ficaria como uma capa ao redor das partículas da matéria ordinária;
5. O calórico poderia, alternativamente, ser *latente*, agindo com as partículas atrativas de forma semelhante a das combinações químicas [2, 4].

Alexandre: Eu creio que seria interessante fazer uma comparação entre a teoria do calórico e a teoria dinâmica, a sua principal concorrente; porque eu creio que há várias semelhanças entre elas e não apenas diferenças. E isso confunde a cabeça do iniciante, o senhor não acha?

Rumford: Claro que confunde! É por isso que estudar a história da física, a história do surgimento dos conceitos físicos e das relações matemáticas entre os mesmos pode ser algo bastante esclarecedor. Neste sentido, é importante assinalar que a teoria dinâmica do calor e a teoria do calórico apresentavam realmente tanto semelhanças quanto diferenças entre si. Em primeiro lugar, ambas pressupunham uma natureza corpuscular da matéria, diferentemente do que habitualmente costuma ser apresentado nos livros-texto de vocês, nos quais o calórico é geralmente representado, de forma absurdamente equivocada, como sendo um fluido contínuo. Como eu já assinalei antes, o calórico tinha uma estrutura interna, do mesmo modo que a matéria ordinária, e essa era também uma estrutura de natureza corpuscular.

Jonas: Eu estou espantado com essa sua afirmação! O calórico tinha também uma natureza corpuscular? Mas, então,

qual era a diferença entre a teoria do calórico e a teoria dinâmica? Sempre pensei que essa fosse exatamente a diferença entre elas.

Rumford: A principal diferença entre elas residia no fato de que enquanto a teoria dinâmica tratava apenas com corpúsculos da matéria ordinária, a teoria do calórico pressupunha a existência igualmente de partículas de um fluido sutil. Por outro lado ainda, o calor na teoria dinâmica era visto como um resultado do movimento, não diretamente acessível aos sentidos, um movimento das partículas da matéria comum, enquanto que a teoria do calórico pressupunha que tais partículas eram mantidas estáticas. O próprio fluido calórico mantinha as suas partículas igualmente estáticas envolvendo as partículas da matéria comum, como a casca de uma fruta. Em um tal modelo, as tensões estáticas, e não o movimento de quaisquer partículas, é que eram vistas como responsáveis pelas variações de temperatura. Assim, ambas as teorias falavam em *calor de um corpo*, algo bem diferente da visão moderna de calor como um processo. No entanto, enquanto na teoria dinâmica o calor de um corpo estava associado à *vis viva* das partículas da matéria comum – dada pelo produto da massa pelo quadrado da velocidade – na teoria do calórico o calor de um corpo estava relacionado com a quantidade do fluido calórico presente.

Severino: Puxa, cara, como essa teoria do calórico era interessante e ao mesmo tempo complicada. E apesar de tudo isso você ainda contribuiu para derrubar essa teoria? Quer dizer, você começou o ataque mais forte a esta teoria? Por quê? Ela não era tão boa?

Rumford: Porque, apesar de todas essas suas potencialidades ela apresentava alguns sérios problemas que me incomodavam. E esses problemas foram tomando vulto até que...

Amélia: Eu acho que o Severino está sendo muito apressado. Eu gostaria de conhecer ainda um pouco mais sobre a teoria do calórico. Porque, de início, como eu não achava essa teoria lá grande coisa, eu pensei cá comigo: “grande coisa contribuir para derrubar uma besteira dessas”. Mas, agora, eu estou percebendo que a coisa não é bem assim. E neste caso, tentar derrubar uma teoria coerente e bem estabelecida me parece algo realmente grandioso. Principalmente quando essa derrubada conduziu à construção da termodinâmica.

Rumford: Isso minha cara senhora! Você agora deve estar entendendo porque eu estou gastando tanto papo com a teoria do calórico. De que adianta contribuir decisivamente para derrubar uma teoria se ela não é lá grande coisa? A teoria do calórico

era, realmente, grandiosa. Portanto, deixe-me falar um pouco mais sobre o seu poder explicativo. Isso prepara bem o terreno para o meu posterior ataque à mesma. Eu nasci no seio da teoria do calórico, mas voltei-me decididamente contra ela.

João: Essa sua vocação de ser traidor desde pequeno a gente já entendeu; mas, o que eu quero saber é: quais fenômenos a teoria do calórico explicava e como ela os explicava?

Rumford: Bem, a teoria do calórico veio a dar conta das explicações de grande parte dos fenômenos ligados ao aquecimento dos corpos. Por exemplo: O *aumento de temperatura* estava baseado na hipótese da existência de diferentes espaços entre as partículas de diferentes materiais. De acordo com o maior ou menor espaço existente entre as partículas, o material teria uma maior ou uma menor capacidade específica de reter o calor. Deste modo, uma mesma quantidade de calor fornecida a dois corpos de diferentes materiais e de mesma massa ocasionaria *diferentes tensões estáticas do fluido calórico* que se revelariam macroscopicamente como diferentes temperaturas. A situação assemelhava-se às tensões exercidas por uma mesma quantidade de ar em dois balões de festa de diferentes capacidades volumétricas.

João: Que interessante! E as dilatações térmicas, como elas eram explicadas?

Rumford: A *dilatação dos sólidos* era explicada com a argumentação de que quando um corpo recebia uma certa quantidade de fluido calórico, a atração entre as partículas da matéria ordinária predominava sobre a repulsão das atmosferas das partículas de calórico que cercavam tais partículas de matéria comum, até o limite em que uma quantidade suficiente desse calórico introduzido dava lugar a uma expansão que conduzia a um novo equilíbrio das forças internas.

Jonas: Legal! Muito interessante mesmo. E quanto às mudanças de fase, o que dizia a teoria do calórico?

Rumford: A *mudança de fase*, a fusão, por exemplo, ocorria quando uma quantidade de calórico introduzida no corpo fosse de tal ordem que a repulsão entre as partículas do fluido de calor superava a atração das partículas da matéria ordinária.

Severino: Uma explicação, sem dúvida, muito interessante. E quanto à condução térmica?

Rumford: Bem, a *condução térmica* era explicada pela teoria do calórico pressupondo que o fluido calórico era atraído pelas partículas da matéria ordinária. Assim, uma pequena quantidade de calórico adicionada a um corpo, acarretava no surgimento de uma atração maior deste fluido

pelas partículas da matéria comum. Aquecendo-se, por exemplo, a extremidade de uma barra de metal, a força de atração, naquele ponto, diminuía. O calórico que estava sendo introduzido na barra era atraído mais intensamente pelas partículas vizinhas, havendo desta maneira uma transmissão de calor de um ponto para outro em um corpo.

Amélia: Teoria engenhosa, essa! E pensar que eu sempre achei que essa teoria era uma bobagem. Mas e o calor radiante? O que a teoria do calórico afirmava sobre ele?

Rumford: Olhe, o *calor radiante* foi um conceito introduzido justamente pelos caloristas para que se pudesse dar conta das dificuldades de explicar como o calor poderia propagar-se no vácuo. Na ausência da matéria comum as partículas do calórico se auto-repeliem, e o fluido do calor era então liberado e viajava através do vácuo. Este era um dos pontos mais fortes da teoria do calórico, pois a teoria dinâmica não explicava bem a transmissão do calor por irradiação. As pessoas costumavam dizer, apenas, que a teoria do calórico sofria ataques dos adeptos da teoria dinâmica do calor. A questão é que os caloristas também contra-atacavam seriamente as bases da teoria dinâmica do calor. E a questão da transmissão do calor por irradiação era um dos pontos mais fracos da teoria dinâmica. Percebam, portanto, que derrubar uma dessas teorias não era nada simples. As pessoas costumavam pensar que bastava colocar um defeito em uma teoria para que ela caísse. Mas isso é ingênuo, porque, no nosso caso, mesmo que uma teoria não explicasse um certo fenômeno, ela explicava bem uma série de outros fenômenos. Cada teoria era complexa como uma estrutura. Você mexia aqui, e ela balançava ali, sacou? E ainda tinha a questão dos contra-ataques.

Zé Roberto: Como assim?

Rumford: Porque se um adepto de uma dessas teorias achasse um defeito, uma falha, na teoria concorrente, os adeptos dessa outra teoria também encontravam falhas na dele. E aí, companheiro, o clima era de disputa, mesmo. Na verdade, esse clima de disputas interpretativas é uma parte inerente da história da ciência. A visão açucarada propagada pelos livros-texto é que dificulta a nossa percepção desta característica essencial do desenvolvimento histórico da ciência.

Alexandre: Isso me leva a levantar uma questão de natureza filosófica: o Thomas Kuhn afirma que esse clima de disputas se dá apenas porque não há um paradigma bem estabelecido. Para ele, após haver a aquisição de um paradigma, os cientistas tornam-se mais conservadores, autênticos reacionários, praticantes da ciência

normal. O que é que o nosso caro conde acha disso?

Rumford: Olha, eu apesar de morto, já faz tempo, sou um cara pós-Kuhniano (risos).

Amélia: Como assim? Você morreu em 1814 e *A Estrutura das Revoluções Científicas*, do Thomas Kuhn, é dos anos 1960 [5]. Conta essa história direito.

Rumford: Bem, eu li a obra do Kuhn, depois de morto, claro, e confesso que não gostei dela. Eu tenho boas razões para isso e disse isso a ele mesmo, recentemente, lá no céu.

Amélia: Explique isso direitinho, eu não gostei do que o senhor acabou de dizer. O Thomas Kuhn é o meu ídolo. Ele criticou veementemente o papel da encucação ideológica exercida pelos livros didáticos. Eu adoro aquele livro. Para mim o Thomas Kuhn é o sinônimo da própria filosofia da ciência moderna.

Rumford: Não apenas a senhora pensa assim; o Kuhn virou moda entre os educadores, mas eu não estou de acordo com os pontos de vista do Kuhn. Para mim ele simplifica enormemente a história da ciência. Só dessa forma as suas posições podem ser mantidas. A minha história é um contra-exemplo do que diz o Thomas Kuhn.

Amélia: Como assim?

Rumford: Para início de conversa, não é verdade que o Kuhn tenha sido esse revolucionário que a senhora e muitos dos senhores talvez acreditem. Ele não criticou o papel ideológico dos livros didáticos, ele apenas constatou um tal papel, o que é muito diferente. E no final do livro ele defendeu esse papel ideológico para a continuação do que ele mesmo chamou de “ciência normal”. E ainda permitiu-se fazer considerações sobre a Educação do futuro cientista, desse deslavado cerebral que ele imaginava serem todos os cientistas. Eu até admito que muitos cientistas são exatamente o que o Thomas Kuhn disse: meros solucionadores de quebra-cabeças. O problema é que para ele esse é “o protótipo do cientista” e para mim não. Eu, por exemplo, criei dentro dos cânones da teoria do calórico e diante do que pareciam evidências empíricas muito fortes eu me voltei contra o modelo que sempre havia acreditado, contra o calórico. E veja, que eu não estava voltando-me contra nenhuma galinha morta. E eu estava cortando na minha própria carne.

Zé Roberto: Essa sua vocação de traidor nós já entendemos, mas será que todos os cientistas têm de ser traíras como o senhor foi?

Amélia: Falando sério, senhor conde, o Thomas Kuhn admite que em períodos revolucionários, como aquele no qual o se-

nhor viveu, coisas assim acontecem. Ele admite que alguns praticantes da ciência podem-se voltar contra a ortodoxia.

Rumford: Isso é uma ofensa à história! Na minha época, a teoria do calórico não estava balançando, ela estava muito bem assentada.

Amélia: Mas não era paradigmática, era apenas a concorrente mais forte.

Rumford: Não importa! Eu não participei de nenhuma “revolução científica”, eu não entrei como uma “Maria vai com as outras” em nenhum trio elétrico da história. Eu critiquei aquilo que era o dogma mais bem posto da área – a teoria do calórico – dogma este no qual eu sempre acreditara até então, mas o fiz baseado no que supunha serem ótimas evidências empíricas. Mas, eu fui muito cauteloso na crítica. O meu trabalho é um contra-exemplo daquilo que diz o Kuhn. O problema é que muitos dos senhores educadores fazem filosofia da ciência de gabinete, sem um estudo acurado da história da ciência. E aí ocorre aquilo que dizia o Imre Lakatos parodiando o Kant: a filosofia da ciência sem a história da ciência fica cega. E é nesse terreno escuro do desconhecimento dos fatos históricos que o Kuhn faz a sua festa, a festa que a senhora Amélia tanto aprecia.

Amélia: O senhor dobre essa sua língua, seu defunto narigudo.

Rumford: E a senhora; viúva do Thomas Kuhn!

Alexandre: Meu caro senhor conde, eu acho melhor o senhor parar por aí com esses seus ataques ao Thomas Kuhn, pois o fã clube dele ainda é muito grande entre os colegas da nossa área. Se bem que atualmente a moda é se associar ao fã clube do Bruno Latour, um sujeito que se diz pós-modernista. O senhor não disse que é pós-kuhneano; pois cuidado para não ser confundido com o Bruno Latour.

Rumford: Tudo, menos isso! Esse eu ainda não tive a oportunidade de encontrar lá por cima; mas, sei que o Alan Sokal já deu conta dele.

Amélia: Como, assim?

Rumford: O Alan Sokal é aquele físico americano que levou ao ridículo as teses esdrúxulas dos pós-modernistas e que escreveu um livro interessantíssimo intitulado *Imposturas Intelectuais* com Jean Bricmont. O Mario Bunge, um influente filósofo da ciência, é outro que também tem combatido com bastante vigor as concepções desses tais “pós-modernistas”.

Alexandre: Mas, como o senhor deve imaginar, nós estamos pisando em um terreno lodoso, ardente de paixões ideológicas. Por isso, todo cuidado é pouco.

João: Mas, eu estou interessado. Eu tenho umas amigas que são exímias

sofistas que apreciam muito este tipo de literatura pós-modernista. Elas misturam conceitos de mecânica quântica com tudo, até com literatura de cordel (risos).

Rumford: Bem, eu soube disso apenas recentemente. Na verdade, toda essa onda de críticas severas contra o tal do pós-modernismo parece que começou de uma forma um tanto virulenta quando o Alan Sokal – um homem de esquerda e com militância em países de terceiro mundo – revêltado com a farsa das publicações ditas “pós-modernistas” enviou um artigo com um título bombástico de *Transgressing the Boundaries: Toward a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity* (*Transgredindo as Fronteiras: Em Direção a uma Hermenêutica Transformativa da Gravitação Quântica*) para uma conceituada revista dos pós-modernistas intitulada *Social Text*. O artigo do Sokal era uma autêntica armadilha onde ele misturava propositalmente coisas sem o menor sentido, unindo citações de filósofos ditos pós-modernistas com vários disparates envolvendo matemática e física avançadas, do mesmo modo como costumam fazer os ditos filósofos. O artigo recebeu uma excelente acolhida no seio da comunidade pós-modernista e foi logo publicado. Entretanto, logo em seguida, Sokal denunciou a farsa e o logro em que os tais filósofos haviam caído. A coisa evoluiu para a escrita do livro com Jean Bricmont e que em português foi publicado com o título de *Imposturas Intelectuais*. Nele os autores expõem a fragilidade e a verdadeira farsa dos argumentos dos “pós-modernistas”. Ali estão expostos, por exemplo, o uso estapafúrdio feito por Jacques Lacan de conceitos de Topologia, a utilização inapropriada da teoria dos conjuntos por Julia Kristeva, da mecânica dos fluidos por Luce Irigaray e da geometria não-euclidiana por Jean Baudrillard, para mencionar apenas alguns.

Alexandre: Cuidado, senhor conde, eu estou lhe avisando! Os sócios do fã clube dos pós-modernistas não vão gostar. E eles são confusos por natureza, mas são muito barulhentos. O Sokal que o diga.

Rumford: E o que o senhor acha que eu devo fazer, então?

Alexandre: A questão é que se o senhor continuar a falar essas coisas sobre o Thomas Kuhn e mais ainda sobre o Lacan e outros ainda mais iluminados, os seus fãs não vão gostar dessa sua entrevista. Assim, eu acho mais prudente o senhor voltar ao seu assunto histórico e explicar melhor por que é que a transmissão do calor por irradiação não cabia direito no contexto da teoria dinâmica.

Rumford: Tudo bem! Mas, o leitor inteligente poderá ler o livro do Alan Sokal

e do Jean Bricmont e saberá tirar as suas próprias conclusões. Voltemos, portanto, à nossa questão da radiação térmica.

Alexandre: Isso, senhor conde. Como meu personagem, o senhor não pode colocar-me em mais uma enrascada; já tenho inimigos demais.

Rumford: Pois bem, retomemos então o tema da irradiação do calor. A questão é que para a teoria dinâmica, o calor era apenas o movimento transmitido pela contínua vibração das partículas da matéria comum. O Daniel Bernoulli e o Rugero Bosovich foram dois campeões dessa teoria no século XVIII. A coisa toda já continha o germe daquilo que viria a se desenvolver, no século XIX, como a teoria cinética, como o fundamento mecânico da termodinâmica, o tratamento estatístico dos fenômenos microscópicos. Quem me dera se eu ainda estivesse vivo para trabalhar com a termodinâmica; que ciência linda, meu Deus!

Zé Roberto: Mas, qual era mesmo o problema da explicação da teoria dinâmica para a transmissão do calor por irradiação?

Rumford: O problema é que a teoria dinâmica funcionava muito bem para explicar o calor no interior dos corpos, ou mesmo na transmissão por condução, mesmo no ar. Bastava pensar como em um modelo de uma bolinha batendo na outra, balançando todas para lá e para cá. E lá ia o movimento sendo transmitido. Isso era o calor para os adeptos da teoria dinâmica.

Jonas: Mas, é exatamente dessa maneira que eu ensino na Escola. Nos livros também é assim que o calor é explicado. E até agora eu sempre pensei que o senhor houvesse contribuído exatamente para fazer com que essa visão viesse a ser a vencedora. Não foi, mais ou menos isso que o senhor concluiu ao interpretar o seu experimento do canhão?

Rumford: Isso é complicado, mesmo. Foi sim; mas, eu estava em alerta para as dificuldades da visão dinâmica. Daí eu haver sido muito contido nas minhas afirmações, justamente eu que nunca havia sido um cara contido. Não era uma mera questão de estilo. Aí está o meu problema com a interpretação do Kuhn. Daqui a pouco a gente conversa melhor sobre o meu experimento do canhão. Deixe-me continuar a falar da questão da transmissão do calor por irradiação.

Jonas: Isso! Vá em frente!

Rumford: Pois, bem! Como eu estava dizendo, no interior da matéria, mesmo em um meio tão pouco denso como o ar, era fácil compreender a transmissão do calor com esse modelo de partículas da matéria comum que vibravam e batiam umas nas outras e lá ia essa vibração sendo transmi-

tida espaço afora. Eu adorava esta teoria das vibrações.

Zé Roberto: Ótimo, e não é assim, mesmo?

Rumford: Calma! Há perigo na estrada! Como é que você explicaria, por exemplo, a transmissão do calor através do vácuo? Como é que o calor poderia vir do Sol até a Terra? Se você imaginar que há um vácuo, então não tem mais as tais bolinhas, as tais partículas da matéria ordinária, batendo umas nas outras e servindo de mecanismo de transmissão desse movimento que denominamos de calor. Está vendo como eu precisava ser cauteloso? Eu comecei a sentir, ao fazer o experimento do canhão, como discutiremos mais adiante, que a teoria do calórico apresentava um furo incontornável, mas, por outro lado, a teoria dinâmica também me parecia furada. Daí a minha cautela. Eu nunca fui bobo de botar a minha cara para levar tapa. Por mais evidências contrárias à teoria do calórico que existissem, isso não significava que a teoria dinâmica estivesse ainda suficientemente bem posta. Então, enquanto eu não tinha nenhuma forma de explicar essa coisa toda, tudo que eu poderia fazer era me contentar em achar novas peças de evidência contrárias ao calórico. Mas a angústia e a insegurança eram enormes. Era matar algo sem ter o que colocar no lugar. Entendeu porque eu nunca poderia considerar-me um revolucionário? Revolucionários precisam ter uma utopia na qual acreditarem, uma causa que eles acreditem ser justa e pela qual lutem. Algo positivo, não apenas algo negativo. Faltava-me esta coisa positiva, que eu não imaginava o que poderia vir a ser. Evidentemente eu nada sabia sobre as ondas eletromagnéticas e a sua propagação. Isso apareceu muito depois da minha morte. Tudo o que eu pude perceber na minha época foi que, de algum modo, o calor deveria ser algo como o movimento, mas não no sentido estrito da velha teoria dinâmica. E dessa sinuca eu nunca saí. Morri sem sair dela. Ah!, se eu houvesse vivido no final do século XIX para conhecer o eletromagnetismo.

Severino: Puxa! Eu nunca havia pensado nessas coisas todas. Eu agora estou é atrapalhado para dar as minhas aulinhas de física. Essa coisa de história da física embanana a cabeça da gente. Ela obriga a gente a pensar e a duvidar de muitas coisas que a gente diz como se fossem triviais.

Rumford: Exatamente! E coisas estas que estão longe de serem triviais! E não é por outra razão, senão para fugir deste conflito epistemológico e até psicológico, que as pessoas fogem da história como o diabo foge da cruz. A análise histórica desmonta

nossas mais íntimas convicções, abala as nossas próprias estruturas. É por isso que as caricaturas apresentadas pelos livros-texto nos parecem tão convidativas.

Amélia: Senhor conde, diga-me uma coisa: o senhor pensava mesmo assim, fazia todas essas reflexões filosóficas e educacionais?

Rumford: Minha cara senhora, quem está aqui a lhe conceder uma entrevista não é apenas o conde Rumford, morto e enterrado em 1814, como disse a senhora, momentos atrás. Quem está diante da senhora é um personagem construído pela imaginação do autor desta entrevista. Um personagem que tenta retratar o que o conde pensava à época em que viveu, mas que se permite incursões sobre tempos posteriores à sua morte. Eu, aqui, como este ser construído, como me apresento, sou um misto da minha consciência, da consciência de Benjamin Thompson, com “p”, com a consciência do autor e a consciência dos leitores deste texto. Eu sou um Projeto, também com P, mas um P maiúsculo. A minha preocupação aqui é pedagógica e filosófica. A minha intenção é despertar os senhores a pensarem sobre aquilo que ensinam e que julgam, por vezes, conhecerem tão bem. Eu não estou aqui apenas para falar de detalhes da minha biografia.

Zé Roberto: Então o senhor está aqui como o nosso conhecido “Chacrinha”. Está aqui para confundir! É isso?

Rumford: Deixo esta questão para a sua própria análise e para análise do leitor inteligente. O que é melhor: viver a angústia da dúvida ou a certeza da ilusão? Reflita e não procure logo a folha de respostas, pois a vida não é um mero livro didático.

Jonas: Gostei!

João: Pois, eu, agora, fiquei pirado, mesmo. Como é que se explica, então a transmissão por irradiação?

Rumford: Para responder isso eu vou ter, novamente, que falar de coisas que só vim saber depois de morto. Tudo bem? Não atrapalha quando eu voltar a falar como eu era, mesmo?

Alexandre: Atrapalha, um pouco. Isso está parecendo um filme francês da *Nouvelle Vague* onde as cenas viajavam constantemente entre o passado e o presente sem cortes visíveis e Hollywoodianos.

Rumford: Mas é isso aí mesmo. Vocês precisam transportar-se para o final do século XIX, bem depois da minha morte, para perceber o que eu quero dizer.

Zé Roberto: E o que é que você quer dizer, senhor conde? Explique logo.

Rumford: Que baixinho nervoso! Esse é pior do que eu. A questão é que esse problema só encontrou um princípio de solução a partir do momento em que o calor

passou a ser visto como uma radiação eletromagnética. Só uma visão eletromagnética da questão pode esclarecer esse problema. A termodinâmica, que já não era apenas uma ciência do calor, mas que incorporava também uma visão mecânica de mundo, em termos estatísticos referentes ao movimento das partículas, passou a englobar, também, aspectos eletromagnéticos.

Severino: Ainda estou sobrando.

Rumford: Veja, com Maxwell, as ondas eletromagnéticas ganharam uma realidade matemática, ainda que presas a velhos modelos da mecânica dos fluidos. Com Hertz, elas ganharam uma realidade física, mas com a relatividade, do Einstein, as ondas eletromagnéticas atingiram a sua maioria. Elas se tornaram realidades independentes, propagações de perturbações dos campos eletromagnéticos. E aí, a transmissão do calor por irradiação passou a ter um abrigo mais natural. Compreenderam? Acho que vocês deveriam conversar sobre isso com o Einstein, ele era apaixonado pela termodinâmica, sabiam?

João: Que tal trazer o conde para a época dele de novo e pedir para ele baixar a sua bolinha e falar novamente sobre a teoria do calórico? Se não fizermos isso, logo, o revisor da revista vai mandar cortar um bocado de coisas dessa entrevista.

Zé Roberto: Senhor conde, eu sou engenheiro civil e estou acostumado a ver os pedreiros martelando e dobrando vigas de ferro na construção. Sempre que isso acontece o ferro fica aquecido. A teoria do calórico também explicava esse fato?

Rumford: Sim, claro que sim! O aquecimento por processos de deformações mecânicas também poderia ser explicado pela teoria do calórico. Um metal sendo golpeado fortemente era aquecido porque o calórico ao ser comprimido diminuía as distâncias entre as suas atmosferas aumentando consequentemente a repulsão e liberando desta forma parte do calórico que estivesse ainda aprisionado ocasionando, assim, um aquecimento do metal [4].

Jonas: E o aquecimento por atrito?

Rumford: Isso! Agora você está chegando bem perto dos problemas que eu vim a enfrentar lá na fundição de canhões.

Jonas: Pois fale algo sobre como a teoria do calórico explicava o aquecimento por atrito. E explique, também, como era a explicação dos caloristas para o aquecimento por desbastamento do material. Desse modo, você chegará no âmago do problema a ser explicado.

Rumford: Isso, companheiro, você agora tocou o meu coração! Eu estou afunilando essas explicações em direção ao meu problema da perfuração de canhões. Veja lá: o aquecimento por atrito era expli-

cado de forma análoga ao aquecimento pelo martelamento, supondo-se a necessidade do exercício de uma certa pressão para que os corpos fossem atritados. Desta forma, um simples deslizamento, ou seja, um deslocamento das superfícies - com uma pressão reduzida - não deveria gerar calor.

Amélia: E o aquecimento por desbastamento?

Rumford: Este era exatamente o x da questão. Foi aí que a porca torceu o rabo, como veremos mais adiante (Risos). O aquecimento por desbastamento era explicado pela teoria do calórico, afirmando-se que o calórico era solto das atmosferas às quais estava preso. Ao ser liberado, este calórico ia aquecendo o meio ambiente. Foi justamente aí que eu entrei em cena ao escavar os canhões na Baviera.

Jonas: E então, o que foi que aconteceu?

Rumford: Aconteceu que eu coloquei o cilindro de metal girando no torno para que a broca fosse perfurando o mesmo lentamente. A questão é que à proporção que o orifício ia sendo cavado, a temperatura subia dramaticamente e por isso mesmo a peça de metal era colocada permanentemente dentro de um grande vaso com água. O desbastamento era feito de forma submersa e mesmo assim a água ainda fervia.

Severino: E daí?

Rumford: Daí que nós achávamos até então que aquele calor todo que aparecia estava sendo liberado pelo fato de que o metal estava sendo cortado em pequenas aparas e isso estava contribuindo para liberar o calórico que estava preso no metal.

Amélia: Esta me parece, de fato, uma boa explicação.

Rumford: Todos nós também pensávamos assim, mas então aconteceu um problema.

João: Que problema?

Rumford: Com o passar do tempo a broca foi se desgastando, ficando cega, de modo que raspava o metal sem conseguir mais cortá-lo.

Severino: Mas, qual era o problema, homem de Deus?

Rumford: O problema, senhor Severino, era que nestas condições, sem conseguir mais cortar o metal, o calórico não deveria mais estar sendo liberado, pois as aparas não estavam mais sendo produzidas, e deste modo, a água na qual a peça de metal estava imersa deveria resfriar um pouco.

Amélia: E resfriou?

Rumford: Muito pelo contrário! Não apenas a água continuou a aquecer como até ferveu. Estava claro que a broca cega conseguia misteriosamente liberar ainda mais calor do que quando conseguia cortar o metal e isso era um paradoxo. Se a

broca cega não conseguia cortar aparas do metal, como é que o calor continuava a ser liberado? E pior ainda, liberado em quantidade ainda maior do que antes.

Amélia: É! Isso parece realmente esquisito. E eu que já estava achando a teoria do calórico uma beleza.

Rumford: Mas, aí é que está! Mesmo não dando uma explicação para aquele novo fenômeno observado, ela ainda continuava a explicar satisfatoriamente uma porção de outros fenômenos como discutimos anteriormente. E ninguém iria abandonar uma teoria simplesmente porque ela não funcionava aqui ou ali, sem ter antes algo melhor para substituí-la. Pensar diferente é ingenuidade. E naquela época, não havia nada que pudesse concorrer à altura com a teoria do calórico em seu potencial explicativo.

Severino: Mas e esse problema do superaquecimento provocado pela broca cega, como o senhor resolveu?

Rumford: Eu fiz a conjectura bastante arrojada para a época de que o calor não deveria ser uma substância, mas que ele parecia ser uma forma de movimento.

Jonas: O senhor quer dizer, uma forma de energia, não?

Rumford: Eu não falei assim, mesmo porque a ideia de energia enquanto um conceito geral ainda nem existia. Ela só surgiria com vigor na segunda metade do século XIX, bem depois da minha morte, com os trabalhos do Helmholtz.

Amélia: Mas, então, o que foi mesmo que o senhor disse?

Rumford: Eu já expliquei. Eu considere a possibilidade de que o calor fosse apenas uma forma de movimento. Isso, certamente, contribuiu para abalar as estruturas da teoria do calórico, mas eu não diria jamais que eu refutei a mesma.

Alexandre: Muito bem, do que o senhor falou pode-se perceber a grande variedade de situações com as quais a teoria do calórico conseguia lidar de forma bastante satisfatória para a época. Mesmo diante dos seus ataques, com o seu célebre experimento do torneamento de canhões, a teoria do calórico persistiu ainda dominante por longo tempo.

Rumford: Isso! Ainda que tenham sido levantados vários obstáculos explicativos ao calórico, é preciso observar que a teoria dinâmica ainda não se constituía naquela época em um adversário à mesma altura.

Amélia: Por favor, fale-me um pouco sobre a transmissão de calor por convecção. O professor Alexandre me falou que foi o senhor quem descobriu este fenômeno. É verdade?

Rumford: Isso, mesmo! Foi durante uma daquelas minhas distribuições de so-

pa, em 1797. Eu havia percebido há anos que alguns pratos especiais mantinham a temperatura por muito mais tempo do que outros e que as tortas de maçã permaneciam surpreendentemente quentes por um longo período de tempo. Sempre que queimei a boca com elas ou que vi outras pessoas terem o mesmo infortúnio, tentei em vão descobrir os motivos responsáveis por aquele fenômeno.

Amélia: Onde é que entra a tal sopa, que o senhor falou?

Rumford: Bem, doze anos se passaram desde a minha primeira observação daquele misterioso fenômeno. Foi quando eu tive um encontro semelhante com a tal sopa; uma sopa grossa de arroz que me trouxeram bem quente, mas que eu deixara resfriando por uma hora. A primeira colherada que eu tomei, retirada de cima do prato fundo, estava fria e desagradável. A segunda colherada, mais do meio, entretanto, queimou-me a boca. Eu fiquei perplexo!

Zé Roberto: Por quê?

Rumford: Porque naquela época todos pensavam que a água era um bom condutor de calor. Por que, então, aquele prato cheio de água não resfriaria mais depressa?

Amélia: Sim, por quê?

Rumford: Bem, eu estava me perguntando exatamente isso, quando tive a sorte de examinar um enorme termômetro a álcool que eu havia construído para outros experimentos e que havia sido bastante aquecido. Eu o havia colocado no parapeito da janela para resfriar. Quando fui buscá-lo observei que o álcool contido no interior do grande bulbo estava em rápido movimento, correndo celeremente em duas direções opostas, para cima e para baixo, ao mesmo tempo.

Amélia: Como isso é possível? Uma coisa não pode correr simultaneamente para cima e para baixo. O senhor deve ter endoidado e não percebeu.

Rumford: Mas, minha senhora, o álcool é um líquido e não um corpo rígido. Partes dele estavam subindo enquanto outras partes estavam descendo. Qual é o problema?

Zé Roberto: É, Amélia, o conde tem razão. Você devia ter ficado calada.

Amélia: Não enche, Zé!

Rumford: Pois bem, examinando mais atentamente aquele fenômeno, eu percebi que a corrente ascendente ocupava o eixo central do tubo do termômetro e a descendente corria pelos lados do tubo. Eu então chamei aquele processo de *convecção*.

Cleide: Por que o senhor escolheu esta palavra?

Rumford: Muito interessante a sua pergunta, madame. Vejo que a senhora se interessa pela origem das palavras, pela eti-

mologia. Eu também sempre fui muito interessado em questões etimológicas. Pois bem, eu escolhi a palavra "*convecção*" porque ela vem do latim, de *convectionem* que significa o ato de carregar. Eu queria dizer com isso que o movimento de partes da matéria carregava consigo o calor. Entenderam?

Zé Roberto: O senhor pode dar um exemplo desse processo?

Rumford: Vocês podem perceber esse processo nas panelas. Quando a água é aquecida em uma panela, por exemplo, a parte da água que está no fundo sobe para o topo e é substituída por um fluxo de água fria, que é outra vez aquecida, de modo que há uma circulação contínua de água levando calor para todas as partes da panela.

Jonas: Quer dizer que esta sua descoberta da convecção foi bastante empírica, não?

Rumford: Isso! As descobertas empíricas também existem, não são apenas mitos como querem alguns filósofos moderninhos.

Alexandre: Vá devagar com esse seu andor meu caro conde que o santo é de barro. É verdade que essa sua descoberta foi empírica, mas a sua interpretação, a sua intuição em relação à convecção do calor pela água é que foi algo genial. Para mim, aí é que está o ponto mais importante de sua descoberta, a alteração que o senhor fez no conceito de condução do calor em relação à água. E este ponto está mais para o lado da intuição do que para o da indução, não é mesmo?

Rumford: Tem razão! Eu explico a situação à qual o senhor se referiu. A convecção é um processo muito mais eficiente como transporte de calor do que a condução. Naquela época, como já disse antes, achava-se que a água era um ótimo condutor de calor. E por que se pensava assim?

Amélia: Está olhando para mim? O senhor está perguntando a mim? Mas, não foi o senhor quem descobriu?

Rumford: Minha cara senhora, eu estou lhe perguntando apenas como uma forma de fazê-la pensar. Eu estou sendo socrático, entendeu?

Amélia: Desculpe, eu não havia percebido. Vá em frente, eu não sei mesmo a resposta.

Rumford: Pois bem, pensava-se que a água era um bom condutor porque ninguém havia percebido ainda o papel da convecção no transporte eficiente do calor. Na verdade, ninguém reconhecera que aquele tal processo ao menos existia, sacou agora?

Amélia: Saquei! Prossiga.

Rumford: Pois bem!

Zé Roberto: Homem de Deus! Pare de tanto dizer "pois bem" e desembuche logo

isso.

Rumford: Pois bem!

João: Não tem jeito, deixem o conde dizer o tal do “pois bem” senão não acabamos mais essa entrevista.

Rumford: Pois bem, eu saquei que a convecção existia. E adivinhei que a água na verdade é um mal condutor de calor e que...

Amélia: Pára, pára, pára! O senhor fez o quê?

Rumford: Isso mesmo que a senhora ouviu: eu adivinhei! Eu intuía, se preferir assim. Eu vi aquela situação sob um ângulo totalmente novo e iluminado pela criação do novo conceito de convecção que eu havia criado para dar conta daquilo que havia sido observado.

Jonas: Opa! Isso já não está me parecendo mais tão indutivista assim.

Alexandre: Pois é, a criação científica tem mais mistérios e sutilezas do que a indução pode comportar.

Rumford: Isso mesmo! E então a coisa toda clareou na minha mente. Com o conceito de convecção em mente, eu entendi que a água na verdade é má condutora de calor e que o problema com as tortas de maçã e com as sopas de arroz havia ocorrido porque o movimento da água tinha sido de algum modo obstruído.

Amélia: Genial!

Rumford: Obrigado, senhora, mas não precisa exagerar.

João: A ideia é realmente sensacional; mas, como o senhor poderia testar esta sua intuição? Como saber se a luz que o senhor estava vendo no fim do túnel não era o trem que estava chegando e não a saída do túnel? (Risos)

Rumford: Bem, o senhor tem toda razão. A intuição faz o cientista ver mais longe; mas ele, certamente, tanto pode estar vendo a saída do túnel quanto o trem (risos). E é aí que entra o papel do experimento.

Jonas: Como, assim?

Rumford: Eu testei aquela minha hipótese. Eu criei propositadamente uma situação artificial e controlada com a intenção deliberada de testar o que eu havia intuído. Eu impedi deliberadamente a convecção em duas painéis de água quente, dissolvendo amido em uma delas e introduzindo um edredom na outra.

Amélia: O senhor colocou o seu edredom para cozinhar? O senhor ficou louco?

Rumford: Não, minha cara senhora; mas, eu estou começando a ficar louco com essas suas perguntas meio malucas.

Amélia: O quê? Seu narigudo atrevido?

Jonas: Calma, Amélia! Deixe o conde explicar esse negócio da sopa de edredom (risos).

Rumford: Eu não fiz nenhuma sopa de edredom, eu apenas usei o edredom como uma forma alternativa de obstruir a convecção. Era isso que eu queria testar, entenderam?

Severino: Eu já havia entendido antes.

Rumford: Certamente, meu caro senhor Severino, o senhor é muito perspicaz. Como eu estava dizendo, descobri então que a água nessas duas painéis esfriava muito mais devagar do que a água em uma terceira painel na qual eu não havia colocado nada, nem edredom e nem amido. Claramente, o que fazia a diferença era a existência ou não de algo que atrapalhasse a convecção. Foi só então que tive mais convicção do que já estava suspeitando; de que nos alimentos como tortas de maçãs cozidas e nas sopas grossas como a de arroz, as correntes de convecção eram retardadas ou até mesmo bloqueadas pela presença de fibras e de substâncias dissolvidas que eram liberadas durante o cozimento. A camada superficial podia esfriar, mas o material quente no interior do alimento, não conseguia ser transportado para a superfície por convecção.

João: E que mais? Chega de falar de sopa quente.

Amélia: É verdade que o senhor se casou com a ex-mulher do Lavoisier depois que decapitaram o coitado?

Jonas: Eu vi um retrato pintado dela e a dita cuja me pareceu uma loura belíssima e dizem também que ela era muito rica.

Zé Roberto: Lá vem outro golpe do baú.

Rumford: É verdade, ela era rica e bonita, mas o casamento durou muito pouco. Eu não suportava aquela megera.

Jonas: O quê? Rica e bonita e o senhor ainda a chamava de megera? Eu acho bom o senhor tomar um pouco de Coca-Cola para se acalmar.

Lula: Mas, essa Coca-Cola está horrível e quente como uma sopa. E por falar nisso, eu preciso voltar a ler as minhas coisas sobre o Lacan, sobre *O Grande Outro...*

João: Essa eu não entendi senhor conde, o senhor também conhecia o Lacan?

Lula: Que senhor conde, João? Você pirou? Eu estou falando que esta Coca-Cola quente está uma droga e que não vou tomar mais nenhum gole. E preciso ler esse livro do Lacan, vocês ainda não entenderam?

Zé Roberto: Puxa, gente, parece que o efeito da Coca-Cola quente passou e o conde desapareceu. Vamos ter de nos conformar é com a presença do Lula novamente.

Lula: Do que vocês estão falando?

Amélia: Deixa para lá, você não vai acreditar! O conde Rumford esteve aqui e

nos deu uma baita de uma entrevista.

Lula: E como é que eu perdi essa oportunidade? E agora, como é que eu vou saber o que ele pensava?

Alexandre: Fique tranqüilo, meu caro. Eu anotei tudo o que aconteceu e estou submetendo a nossa entrevista à publicação. Basta esperar pelo próximo número da nossa *A Física na Escola* para ver se a entrevista vai ser publicada. Se publicarem, nós poderemos tentar entrevistar o Carnot ou o Mayer para saber o resto da história que o conde não contou; ou quem sabe o Joule ou o Kelvin, ou até mesmo o Clausius, o Helmholtz ou o Boltzmann. O certo é que há muita gente interessante com quem se conversar na história da física.

Referências

- [1] J. Bonjorno, R. Bonjorno, V. Bonjorno e C. Ramos, *Temas de Física* (Editora FTD, São Paulo, 1998).
- [2] A. Arons, *Development of Concepts of Physics* (Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1965).
- [3] D. Roller, *The Early Development of Concepts of Temperature and Heat – Rise and Decline of Caloric Theory* (Harvard University Press, Cambridge, 1950).
- [4] G. Holton e S. Brush, *Introducion a Los Conceptos y Teorias de Las Ciencias Fisicas* (Editora Reverè S.A., Barcelona 1976).
- [5] T. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (University of Chicago Press, Chicago, 1970).

Para saber mais

- J. Astolfi e M. Develay, *A Didática das Ciências* (Papyrus Editora, São Paulo, 1990).
- S. Brown, *American Journal of Physics* **15**, 273 (1947).
- S. Brown, *Count Rumford: Physicist Extraordinary* (Anchor Books, New York, 1962).
- S. Brown, *Benjamin Thompson, Count Rumford*. (MIT Press, Cambridge, 1981).
- S. Brown, *The Physics Teacher* **14**, 270 (1976).
- S. Brown, (ed) *Collected Works of Count Rumford, Volumes I-V* (Harvard University Press, Cambridge, 1968).
- S. Brown, *American Journal of Physics* **18**, 367 (1950).
- L. Carmo, *Perspectivas Históricas e Experimentais na Determinação do Equivalente Mecânico do Calor*. Dissertação de Mestrado, UFRPE, 2000.
- Len Fischer, *A Ciência no Cotidiano* (Jorge Zahar Editor, São Paulo, 2004).
- Bruno Latour e Steve Woolgar, *Vida de Laboratório – A Produção dos Fatos Científicos* (Editora Relume-Dumara, Rio de Janeiro, 1997).
- Alan Sokal e Jean Bricmont, *Imposturas Intelectuais* (Record, Rio de Janeiro, 1999).