

Os germes da discórdia: Louis Pasteur e as origens da vida

Geração espontânea é o nome dado à doutrina segundo a qual, nas condições corretas, é possível criar vida a partir de matéria inanimada. Em certo sentido, quase todos nós acreditamos na geração espontânea, porque aceitamos que a vida surgiu de um caldo químico primordial que cobria a Terra recém-formada. Isso, entretanto, é visto como algo que aconteceu lentamente, ao acaso, e apenas uma vez na história do planeta; seria muito improvável presenciar tal fenômeno durante nossa existência.

A questão da origem da vida é, claro, tão antiga como a capacidade de refletir, mas na segunda metade do século 19 o debate tornou-se intensamente acalorado na comunidade científica. Novas formas de vida podem ser geradas, repetidamente, a partir de material estéril, em minutos ou horas? Quando um frasco contendo nutrientes fica bolorento é porque foi contaminado com vida preexistente que se dissemi-

nou e multiplicou, ou é porque a vida emerge, subitamente, de dentro do meio altamente nutritivo? Esse era um problema controverso, especialmente na França do século 19, pois tocava em sentimentos políticos e religiosos profundamente arraigados.

Nosso conhecimento atual de bioquímica, biologia e teoria da evolução baseia-se na idéia de que, à parte as condições peculiares da pré-história, somente vida gera vida. Como acontece com muitas das nossas convicções científicas mais difundidas, tendemos a acreditar que a concepção moderna foi moldada de maneira rápida e decisiva. Com alguns experimentos brilhantes conduzidos nos anos 1860, em pouco tempo Louis Pasteur derrotou por completo aqueles que acreditavam na geração espontânea. Entretanto, embora no final o caminho percorrido possa parecer ter sido decisivo, ele não foi de fato nem rápido nem direto. A oposição foi esmagada por manobras políticas, pela ridicularização e pelo fato de Pasteur ter atraído fazendeiros, cervejeiros e médicos para sua causa. Mesmo recentemente (1910), um inglês, Henry Bastian, ainda acreditava na heresia da geração espontânea. Ele morreu certo de que a evidência apoiava seu ponto de vista.

Assim como no caso de muitas outras controvérsias científicas, não foram nem os fatos nem os fundamentos, mas a morte e o peso dos números que venceram o ponto de vista minoritário; fatos e explicações, como sempre, foram ambíguos. Tampouco deveria pensar-se que foi apenas uma questão "dos que não querem ver". O triunfo mais decisivo de Pasteur, sua vitória sobre Felix Pouchet, conterrâneo e respeitado naturalista de Ruão, diante de uma comissão instituída pela Academia Francesa de Ciências baseou-se na parcialidade dos seus membros e num grande golpe de sorte. Somente em retrospecto podemos perceber o quanto Pasteur teve sorte.

A natureza dos experimentos

Os experimentos mais conhecidos sobre a geração espontânea são conceitualmente simples. Frascos contendo substâncias orgânicas — leite, água de levedura, infusões de feno ou outra coisa — são primeiramente fervidos para destruir qualquer forma de vida presente. O vapor empurra o ar para fora dos frascos, que são, então, selados. Se eles permanecerem fechados, nenhuma forma de vida irá se desenvolver em seu interior — isso era incontestável. Quando ar é reintroduzido no frasco, os fungos proliferam. É porque o ar contém uma substância vital que permite a geração de vida, ou é porque o ar contém os germes já vivos — não metaforicamente, mas literalmente — do fungo? Pasteur alegou que o bolor não cresceria se o ar recém-introduzido não contivesse organismos vivos. Ele tentou mostrar que a entrada de ar estéril no frasco não tinha efeito; somente ar contaminado gerava putrefação. Seus oponentes alegavam que a entrada de até mesmo ar puro era suficiente para permitir a deterioração de fluidos orgânicos.

Os elementos do experimento são:

1. é preciso ter certeza de que o meio de cultivo está estéril, mas contém valor nutritivo;
2. é preciso certificar-se do que acontece quando os frascos são abertos; entra apenas ar estéril ou está entrando também contaminação?

Respostas práticas às perguntas experimentais

Hoje acreditamos que poderíamos responder a essas perguntas com relativa facilidade, mas no século 19 as técnicas para se determinar o que era estéril e o que era vivo estavam sendo estabelecidas. Mesmo o que contava como vida não estava claro. Era amplamente aceito que algo vivo não poderia existir por muito

tempo num líquido em ebulição, de maneira que ferver era um meio de esterilização eficiente. Obviamente, porém, a solução não poderia ser fervida por tempo muito prolongado sem destruir seu valor nutritivo. Mesmo com um aquecimento mais brando, a força vital do nutriente poderia acabar sendo destruída com os organismos contaminantes. O que era considerado ar estéril também não estava claro. Nada se sabia sobre a distribuição de microorganismos no mundo ao nosso redor e seus efeitos no gás que fluía para dentro dos frascos.

Pasteur tentou observar germes diretamente. Ele analisou pelo microscópio a poeira filtrada do ar e viu imagens em forma de ovo, consideradas germes. Mas eles estavam vivos ou eram simplesmente pó? A natureza precisa da poeira somente poderia ser estabelecida como parte do mesmo processo que estabeleceu a natureza da putrefação.

Se não era possível observar diretamente os germes no ar, o que poderia ser usado para indicar se aquele introduzido em um frasco estava contaminado ou não? A passagem através de potassa cáustica ou ácido sulfúrico, o aquecimento a temperaturas muito elevadas ou a filtração em algodão eram métodos empregados para tentar remover da atmosfera quaisquer resquícios de vida. Os experimentos do início e meados do século 19, utilizando ar purgado em ácidos ou álcalis, aquecido ou filtrado foram sugestivos, mas nunca decisivos. Embora, na maioria dos casos, a entrada de ar tratado dessa maneira não houvesse causado a deterioração dos líquidos estéreis nos frascos, a putrefação ocorreu em casos suficientes para permitir que a hipótese da geração espontânea continuasse sendo acalentada. De qualquer maneira, onde o tratamento do ar fôra excessivo, é possível que o componente vital gerador de vida houvesse sido destruído, tornando o experimento tão isento de tudo como o ar.

Poder-se-ia colher amostras de ar de diferentes lugares — no alto de montanhas ou em locais baixos, próximos dos campos cultivados — na expectativa de que o grau de contaminação

microbiana fosse diferente. Para estabelecer a ligação entre a poeira e os germes, outros métodos de filtração poderiam ser utilizados. Pasteur usou os balões de vidro com pescoço de cisne (ver figura 4.1). Nesses recipientes, o pescoço era estreitado e curvado de tal maneira que a poeira que entrasse ficaria retida nas paredes úmidas do orifício. Realizaram-se experimentos nos porões do Observatório de Paris, porque lá o ar ficava imperturbado o bastante para permitir que a poeira condutora de vida ficasse assentada. Mais tarde, o cientista britânico William Tyndall armazenou ar em um recipiente revestido de graxa para captar toda a poeira antes que o ar chegasse até as substâncias putrescíveis. Para cada resultado aparentemente definitivo, entretanto, outro experimento detectava bolor no que deveria ter sido um frasco estéril. Os tipos de argumentos apresentados pelos participantes poderiam ser mostrados em um diagrama simples.

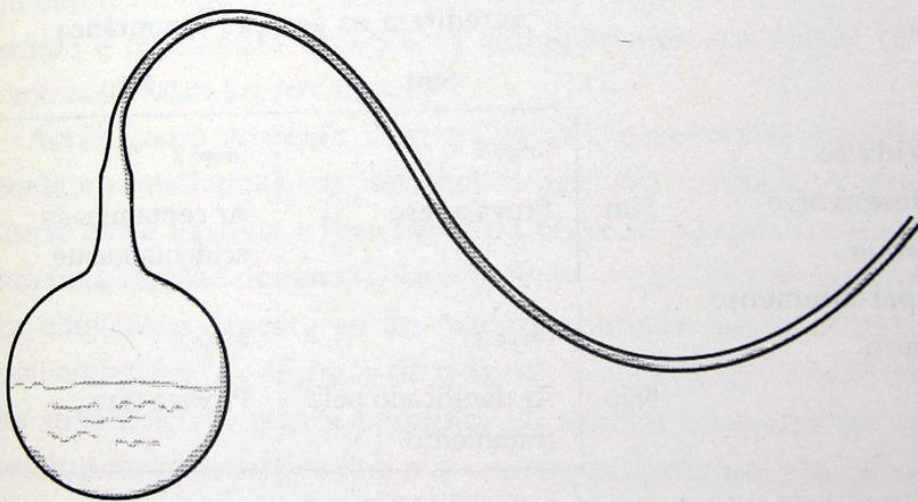


Figura 4.1. Um dos balões de vidro com pescoço de cisne utilizados por Pasteur

O grupo 1 representa a posição daqueles que consideram ter realizado suficientes experimentos, mostrando que a vida realmente se desenvolve na presença de ar puro e acreditam na geração espontânea. Eles pensam que esses experimentos provam

sua tese. O grupo 2 representa a posição dos que olham para os mesmos experimentos, mas não acreditam em geração espontânea; eles pensam que deve ter acontecido algo errado com o experimento — por exemplo, que o ar não era realmente puro.

O grupo 4 representa a posição dos que consideram ter realizado experimentos mostrando que a vida não se desenvolve na presença de ar puro e não acreditam na geração espontânea. Eles pensam que os experimentos provam sua hipótese. O grupo 3 representa a posição dos que olham para os mesmos experimentos, mas acreditam em geração espontânea. Eles pensam que deve ter acontecido algo errado com o ar — por exemplo, que as propriedades vitais foram destruídas durante o processo de purificação.

Possíveis interpretações dos experimentos de geração espontânea

		Acreditam na geração espontânea	
		Sim	Não
Vida se desenvolve em ar aparentemente puro	Sim	Grupo 1 Prova a tese	Grupo 2 Ar contaminado acidentalmente
	Não	Grupo 3 Ar danificado pelo tratamento	Grupo 4 Prova a tese

Houve um período nos anos 1860 em que argumentos encontrados no grupo 3 eram importantes, mas essa fase do debate foi relativamente curta; terminou quando os pesquisadores deixaram de esterilizar o ar por meios artificiais e passaram a procurar fontes de ar puro ou métodos de filtração, à temperatura ambiente. Argumentos como os do grupo 2 foram importantes

durante um tempo mais longo. Eles permitiram que Pasteur, virtualmente definisse como contaminado todo ar que desse origem à vida nos frascos, independentemente de ele poder demonstrá-lo diretamente ou não. Isso se torna particularmente evidente na parte do seu debate com Felix Pouchet, no qual se discutem os experimentos com mercúrio, conforme veremos.

O debate Pasteur-Pouchet

Um episódio do longo debate entre Pasteur e os que acreditavam na geração espontânea ilustra claramente muitos dos tópicos desta história. Nesse drama, o não tão jovem (60 anos de idade) Felix Pouchet parece ter servido de escadinha para o papel de brilhante cientista experimental do jovem (37 anos) Pasteur. Pasteur, não há dúvidas quanto a isso, venceu Pouchet em uma série de célebres experimentações, mas o relato retrospectivo e triunfalista encobre as ambigüidades dos testes tal como ocorreram no seu tempo.

Assim como acontece com todas as controvérsias experimentais semelhantes, os detalhes é que são cruciais. A discussão entre Pasteur e Pouchet dizia respeito ao que acontece com uma infusão de feno — chá de feno — que foi esterilizada por ebulição e exposta ao ar. Não se contesta que a infusão ficou embolorada — formas de vida microscópica cresceram em sua superfície —, mas a pergunta de sempre permaneceu. O crescimento ocorreu por que o ar contém propriedades biogênicas ou porque ele contém pequenas “sementes” de bolor?

Experimentos ao mercúrio

Pouchet acreditava na geração espontânea. Em seus experimentos iniciais ele preparou infusões esterilizadas de feno

ao mercúrio — para usar o jargão. O método consistia em realizar o trabalho com todos os frascos imersos em uma cuba de mercúrio de modo que o ar comum não entrasse. Poder-se-ia introduzir ar especialmente preparado no recipiente, borbulhando-o através do mercúrio. Essa era uma maneira padrão de introduzir gases experimentais em espaços experimentais sem deixar entrar ar normal. No caso de Pouchet, o ar borbulhado através do mercúrio era purgado. Pensava-se que era possível obter ar purificado por aquecimento do ar normal ou gerando oxigênio pela decomposição de um óxido; coincidentemente, muitas vezes, utilizava-se óxido de mercúrio que libera oxigênio quando aquecido. Pouchet, invariavelmente, observou que quando as infusões de feno eram preparadas ao mercúrio e expostas ao ar puro, havia crescimento de vida orgânica. Já que todas as fontes de organismos haviam sido eliminadas, as novas formas viventes pareciam ter sido geradas espontaneamente.

Pouchet iniciou o debate com Pasteur escrevendo-lhe uma carta na qual descrevia os resultados desses experimentos. Pasteur respondeu que ele poderia não ter sido suficientemente cauteloso:

(...) em seus novos experimentos você, involuntariamente, introduziu ar comum (contaminado), de maneira que as conclusões às quais chegou não estão baseadas em fatos de precisão impecável.

(Farley e Geison, 1974, p. 19)

Aqui vemos Pasteur utilizando um argumento como o do grupo 2. Se Pouchet encontrou vida ao introduzir ar esterilizado em uma infusão de feno estéril, então o ar tinha de estar contaminado.

Mais tarde Pasteur iria alegar que, embora nesses experimentos a infusão de feno estivesse estéril e o ar artificial fosse igualmente isento de vida, era o mercúrio que estava contami-

nado com microorganismos (eles se encontravam na poeira sobre a superfície de mercúrio) e essa era a fonte de germes.

Trata-se de um detalhe interessante porque a hipótese do mercúrio contaminado foi necessária para explicar alguns dos resultados iniciais do próprio Pasteur. Ele relatou que em suas tentativas de impedir o aparecimento de vida, preparando infusões ao mercúrio, teve sucesso em apenas 10% dos experimentos. Embora, na época, desconhecesse a fonte da contaminação, Pasteur não aceitou tais resultados como evidência a favor da hipótese da geração espontânea. Em suas próprias palavras:

(...) não publiquei esses experimentos porque as conseqüências que deles deveriam ser deduzidas eram demasiado graves para que eu deixasse de suspeitar de alguma fonte de erro, apesar de todo o cuidado que tivera para torná-los irrepreensíveis. (Farley e Geison, 1974, p. 31)

Colocado de outra forma, Pasteur estava tão envolvido em sua oposição à geração espontânea que preferiu acreditar na existência de alguma falha desconhecida em seus trabalhos a publicar os resultados. Ele definiu experimentos que pareciam confirmar a geração espontânea como mal-sucedidos e vice-versa. Posteriormente, a idéia do mercúrio contaminado substituiu a falha desconhecida.

Analisando retrospectivamente o incidente, devemos aplaudir a presciência de Pasteur. Ele estava certo, é claro, e teve a coragem de responder pelas suas convicções o suficiente para recusar-se a ser influenciado por algo que, à primeira vista, representava uma indicação experimental desfavorável. Mas era presciência. Não era a aplicação imparcial de um método científico. Se Pasteur, como Pouchet, houvesse defendido a hipótese errada, hoje estaríamos nos referindo às suas ações como "obstinação tenaz frente aos fatos científicos". A visão retrospectiva perfeita é um aliado perigoso na história da ciência. Não

iremos compreender o debate Pasteur-Pouchet como ele foi vivido a não ser que desativemos nossa visão retrospectiva.

Frascos expostos em altitudes elevadas

A questão das experiências ao mercúrio foi apenas uma batalha preliminar. O debate principal começou com os experimentos de Pasteur utilizando frascos expostos ao ar em altitudes elevadas e com a réplica de Pouchet.

Pasteur preparou balões com pescoço de cisne aquecendo o vidro. A seguir, ferveu uma infusão de levedura nos balões e, após o ar sair, selou cada pescoço. Mantendo os recipientes fechados, o conteúdo ficaria inalterado. Ele, então, transportou os frascos e quebrou o fino gargalo em diferentes lugares, deixando o ar entrar. Para permitir a entrada de ar em ambientes presumivelmente isentos de germes, Pasteur quebrava o pescoço de cisne com uma longa torquês que havia sido aquecida diretamente em uma chama, enquanto o frasco era mantido acima da cabeça, para evitar contaminações com suas roupas. Depois de o ar de cada lugar ter entrado no balão experimental, Pasteur o selava novamente no fogo. Foi dessa maneira que ele preparou uma série de recipientes contendo infusões de levedura com amostras de ar obtidas de diversos lugares. No final, descobriu que os frascos abertos em lugares convencionais ficavam embolorados, enquanto os abertos em lugares altos nas montanhas raramente se alteravam. Assim, dos 20 balões de vidro expostos a 2.000 m em uma geleira dos Alpes franceses, apenas um foi afetado.

Em 1863, Pouchet contestou esses resultados. Com dois colaboradores, ele viajou até os Pireneus para repetir os experimentos de Pasteur. No seu caso, os oito frascos abertos em altitudes elevadas foram afetados, sugerindo que mesmo ar não

contaminado era suficiente para iniciar o processo gerador de vida. Pouchet afirmou que havia seguido todas as precauções de Pasteur, exceto pelo fato de ter usado uma lima aquecida em vez de uma torquês para abrir os frascos.

Os deslizes das comissões

Na estrutura altamente centralizada da ciência francesa do século 19, as disputas científicas eram resolvidas nomeando-se comissões da Academia Francesa de Ciências, sediada em Paris, para decidir as questões. Os resultados desses comitês tornaram-se a visão quase oficial da comunidade científica francesa. Duas comissões sucessivas analisaram a controvérsia da geração espontânea. A primeira, formada antes dos experimentos de Pouchet nos *Pirineus*, ofereceu um prêmio "àquele que, por meio de experimentos bem conduzidos, trouxesse novos esclarecimentos à questão da assim chamada geração espontânea". Por acaso ou desígnio, todos os membros da comissão não simpatizavam com as idéias de Pouchet e alguns anunciaram suas conclusões antes mesmo de examinar os relatórios. Dois de seus membros já haviam respondido negativamente aos trabalhos iniciais de Pouchet e os outros eram notórios oponentes da geração espontânea. Pouchet retirou-se da competição, deixando que Pasteur recebesse, incontestado, o prêmio por um manuscrito que havia escrito em 1861, no qual relatava sua famosa série de experimentos, demonstrando que a decomposição de diversas substâncias devia-se a germes transportados pelo ar.

A segunda comissão foi formada em 1864 em resposta às experiências de Pouchet nos *Pirineus*. Esses experimentos haviam provocado a indignação dos membros da Academia, cuja maioria considerava a questão já resolvida. A nova comissão principiou com uma declaração desafiadora:

É sempre possível, em certos lugares, obter uma quantidade considerável de ar que não tenha sido submetido a nenhuma modificação química ou física, mas esse ar é insuficiente para causar qualquer alteração no mais putrescível dos líquidos.

(Dubos, 1960, p. 174)

Pouchet e colaboradores aceitaram o desafio, acrescentando:

Se um único dos nossos frascos permanecer inalterado, iremos abertamente reconhecer nossa derrota.

(Dubos, 1960, p.174)

A segunda comissão era composta de membros cujos pontos de vista eram reconhecidamente contrários aos de Pouchet. Ao descobrir sua identidade, Pouchet e colaboradores tentaram mudar as condições da prova. Queriam ampliar o alcance do programa experimental, enquanto Pasteur insistia que a prova deveria centrar-se em testar se a menor quantidade de ar sempre induziria putrefação. Tudo o que Pasteur precisava mostrar, segundo os termos originais da competição, era que ar poderia ser introduzido em alguns frascos sem que ocorressem alterações em seu conteúdo. Não conseguindo mudar as condições de arbitragem, Pouchet retirou-se da contenda acreditando que não teria uma audiência justa em vista da parcialidade dos membros da comissão.

Por ter desistido duas vezes da competição, a posição de Pouchet era insustentável. O fato de as comissões serem parciais em suas opiniões era irrelevante para a comunidade científica, que já apoiava Pasteur quase unanimemente.

Retrospecto e prospecto sobre o debate Pasteur-Pouchet

A posição de Pouchet era um pouco como a de uma pessoa acusada cujo destino depende de evidência forense. O “acusa-

do", é preciso admitir, teve a chance de apresentar alguma evidência própria, mas a interpretação foi monopólio da "acusação", que também agiu como juiz e júri. É fácil perceber por que Pouchet desistiu. Também é fácil compreender quão facilmente Pasteur pôde afirmar que os experimentos de seu oponente nos Pireneus foram atrapalhados pelo uso da lima e não da torquês, ao cortar o gargalo dos frascos. Podemos imaginar os fragmentos de vidro, de alguma forma contaminados pela lima mesmo depois de ter sido aquecida, caindo sobre a infusão de feno e semeando os nutrientes. Podemos imaginar que se Pouchet houvesse sido forçado pela comissão a utilizar uma torquês esterilizada, como fazia Pasteur, então muitos frascos teriam permanecido inalterados. Podemos cogitar, portanto, que a compreensível falta de coragem de Pouchet diante dessa "camisa-de-força" técnica apenas o poupou de um embaraço maior. Embora as duas comissões fossem vergonhosamente parciais, tratava-se, com certeza, apenas de uma contingência histórica que não teria afetado as conclusões científicas a que chegaram?

Curiosamente, parece agora que se Pouchet não houvesse perdido a coragem, talvez não houvesse perdido a competição. Uma diferença entre Pasteur e Pouchet foi o meio nutritivo que cada um escolheu para os experimentos. Pasteur utilizou infusões de levedura e Pouchet, infusões de feno. Somente em 1876 descobriu-se que as infusões de feno permitem o crescimento de um esporo difícil de destruir pela fervura. Embora a fervura elimine por completo os microorganismos vivos na infusão de levedura, o mesmo não acontece na infusão de feno. Comentadores modernos, então, sugeriram que Pouchet poderia ter se saído bem se persistisse — ainda que pelas razões erradas! Vale a pena notar que em nenhum lugar lemos sobre Pasteur repetindo o trabalho de Pouchet com feno. De fato, exceto para reclamar sobre o uso da lima em vez da torquês, ele raramente menciona os experimentos dos Pireneus, concen-

trando a maior parte da sua força crítica nos primeiros experimentos ao mercúrio, para os quais ele já tinha uma explicação pronta. Os experimentos dos Pireneus, é claro, foram realizados sem mercúrio, o suposto contaminante das experiências anteriores. Conforme observa uma de nossas fontes:

Se alguma vez Pasteur repetiu os experimentos sem mercúrio, ele guardou os resultados para si.

(Farley e Geison, 1974, p. 33)

Chegou-se então à conclusão do debate como se os experimentos dos Pireneus nunca houvessem existido.

A diferença entre feno e levedura, segundo nosso entendimento atual, agrega uma ironia maliciosa aos resultados das comissões. Entretanto, não acreditamos que Pouchet teria sido mais sábio em continuar com a disputa e que fatos científicos falam por si. A interpretação moderna sugere que os fatos sobre as infusões de feno teria falado, mesmo para uma comissão parcial, na linguagem inconfundível da geração espontânea. Não acreditamos nela. A comissão teria encontrado uma maneira satisfatória de descartar os resultados de Pouchet.

Pós-escrito

É interessante notar que os defensores de Pasteur foram, em parte, motivados pelo que hoje parece outra heresia científica. Naquela época, pensava-se que o darwinismo estava baseado na idéia da geração espontânea. Em um ataque ao darwinismo, publicado no mesmo ano em que a segunda comissão foi instituída, o secretário da Academia Francesa de Ciências utilizou o malogro da geração espontânea como seu principal argumento:

A geração espontânea deixou de existir. O senhor Pasteur não apenas esclareceu a questão, ele a resolveu.

(Farley e Geison, 1974, p. 23)

Pasteur, então, foi considerado aquele que desferiu o golpe final na teoria da evolução com o mesmo movimento com que derrubou a geração espontânea da vida. Uma heresia destruíra a outra. Os que consideram que a ciência está justificada porque "deu tudo certo no final", deveriam pensar novamente.

Finalmente, é preciso lembrar que hoje sabemos de várias coisas que poderiam ter impedido o sucesso dos experimentos de Pasteur se ele os houvesse levado adiante um pouco mais. Existem vários esporos, além dos encontrados no feno, que são resistentes à destruição por aquecimento a 100°C. No início do século 20, Henry Bastian apoiava a idéia da geração espontânea por descobrir, sem o saber, mais um desses esporos resistentes ao calor. Ademais, a latência de bactérias depende não somente de calor mas também da acidez da solução. Esporos que parecem mortos em meio ácido podem germinar em um ambiente alcalino. Conseqüentemente, experimentos como os que formaram as bases desse debate podem ser confundidos de muitas maneiras. Para se ter certeza de que um fluido está completamente estéril, é preciso aquecê-lo sob pressão até uma temperatura de aproximadamente 160°C e/ou submetê-lo a um ciclo de aquecimento e resfriamento repetido várias vezes e a intervalos adequados. Conforme sabemos agora, houve muitas maneiras pelas quais os experimentos de Pasteur poderiam, e deveriam, ter dado errado. Nossa melhor suposição tem de ser que eles deram errado, mas que Pasteur sabia o que deveria contar como resultado e o que deveria contar como erro.

Louis Pasteur foi um grande cientista, mas o que ele fez pouco se assemelha ao ideal exposto nos textos modernos sobre método científico. É difícil imaginar como ele teria ocasionado as mudanças em nossas idéias sobre a natureza dos germes se houvesse sido limitado pelo árido padrão de comportamento, que é considerado por muitos o modelo do método científico.