



# O que é Ciência?

**Richard Feynman (1918-1988)**  
California Institute of Technology,  
Pasadena, California, USA

**Trad. Marcel Novaes**  
Universidade Federal de Uberlândia,  
Instituto de Física, Uberlândia, MG,  
Brasil  
E-mail: marcel.novaes@gmail.com

Agradeço o Sr. DeRose pela oportunidade de estar com vocês, professores de ciências. Também sou um professor de ciências. Tenho experiência apenas em ensinar alunos de pós-graduação em física e, como resultado dessa experiência, eu sei que não sei ensinar.

Tenho certeza de que vocês, que são verdadeiros professores trabalhando no nível mais baixo dessa hierarquia de professores, instrutores de professores, especialistas em currículo, também têm a certeza de que não sabem fazê-lo; caso contrário nem teriam se incomodado em vir a este encontro.

O tema “o que é ciência?” não foi escolha minha. Foi escolha do Sr. DeRose. Mas eu gostaria de dizer que acho que “o que é ciência” não é equivalente de modo algum a “como ensinar ciência”, e devo chamar sua atenção para isso por duas razões. Em primeiro lugar, pela maneira como preparei esta palestra, pode parecer que estou tentando dizer a vocês como ensinar ciência – e não estou fazendo isso de maneira nenhuma, porque eu não sei nada sobre crianças pequenas. Eu tenho uma, então eu sei que eu não sei. A outra razão é que eu penso que a maioria de vocês (porque ouço dizer e porque há tantos artigos e especialistas sobre o assunto) têm algum sentimento de falta de confiança. Vocês estão sempre ouvindo falar sobre como as coisas não estão indo bem e como deveriam aprender a ensinar melhor. Eu não vou criticá-los pelo mau trabalho que estão fazendo e indicar como ele pode ser melhorado; não é essa a minha intenção.

Na verdade, temos ótimos estudantes vindo para o Caltech e, ao longo dos anos,

eles têm chegado cada vez melhores. Como isso é feito, eu não sei. Fico pensando se vocês sabem. Não quero interferir com o sistema; ele é muito bom.

Dois dias atrás tivemos uma conferência na qual decidimos que não precisamos mais dar um curso de mecânica quântica elementar na pós-graduação. Quando eu era estudante, nem sequer havia um curso de mecânica quântica na pós-graduação; era considerado um assunto muito difícil. Quando eu comecei a ensinar, tínhamos um. Hoje nós ensinamos isso na graduação. E descobrimos agora que não precisamos dar mecânica quântica elementar para estudantes formados em outras instituições. Por que o assunto vai sendo ensinado cada vez mais cedo? Porque somos capazes de ensinar melhor na universidade, e isso acontece porque os estudantes estão chegando com um melhor treinamento.

O que é ciência? É claro que vocês devem saber, se vocês a ensinam. É do senso comum. O que posso dizer? Se vocês não

**Quando eu era estudante, nem sequer havia um curso de mecânica quântica na pós-graduação; era considerado um assunto muito difícil.**

**Quando eu comecei a ensinar, tínhamos um. Hoje nós ensinamos isso na graduação... somos capazes de ensinar melhor na universidade porque os estudantes estão chegando com um melhor treinamento**

souberem, toda edição do professor de todo livro didático oferece uma discussão completa do assunto. Há algum tipo de resumo distorcido, aguado e confuso das palavras de Francis Bacon de alguns séculos atrás, palavras que então eram consideradas profunda filosofia da ciência. Mas um dos

maiores cientistas experimentais da época que estava realmente fazendo algo, William Harvey, disse que o que Bacon achava que era a ciência era a ciência que o Lorde Chancellor faria. Ele [Bacon] falava em fazer observações, mas omitiu um fator essencial, que é o julgamento sobre o que observar e em que prestar atenção.

Conferência apresentada no décimo quinto encontro anual da National Science Teachers Association, 1966, em Nova York, e reimpresso a partir de *The Physics Teacher* 7(6), 313 (1968), [Palavras e símbolos entre parênteses adicionados por Ralph Leighton.]

Então a ciência não é o que os filósofos da ciência disseram que é, e com certeza não é o que a edição do professor diz que é. Decidir o que ela é foi o problema que eu me coloquei depois que aceitei dar esta palestra.

Depois de algum tempo, eu me lembrei de um pequeno poema:

Uma centopeia estava quieta e feliz,  
quando um sapo para brincar  
Disse "Por favor, qual perna vem depois  
de qual?"  
Isso criou dúvidas de forma tal  
Que ela se distraiu afinal  
Sem saber como andar.

Toda a minha vida eu fiz ciência sem saber o que era, mas o que eu vim dizer a vocês – qual perna vem depois de qual – não posso fazer e, além do mais, temo que, por analogia com o poema, depois que eu for embora não seja mais capaz de fazer pesquisa alguma.

Houve várias tentativas por parte de repórteres de obter uma versão resumida desta palestra; eu a preparei há pouco tempo, então isso era impossível; mas agora posso vê-los sair correndo para escrever uma manchete que diz: "O professor chamou o presidente da NSTA de sapo".

Levando em conta a dificuldade do assunto e minha aversão a exposições filosóficas, farei a apresentação de uma maneira pouco usual. Vou apenas contar a vocês como eu aprendi o que é ciência.

É um pouco infantil. Eu aprendi quando era criança. Tinha a coisa no sangue desde o começo. E quero contar a vocês como isso começou. Pode parecer que estou tentando dizer a vocês como ensinar, mas não é essa a minha intenção. Vou dizer o que é ciência contando como eu aprendi o que é ciência.

Foi culpa do meu pai. Quando minha mãe estava grávida, contam – não testemunhei diretamente a conversa – que ele teria dito: "Se for um menino, será cientista." Como ele sabia? Ele nunca me disse para ser cientista. Ele não era cientista; era um homem de negócios, um gerente de vendas de uma companhia de uniformes, mas ele lia sobre ciência e era apaixonado por isso.

Quando eu era bem pequeno – a história mas antiga de que me lembro – quando ainda comia em um cadeirão, meu pai brincava comigo durante o jantar. Ele tinha trazido um monte de ladrilhos retangulares para chão de banheiro de algum lugar em Long Island City. Nós os

colocávamos em pé, um ao lado do outro, e eu podia empurrar o primeiro e vê-los todos caírem. Até aí, tudo bem.

Depois, a coisa foi evoluindo. Havia ladrilhos de cores diferentes. Eu precisava colocar um branco, dois azuis, um branco, dois azuis e mais um branco e mais dois azuis – eu poderia querer colocar um azul, mas deveria ser branco. Vocês já reconhecem a típica esperteza malandra; primeiro divirta-o com brincadeira, depois lentamente introduza valor educacional.

Bem, minha mãe, que é uma mulher muito sensível, começou a perceber essa malandragem e disse "Mel, por favor deixe a pobre criança colocar um azulejo azul se ele quiser." Meu pai disse "Não, eu quero que ele preste atenção em padrões. É a única coisa matemática que posso fazer nesse nível fundamental." Se eu tivesse que dar uma palestra sobre "o que é matemática", eu já teria respondido. Matemática é buscar padrões (O fato é que essa educação teve um efeito. Tivemos um

teste direto experimental, quando eu fui para a escola. Tínhamos aula de tecelagem naquela época. Eles retiraram; é muito difícil para crianças.

Costumávamos tecer papel colorido em tiras verticais e produzir padrões. A professora ficou tão espantada que enviou uma carta para minha casa para relatar que esta criança era muito diferente, porque eu parecia ser capaz de adivinhar antes da hora qual seria o padrão, e produzia padrões incrivelmente intrincados. Então o jogo de azulejos teve efeito sobre mim).

Gostaria de apresentar outras evidências de que matemática tem a ver com padrões. Quando eu estava em Cornell, era fascinado pelo corpo discente, que parecia ser uma mistura diluída de algumas pessoas sensatas em uma massa de tolos que estudavam economia doméstica etc., incluindo muitas garotas. Eu costumava me sentar na cantina com os estudantes para comer e tentar escutar suas conversas e ver se havia alguma palavra inteligente saindo dali. Podem imaginar minha surpresa quando descobri uma coisa tremenda, ou assim me parecia.

Eu ouvi uma conversa entre duas garotas e uma estava explicando para a outra que se você quer fazer uma linha reta, você deve ir para a direita uma certa fração do quanto você sobe – ou seja, se você se move para a direita a mesma quantidade a cada vez que você sobe, então acaba traçando uma linha reta – um princípio profundo de geometria analítica. Eu não sabia que a mente feminina era capaz de enten-

der geometria analítica.

Ela continuou e disse, "Suponha que há uma outra reta vindo do outro lado e você quer saber se elas se intersectam. Imagine que uma das linhas se move duas casas para a direita para cada casa que sobe, e que a outra reta se move três para a direita para cada uma que sobe, e que elas começam a vinte casas de distância" etc. – Eu fiquei chocado. Ela deduziu onde era a intersecção. Uma garota estava explicando para a outra como bordar meias. Assim, eu aprendi uma lição: a mente feminina é capaz de entender geometria analítica. As pessoas que por anos insistiram (contra toda a evidência em contrário) que os homens e as mulheres são igualmente capazes de pensamento racional podem estar certas. A dificuldade talvez seja que ainda não descobrimos uma maneira de nos comunicarmos com a mente feminina. Se isso for feito da maneira certa, podemos conseguir alguma coisa.

Agora vou passar para a minha experiência como um jovem na matemática. Outra coisa que meu pai me disse – e não posso explicar exatamente, porque era mais uma emoção do que uma informação – é que a razão entre a circunferência e o diâmetro de todos os círculos era a mesma, independentemente do tamanho. Isso não me parecia muito impressionante, mas a razão tinha uma propriedade maravilhosa. Era um número maravilhoso, um número profundo,  $\pi$ . Havia um mistério em torno desse número que eu não entendi muito bem quando jovem, mas era muito legal, e o resultado é que eu procurava por  $\pi$  em toda parte.

Quando eu estava aprendendo na escola como escrever decimais e frações, e como calcular  $3 \frac{1}{8}$ , eu escrevi 3,125 e, achando que havia encontrado um amigo, escrevi que era igual a  $\pi$ , a razão entre a circunferência e o diâmetro do círculo. A professora corrigiu para 3,1416.

Estou contando essas coisas para mostrar uma influência. A ideia de que existe um mistério, de que há algo maravilhoso a respeito do número era importante para mim – não o valor do número. Muito depois, quando eu fazia experimentos no laboratório – quero dizer meu laboratório caseiro, onde eu brincava – não, me desculpem, eu nunca fiz experimentos, nunca; eu só brincava. Gradualmente, através de livros e manuais, eu comecei a descobrir que havia fórmulas aplicáveis à eletricidade que relacionavam corrente e resistência, e assim por diante. Um dia, olhando as fórmulas em algum livro, eu descobri uma fórmula para a frequência de um circuito ressonante que era

$f = 1/2 \pi \sqrt{LC}$ , onde  $L$  é a indutância e  $C$  a capacitância do círculo? Vocês estão rindo, mas eu levava a sério.  $\pi$  era uma coisa ligada a círculos, e aqui  $\pi$  está aparecendo em um circuito elétrico. Onde está o círculo? Aqueles que riram sabem de onde vem isso?

Eu tenho que amar a coisa. Eu tenho que procurá-la. Eu tenho que pensar sobre ela. Então eu percebi que as bobinas são construídas em círculos. E cerca de meio ano depois, descobri outro livro que dava a indutância de bobinas circulares e quadradas, e havia outros  $\pi$ s nessas fórmulas. Comecei a pensar sobre isso novamente e percebi que o  $\pi$  não vinha das bobinas circulares. Entendo isso melhor hoje; mas em meu coração ainda não sei onde está o círculo, de onde esse  $\pi$  vem.

Quando eu era bem novo – não sei que idade exatamente – eu tinha uma bola em um carrinho que eu estava puxando e percebi uma coisa, então corri até meu pai para dizer que “Quando eu puxo o carrinho, a bola rola para trás, e quando eu estou correndo e paro, a bola rola para a frente. Por quê?”

Como vocês responderiam?

Ele disse, “Ninguém sabe”. Ele disse, “É algo geral, acontece o tempo todo; tudo que se move tende a continuar se movendo; tudo o que está parado tende a manter essa condição. Se você prestar atenção vai ver que a bola não rola para trás quando você começa a se mover. Ela se move para a frente também, mas não tão rápido quanto o carrinho. O fundo do carrinho alcança a bola, que tem dificuldade em começar a se mover. É chamado de inércia, esse princípio.” Eu corri de volta para verificar e, de fato, a bola não rolava para trás. Ele enfatizou a diferença entre o que sabemos e como o chamamos.

Em relação a essa questão de nomes e palavras, quero contar outra história. Costumávamos ir para as montanhas Catskill nas férias. Em Nova York, as pessoas vão para as montanhas Catskill nas férias. Os coitados dos maridos precisam trabalhar durante a semana, mas eles voltam correndo no fim de semana para ficar com suas famílias. Nos fins de semana, meu pai me levava para caminhar na floresta. Ele sempre me levava em caminhadas, e no caminho aprendíamos de tudo sobre a natureza. As outras crianças, meus amigos, também queriam ir e pediam que meu pai as levasse. Mas ele não queria, porque dizia que eu já estava

mais avançado. Não estou tentando dizer a vocês como ensinar, porque o que meu pai fazia era com uma turma de apenas um estudante; se ele tivesse uma sala com mais de um, ele seria incapaz de fazê-lo.

Então íamos nós dois para nossos passeios pela mata. Mas mães eram tão poderosas naquele tempo quanto são hoje e elas convenceram os outros pais de que deveriam levar seus filhos para passear na floresta. Então todos os pais saíam com todos os filhos para passeios no domingo à tarde. No dia seguinte, segunda-feira, estávamos brincando e esse garoto me perguntou: “Está vendo aquele pássaro no tronco? Qual o nome dele?”

Eu disse, “Não faço ideia.”

Ele disse, “É um sabiá. Seu pai não te ensina muito sobre ciência.”

Eu sorri para mim mesmo, porque meu pai já tinha me ensinado que o nome não diz nada sobre o pássaro. Ele me disse “Está vendo aquele pássaro? É um sabiá, mas na Alemanha é chamado de halsenflugel e em chinês eles o chamam de chung ling e, mesmo que você saiba todos esses nomes, ainda não sabe nada sobre o pássaro – você só sabe algo sobre as pessoas; como elas chamam esse pássaro. Não sabe que o sabiá canta, e ensina seus filhotes a voar, e voa tantas milhas durante o verão através do país, e que ninguém sabe como ele encontra seu caminho” e assim por diante. Há uma diferença entre o nome da coisa e o que ela faz.

O resultado disso é que não consigo me lembrar do nome de ninguém e, quando as pessoas discutem física comigo, às vezes ficam nervosas porque dizem “O efeito Fitz-Cronin” e eu digo “Que efeito é esse?” e não consigo me lembrar do nome.

Eu gostaria de dizer uma palavra ou duas – deixem-me interromper minha pequena história – sobre palavras e definições, porque é necessário aprender as palavras.

Não é ciência. Isso não significa, só porque não é ciência, que não precisemos ensinar as palavras. Não estamos falando sobre o que ensinar; estamos falando sobre o que é ciência. Não é ciência saber transformar graus centígrados em Fahrenheit. É necessário, mas não é exatamente ciência. Da mesma forma, se você está falando sobre arte, não diria que arte é saber do fato que o lápis 3B é mais macio que o lápis 2H. É uma grande diferença. Isso não quer dizer que um professor de arte não

deve ensinar isso, ou que um artista possa passar sem saber disso (Na verdade, você pode descobrir isso em um minuto experimentando; mas essa é uma maneira científica que os professores de arte talvez não expliquem).

Para podermos conversar, precisamos de palavras. Mas é uma boa ideia entender a diferença e é uma boa ideia saber quando estamos ensinando as ferramentas da ciência, como as palavras, e quando estamos ensinando a própria ciência.

Para tornar esse ponto ainda mais claro, vou pegar um certo livro de ciências para criticar, o que é injusto, porque tenho certeza de que com alguma engenhosidade eu poderia achar coisas desfavoráveis para dizer sobre outros livros. Há um livro de ciências que, na primeira lição do primeiro ano, começa de forma infeliz, porque começa passando uma ideia errada do que seja a ciência. Há uma imagem de um cachorro – um cachorro de brinquedo – e uma mão dá corda nele e o cachorro se move. Debaixo da figura, o livro pergunta: “O que o faz se mover?” Depois, há uma imagem de um cachorro de verdade e a pergunta: “O que o faz se mover?” Mais adiante há uma imagem de uma motocicleta e a pergunta, “O que a faz se mover?” E assim por diante.

A princípio, pensei que estavam se preparando para falar sobre o que é a ciência – física, biologia, química – mas não era isso. A resposta estava na edição do professor: a resposta era “a energia faz com que se mova”.

Ora, energia é um conceito sutil. É muito, muito difícil de entender direito. Quero dizer com isso que não é fácil entender energia bem o bastante para usá-la direito, de modo a deduzir algo corretamente usando a ideia de energia – está além do primeiro ano. Seria igualmente correto dizer “Deus faz com que se mova” ou “o espírito faz com que se mova” ou “a mobilidade faz com que se mova.” (De fato, poderíamos também dizer “A energia faz com que pare”.)

Vejam da seguinte forma: *essa é apenas a definição de energia*; está ao contrário. Podemos dizer que quando algo se move é porque tem energia, mas não que o que o faz mover é a energia. É uma diferença bem sutil. É o mesmo com essa proposição sobre a inércia.

Talvez eu possa tornar a diferença mais clara da seguinte maneira: se perguntarmos a uma criança o que faz o cachorro de brinquedo se mover, devemos pensar como uma pessoa comum responderia. A resposta seria que demos corda em uma mola; a mola tenta se restaurar e empurra uma engrenagem.

**Para podermos conversar, precisamos de palavras. Mas é uma boa ideia entender a diferença e é uma boa ideia saber quando estamos ensinando as ferramentas da ciência, como as palavras, e quando estamos ensinando a própria ciência**

Que bela maneira de começar um curso de ciências! Desmonte o brinquedo; veja como funciona. Veja a inteligência das engrenagens; observe as catracas. Aprenda algo sobre o brinquedo, a maneira como ele é montado, a criatividade das pessoas que criaram as catracas e as outras peças. Isso é bom. A pergunta é boa. A resposta é que está um pouco infeliz; porque o que estavam tentando fazer era ensinar a definição de energia. Mas nada foi aprendido.

Imagine que um estudante dissesse, “Eu não acho que é a energia que faz com que se mova”. Para onde a discussão iria a partir daí?

Eu acabei descobrindo uma maneira de testar se foi ensinada uma ideia ou apenas uma definição. Teste da seguinte maneira: você diz, “Sem usar essa nova palavra que você acabou de aprender, tente expressar aquilo que aprendeu com suas próprias palavras.” Sem usar a palavra “energia”, me diga o que você sabe sobre o movimento do cachorro. Você não pode. Então não aprendeu nada sobre a ciência. Isso não é tão ruim. Você pode não querer aprender a ciência logo de cara. Você tem que aprender as definições. Mas para uma primeira lição, será que isso não seria destrutivo?

Eu acho que, para uma primeira lição, dar uma fórmula mística para responder questões é muito ruim. O livro tem algumas outras: “A gravidade faz cair”; “as solas dos sapatos se desgastam por causa da fricção.” O couro do sapato se desgasta porque se esfrega na calçada e os pequenos altos e baixos do chão se prendem a pedaços e os arrancam. Dizer simplesmente que é por causa da fricção é triste, porque não é ciência.

Meu pai lidou um pouco com energia e usou o termo depois que eu já tinha entendido um pouco da ideia. O que ele teria feito eu sei, porque ele fez de fato essencialmente a mesma coisa – porém não com o exemplo do cachorro de brinquedo. Ele diria, “Isso se move porque o sol brilha,” se ele quisesse ensinar essa lição.

Eu diria, “Não. O que isso tem a ver com o sol brilhando? Isso se move porque eu dei corda na mola.”

“E por que, meu amigo, você é capaz de dar corda na mola?”

“Eu me alimento.”

“O que, meu amigo, você come?”

“Eu como plantas.”

“E como elas crescem?”

“Elas crescem porque o sol brilha.”

E é assim com o cachorro.

E a gasolina? Energia acumulada do sol, que foi capturada por plantas e preservada no solo. Outros exemplos sempre terminam no sol. E a mesma ideia sobre o mundo que aquele livro estava tentando passar pode ser reescrita de uma maneira bem estimulante.

**Se vamos ensinar as pessoas a fazer observações, precisamos mostrar que coisas maravilhosas podem advir delas. Eu aprendi assim o que é a ciência: ela é paciência. Se você olha, observa, presta atenção, você recebe uma grande recompensa**

Todas as coisas que vemos se movendo podem se mover porque o sol brilha. Isso explica a relação de uma fonte de energia com outra e pode ser negado pela criança. Ela pode dizer, “Eu não acho que é por causa do sol,” e você

pode começar uma discussão. Então há uma diferença. (Mais tarde eu poderia desafiá-la com as marés, e o que faz a Terra girar, e introduzir algum mistério novamente.)

Esse é apenas um exemplo da diferença entre definições (que são necessárias) e ciência. A única objeção nesse caso particular é que era a primeira lição. Isso deve certamente vir mais tarde, dizer o que é energia, mas não como resposta a uma questão como “O que faz o cachorro andar?” Uma criança deve receber uma resposta de criança. “Abra; vamos dar uma olhada.”

Durante aqueles passeios pela floresta, eu aprendi muita coisa. No caso de pássaros, por exemplo, já mencionei a migração, mas darei outro exemplo sobre pássaros na mata. Em vez de dar nomes a eles, meu pai diria, “Veja, note como o pássaro está sempre bicando as próprias penas. Ele bica muito as penas. Por que você acha que ele bica as penas?”

Eu achei que fosse porque as penas estavam embaraçadas e ele estava tentando alisá-las. Ele disse, “Ok, quando será que as penas se embaraçam, ou como elas se embaraçam?”

“Quando ele voa. Quando ele anda, tudo bem, mas quando ele voa as penas se embaraçam.”

Então ele diria, “Você então deve achar que quando o pássaro acabou de pousar ele vai bicar mais as penas do que quando ele já as arrumou e só ficou andando pelo chão por algum tempo. Bem, vamos ver.”

Nós observamos e, até onde eu pude ver, o pássaro bicava as penas igualmente quer estivesse andando ou imediatamente depois de voar.

Então meu palpite estava errado e eu não conseguia adivinhar a razão verdadeira. Meu pai revelou a razão.

É que os pássaros têm piolhos. Têm uns pequenos flocos que saem das penas, meu pai me ensinou, e o piolho os come. Já o piolho tem um pouco de cera nas juntas entre as partes das pernas e existe um ácaro que vive ali e come essa cera. Esse ácaro tem uma fonte de comida tão boa que não digere muito bem, e expele um líquido que tem muito açúcar e nesse açúcar vive uma pequena criatura etc.

Os fatos não estão corretos; o espírito está correto. Primeiro, eu aprendi sobre parasitismo, um vivendo no outro, que vive no outro, que vive no outro. Segundo, ele depois explicou que sempre que há alguma fonte de alguma coisa que pode ser comida a vida vai aparecer, alguma forma de vida vai achar um jeito de usar aquela fonte; e que cada pedacinho de sobra vai ser comido por alguém.

A mensagem aqui é que o resultado da observação, mesmo que eu não fosse capaz de chegar às últimas conclusões, foi uma jóia rara de resultados maravilhosos. Foi algo maravilhoso.

Imagine que me dissessem para observar, fazer uma lista, anotar, fazer isso, olhar, e eu fizesse minha lista e ela fosse guardada com outras 130 listas em um caderno. Eu aprenderia que o resultado da observação é algo relativamente chato, que não resulta em muita coisa.

Eu penso que é importante – pelo menos foi para mim – que se vamos ensinar as pessoas a fazer observações, precisamos mostrar que coisas maravilhosas podem advir delas. Eu aprendi assim o que é a ciência: ela é paciência. Se você olha, observa, presta atenção, você recebe uma grande recompensa – mesmo que talvez nem sempre. Como resultado, quando eu me tornei um homem mais maduro, eu trabalharia pacientemente, por horas e horas, por anos, em alguns problemas – às vezes muitos anos, às vezes menos tempo; muitos deles fracassaram, muita coisa foi para o lixo – mas mais cedo ou mais tarde havia a riqueza de um novo entendimento que eu tinha aprendido a esperar quando era garoto, o resultado da observação. Porque eu não aprendi que a observação era inútil.

Aliás, lá na floresta eu aprendi outras coisas. Fazíamos passeios e víamos tudo quanto é coisa e falávamos sobre muitas coisas: sobre o crescimento das plantas, a luta das árvores pelo sol, sobre como elas tentavam chegar o mais alto possível, e como resolver o problema de levar água até cem metros de altura, sobre as plantinhas no chão que buscavam um pouquinho de luz que atravessa tudo aquilo, e assim por diante.

Um dia, depois de termos visto isso

tudo, meu pai me levou para a floresta de novo e disse, “Todo este tempo nós olhamos para a floresta e só vimos metade do que está acontecendo, exatamente metade.”

Eu disse, “Como assim?”

Ele disse, “Estivemos observando como todas essas coisas crescem; mas, para cada crescimento, deve haver a mesma quantidade de decaimento – senão, os materiais seriam consumidos para sempre: árvores mortas ficariam lá, tendo usado tudo que podiam do ar e do solo e essas coisas não voltariam para o solo ou para o ar, e nada mais poderia crescer pois não haveria material disponível. Deve haver, para cada crescimento, a mesma quantidade de decaimento.”

Fizemos então vários passeios pela mata, durante os quais quebrávamos troncos velhos e víamos o mofo e os fungos crescendo. Ele não podia me mostrar as bactérias, mas vimos os efeitos de amolecimento e coisas do tipo. Assim, eu vi a floresta como um processo de conversão constante de materiais.

Havia muito disso, descrição de coisas de modo estranho. Ele às vezes começava a falar de coisas assim: “Imagine que um homem de Marte viesse e olhasse para o mundo”. Por exemplo, quando eu estava brincando com meus trens elétricos, ele me contou que havia uma grande roda sendo girada por água e que estava conectada a filamentos de cobre que se espalham e espalham e espalham em todas as direções; e que há pequenas rodas e todas essas pequenas rodas giram quando a grande roda gira. A relação entre elas é apenas que há cobre e ferro, nada mais – não há partes móveis. Você gira uma roda aqui e todas as outras rodas por toda parte também giram, e seu trem é uma delas. Foi um mundo maravilhoso sobre o qual me pai me contou.

Vocês podem estar pensando o que ele ganhou com tudo isso. Eu fui para o MIT. Eu fui para Princeton. Eu voltei para casa e ele disse, “Agora você teve uma educação científica. Eu sempre quis saber uma coisa que eu nunca entendi, e agora, meu filho, quero que você me explique.”

Eu disse sim.

Ele disse, “Eu entendo que eles dizem que a luz é emitida de um átomo quando ele passa de um estado para outro, de um estado excitado para um estado de menor energia.”

Eu disse, “Isso está certo.”

“E a luz é um tipo de partícula, um fóton, acho que eles chamam.”

“Sim.”

“Então, se um fóton sai do átomo quando ele passa de um estado excitado para um estado mais baixo, o fóton tem que estar lá no átomo no estado excitado.”

Eu disse, “Bem, não.”

Ele disse, “Ora, como se pode olhar para isso e pensar que um fóton sai sem ter estado lá no estado excitado?”

Eu pensei por alguns minutos e disse, “Lamento; não sei. Não posso te explicar isso.”

Ele ficou muito desapontado, depois de todos aqueles anos e anos tentando me ensinar alguma coisa, de ver que tudo terminou com resultados tão ruins.

O que a ciência é, eu penso, é algo como isto: Houve neste planeta uma evolução da vida até um estágio em que havia animais evoluídos, que são inteligentes. Eu não me refiro apenas a seres humanos, mas a animais que brincam e que podem aprender algo da experiência – como gatos. Mas, nesse estágio, cada animal tem que aprender por sua própria experiência. Eles se desenvolvem gradualmente, até que algum animal [primatas?] aprende com a experiência mais rápido e pode até aprender com a experiência alheia observando, ou um pode mostrar para o outro, ou ele vê o que o outro está fazendo. Então há a possibilidade de que todos possam aprender, mas a transmissão é ineficiente e eles podem morrer, e talvez aquele que aprendeu morra também, antes de passar aquilo adiante para outros.

A questão é: será possível aprender mais rápido o que alguém aprendeu com algum acidente do que a taxa com que aquilo é esquecido, seja por causa de má memória ou devido à morte do descobridor ou inventor?

Então chegou uma hora, talvez, que

para alguma espécie [humanos?] a taxa de aprendizagem cresceu e alcançou um nível em que de repente uma coisa completamente nova aconteceu: as coisas podiam ser aprendidas por um único indivíduo e passadas adiante tão rápido que não eram perdidas pela espécie. Assim, tornou-se possível um acúmulo do conhecimento da espécie.

Isso foi chamado de estabilidade temporal. Não sei quem foi o primeiro a chamar assim. De qualquer forma, temos aqui [neste salão] alguns exemplos desses animais, sentados aqui tentando ligar

uma experiência à outra, cada um tentando aprender com o outro.

Esse fenômeno de termos uma memória da espécie, de termos um acúmulo de conhecimento transmissível de uma geração para outra, é novo no mundo – mas há uma deficiência nisso: é possível passar adiante ideias que não são úteis para a espécie. A espécie tem ideias, mas elas não são necessariamente úteis.

Então houve um tempo em que as ideias, apesar de acumuladas bem devagar, resultavam da acumulação não só de coisas práticas e úteis, mas grandes acumulações de todo tipo de preconceitos e de crenças estranhas.

Mas uma maneira de evitar essa deficiência foi descoberta, e é duvidar de que aquilo que está sendo passado adiante seja de fato verdade e tentar encontrar novamente *ab initio* da experiência qual é a situação, em vez de confiar na experiência do passado na forma em que é transmitida. E é isso que a ciência é: o resultado da descoberta de que vale a pena verificar com uma nova experiência direta e não necessariamente acreditar nas experiências passadas da espécie humana. É assim que eu vejo. É minha melhor definição.

Gostaria de lembrá-los de coisas que vocês sabem muito bem a fim de dar-lhes algum entusiasmo. Em religião, as lições morais são ensinadas, mas elas não são ensinadas apenas uma vez, você é inspirado de novo e de novo e eu acho que é necessário inspirar de novo e de novo, e lembrar do valor da ciência para crianças, para adultos e para todo mundo, de várias maneiras; não apenas para que nos tornemos cidadãos melhores, mais capazes de controlar a natureza e assim por diante.

Há outras coisas.

Há o valor da visão de mundo criada pela ciência. Há a beleza e a maravilha do mundo que são descobertas através dos resultados dessas novas experiências. Ou seja, as maravilhas das quais eu acabei de lembrá-los; que as coisas se movem porque o sol brilha (Contudo, nem tudo se move porque o sol brilha. A Terra gira independentemente do sol girar, e as reações nucleares recentemente produziram energia na Terra, uma nova fonte. Provavelmente vulcões têm uma fonte de energia diferente do sol).

O mundo é diferente depois que aprendemos ciência. Por exemplo, árvores são feitas de ar, basicamente. Quando elas são queimadas, elas voltam para o ar, e no calor do fogo é liberado o calor do sol que foi fixado para converter o ar em árvore, enquanto nas cinzas está o resto da parte que não veio do ar, que veio da Terra. Isso são coisas belas, e o conteúdo da ciência

cia é maravilhosamente cheio delas. Elas são inspiradoras e podem ser usadas para inspirar outras pessoas.

Outra qualidade da ciência é que ela ensina o valor do pensamento racional, assim como a importância da liberdade de pensamento. Os resultados positivos que advêm da dúvida sobre as lições são verdadeiros. Devemos distinguir – especialmente em ciência – a ciência dos formulários ou procedimentos que às vezes são usados no desenvolvimento da ciência. É fácil dizer, “Nós escrevemos, experimentamos e observamos, e fazemos isto ou aquilo”. Você pode copiar essa fórmula. Mas grandes religiões se dissipam por seguir a forma sem lembrar do conteúdo direto do ensinamento dos grandes líderes. Da mesma maneira, é possível seguir uma fórmula e chamá-la de ciência, mas isso é pseudo-ciência. Assim, nós todos sofremos com o tipo de tirania que temos hoje nas muitas instituições que estão sob a influência de conselheiros pseudo-científicos.

Temos muitos estudos sobre ensino, por exemplo, nos quais as pessoas fazem observações, listas, estatísticas etc., mas isso não se torna ciência estabelecida, conhecimento estabelecido. São apenas um tipo de imitação da ciência análogo aos equipamentos das pistas de pouso dos moradores das ilhas do Pacífico – torres de rádio etc., feitos de madeira. Os ilhéus

esperam que um grande avião vá chegar. Eles até constroem aviões de madeira com o mesmo formato dos que veem nos aeroportos em torno deles mas, estranhamente, seus aviões de madeira não voam. O resultado dessa imitação pseudo-científica é produzir especialistas, o que muitos de vocês são. [Mas] vocês professores, que realmente ensinam crianças no começo do sistema educacional, podem duvidar dos especialistas. De fato, posso definir ciência de outra maneira: *Ciência é a crença na ignorância dos especialistas*.

Quando alguém diz, “A ciência ensina isto e aquilo”, ele está usando a palavra incorretamente. A ciência não ensina nada; a experiência é que ensina. Se lhe disserem “A ciência mostrou isto e aquilo”, você pode perguntar, “Como a ciência mostrou isso? Como os cientistas descobriram? Como? O quê? Onde?”

Não deve ser “A ciência mostrou,” mas “Este experimento, este efeito, mostrou.” E vocês têm tanto direito quanto qualquer um, ao ouvir falar desses experimentos – mas seja paciente e ouça toda a evidência –, de julgar se uma conclusão razoável foi alcançada.

Em um campo que é tão complicado [a educação] que a ciência ainda não foi capaz de chegar a lugar algum, temos de nos basear em algum tipo de sabedoria antiga, um tipo de senso comum. Estou tentando inspirar o professor fundamental a

ter alguma esperança e alguma auto-confiança no senso comum e na inteligência natural. Os especialistas que os estão liderando podem estar errados.

Eu provavelmente arruinei o sistema, e agora os estudantes que chegam no Caltech deixarão de ser bons. Eu penso que vivemos em uma época não-científica na qual quase todo o falatório na mídia e na televisão – palavras, livros etc. – é não-científico. Como resultado, há uma considerável tendência à tirania intelectual em nome da ciência.

Finalmente, em relação à questão da estabilidade temporal, ninguém pode viver além da sepultura. Cada geração que descobre alguma coisa a partir da experiência deve passar isso adiante, mas deve passar adiante com um equilíbrio delicado de respeito e desrespeito, para que a espécie [humana] – agora que ela está a par da deficiência à qual está sujeita – não force seus erros de forma rígida sobre suas crianças, mas passe adiante a sabedoria acumulada e mais a sabedoria de que aquilo talvez não seja sabedoria.

É necessário ensinar tanto a aceitar quanto a rejeitar o passado com um tipo de equilíbrio que exige considerável habilidade. Apenas a ciência contém em si a lição sobre o perigo da crença da infalibilidade dos grandes professores da geração anterior.

Então, vão em frente. Obrigado.