
**A EXPERIÊNCIA BAROMÉTRICA NA FRANÇA:
UM ESTUDO DA “CARTA DE PETIT A CHANUT”***

*Fumikazu Saito***

Resumo: A “carta de Pierre Petit a Pierre Chanut” contém as primeiras experiências barométricas presenciadas por Blaise Pascal e traz as circunstâncias iniciais que o conduziram a engajar-se nos experimentos relativos ao vácuo. O presente estudo analisa esse pequeno documento, na tentativa de evidenciar as controvérsias que o ensaio barométrico de Torricelli suscita, chamando a atenção do leitor para os resultados que motivaram a posterior investigação, acerca do vazio, realizada por Blaise Pascal na França no século XVII.

Palavras-chave: Experiência barométrica; *horror vacui*; vácuo; peso do ar; pressão do ar.

Abstract: The “letter from Pierre Petit à Pierre Chanut” contains the first barometric experiment observed by Blaise Pascal, and presents the initial conditions that let him to experiment with vacuum. This paper discuss that short document in an attempt to emphasize the disputes created by Torricelli’s barometric essay, while calling the reader’s attention to the results which led to the later investigation of vacuum by Blaise Pascal in 18th century France.

Key words: barometric experiment; *horror vacui*, vacuum; air weight; air pressure.

Realizado na Itália em 1644¹, o ensaio barométrico de Torricelli foi reproduzido por Pierre Petit, em Rouen, por volta de outubro de 1646. Conhecida pelo nome de *expérience d'Italie*, a experiência de Torricelli – que colocava em questão a doutrina metafísica do *horror vacui* – criou, em meados de 1646, uma grande sensação entre os eruditos franceses.

O anúncio da experiência deu-se na França e foi feito por um grupo de homens que estava em torno do padre Marin Mersenne, o qual tomou conhecimento do experimento por intermédio de François du Verdu e de Jean-François Nicéron. Segundo R. Taton, Du Verdu copiara, em parte, as duas cartas de Torricelli², passando a cópia, na forma de uma carta a Nicéron que, por sua vez, a enviou a Mersenne.³

A data do documento de Du Verdu é incerta, sendo provavelmente de julho de 1644. Incompleto, o seu complemento⁴ foi obtido por Mersenne por ocasião de sua viagem para a Itália em dezembro de 1644, quando se encontrou com os envolvidos na realização. Em dezembro do mesmo ano, Mersenne esteve em Florença, onde Torricelli repetiu a experiência em sua presença, dirigindo-se em seguida para Roma, onde entrou em contato com Ricci; retornou a Paris em julho de 1645⁵.

Quando de seu retorno a Paris, Mersenne comunicara a Pierre Chanut acerca do experimento e ambos tentaram reproduzi-lo, porém sem sucesso⁶. Assim,

* Data de recebimento para publicação: 12/06/2001.

** Preceptor do módulo Filosofia da Ciência do Regime de Iniciação Científica da Universidade São Judas Tadeu; Mestrando em História da Ciência pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; Bacharel em Filosofia pela Universidade São Judas Tadeu e Engenheiro Elétrico pela Escola de Engenharia Mauá.

¹ A data na qual a experiência foi realizada é incerta. A *Accademia Del Cimento* costuma atribuí-la ao ano de 1643, porém, Middleton parece não concordar com essa data. A esse respeito confira: W. E. K. Middleton, *The place of Torricelli in the history of barometer (Isis)*, pp. 25-26.

² São duas cartas que Torricelli enviou a Michelangelo Ricci. A primeira, datada de 11 de junho de 1644, informa a Ricci os resultados das experiências. A segunda, datada de 28 de junho de 1644, responde às três objeções colocadas por Ricci acerca do experimento. Para a tradução inglesa da primeira carta de Torricelli, ver: W. E. K. Middleton, *The History of the barometer*, pp. 23-24. Há uma tradução para a língua portuguesa feita por Roberto de Andrade Martins: “Carta de Torricelli a Michelangelo Ricci” (*Cadernos de História e Filosofia da Ciência*), pp. 157-165. A tradução inglesa de uma parte da segunda carta pode ser encontrada em W. E. K. Middleton, *loc. cit.*, pp. 26-28. O trecho da carta na qual Ricci coloca as três objeções ao experimento de Torricelli, datada de 18 de junho de 1644, pode ser consultada em, *Ibid*, pp. 25-26.

³ R. Taton, *L'annonce de l'expérience barométrique en France (Revue d'Histoire des Sciences)*, p. 78.

⁴ Cabe observar que Du Verdu não copiou as duas cartas de Torricelli em sua totalidade. Esses extratos, bem como as suas características e a sua tradução francesa, foram publicados num artigo por R. Taton. Ver: R. Taton, *op. cit.*, pp. 79-83.

⁵ *Ibid.*, p. 78. Confira, também, W. E. K. Middleton, *The history of the barometer*, p. 37. Segundo Middleton, Mersenne deixou Paris em outubro de 1644 e retornou a Paris em Julho de 1647.

⁶ C. Adam, *Pascal et Descartes – les expériences du vide (1646-1651) (Revue Philosophique de la France et de l'Étranger)*, p. 614. Ver, também, W. E. K. Middleton, *The history of the barometer*, p. 37. Nesse particular, comenta A. Koyré que “os fabricantes de vidro parisienses era incapazes de fornecer-lhes tubos de vidro bastante resistentes para suportar a pressão de três pés de mercúrio. Como os vidreiros de Rouen eram melhores do que os de Paris, a zarabatana (o

depois de ter sido informado por Mersenne e de suas tentativas fracassadas de executá-lo, Pierre Petit⁷, Intendente de Fortificações, decidiu realizá-lo na presença de Étienne⁸ e Blaise Pascal, sendo, portanto, o primeiro a reproduzi-lo fora da Itália e obtendo êxito nos resultados⁹.

Depois de realizado o experimento, em novembro de 1646, Petit enviou uma longa carta de Paris a Chanut, em Estocolmo, descrevendo pormenorizadamente os resultados obtidos, bem como discutindo suas conseqüências e implicações¹⁰. Ansioso em divulgá-lo a Chanut, Petit expressou, ao longo da carta, a sua excitação em relação ao que observou, descrevendo a experiência com grande clareza.

1 A NARRAÇÃO DE UMA EXPERIÊNCIA

É interessante observar o realismo do relato e os detalhes práticos dessa carta. A maneira pela qual a experiência é narrada permite ao leitor reproduzi-la em sua íntegra. Com efeito, após ter colocado alguns problemas conceituais que encerravam o experimento, Petit deixa a Chanut a possibilidade de refazê-lo por si mesmo, obedecendo às mesmas condições sob as quais ele o executou:

“Mas vou parar de vos entreter com o contra e o a favor e de filosofar sobre um assunto sobre o qual só tenho o propósito de vos descrever o fato e desenvolver ingenuamente a história e o processo verbal da experiência que fizemos para obter, se vos aprouver, vossos sentimentos sobre meu relatório ou sobre aquilo que virdes vós mesmo, quando vos derdes ao trabalho de fazê-la, como a descrevi”¹¹.

tubo) que Pierre Petit lhes encomendou resistiu”. Confira A. Koyré, *Estudos da história do pensamento científico*, p. 356.

⁷ Pierre Petit nasceu em Montluçon em 8 de dezembro de 1594. Foi comissário provincial da artilharia e engenheiro do rei antes de ser intendente de fortificações. Ele desempenhou um papel importante na vida científica do século XVII e estava diretamente ligado a Gassendi e à família de Blaise Pascal. Ver: L. Brunschvicg & P. Boutroux, org., *Oeuvres de Blaise Pascal*, vol. I, pp. 325-326. Confira, também, C. Adam, *op. cit.*, p. 613.

⁸ Étienne Pascal, pai de Blaise Pascal, era um dos eruditos franceses que freqüentava o seletto grupo de Mersenne.

⁹ A experiência deu-se em Rouen e a data de sua realização é incerta. Provavelmente, ela foi realizada em outubro de 1646. A esse respeito, confira, W. E. K. Middleton, *The history of the barometer*, p. 37; L. Brunschvicg & P. Boutroux, org., *op. cit.*, p. 325; e C. Adam, *op. cit.*, p. 613.

¹⁰ A carta, na qual Petit narra a sua experiência, pode ter sido escrita em 10, 19 ou 26 de novembro de 1646. Ela foi publicada posteriormente em 10 de novembro de 1647, logo após o primeiro opúsculo, *Nouvelles expériences touchant le vide*, de Pascal. Ver: L. Brunschvicg & P. Boutroux, org., *op. cit.*, pp. 326-328 e 345n.

¹¹ “Lettre écrite à Monsieur Chanut, Resident pour sa Majesté en Suede, touchant l'expérience du Vuide. En Novembre mil six cens quarante-six, par Monsieur Petit, Intendant des Fortifications”, in L. Brunschvicg & P. Boutroux, org., *Oeuvres de Blaise Pascal*, vol. I, pp. 338-339. A tradução é de Roberto de Andrade Martins, ver: *Carta escrita ao senhor Chanut, residente de sua majestade na Suécia sobre a experiência do vazio, em novembro de 1646, pelo senhor Petit superintendente de fortificações (Cadernos de História e Filosofia da Ciência)*, pp. 159-165.

Mas, longe de ser um artigo científico nos moldes contemporâneos, esse relato experimental é uma história natural, reflexo do espírito científico da época¹². Colocada em forma de crônica, essa narração aponta para o valor das experiências que podem ser repetidas e refeitas nas mesmas condições em que são narradas. Ela apresenta vários detalhes práticos e é minuciosa na descrição dos materiais utilizados, dos procedimentos executados, da elaboração e dos resultados obtidos.

Soma-se, ainda, à clareza da narração, a preocupação de Petit em isolar as situações circunstanciais que poderiam invalidar o experimento. Levando em consideração as objeções que poderiam ser feitas acerca do procedimento e dos resultados obtidos, Petit lista algumas condições sob as quais ele deveria ser executado. Assim, no total de três, ele alerta, primeiro, que o interior do tubo esteja bem seco, eliminando dele qualquer resíduo de umidade. Uma segunda condição diz respeito ao mercúrio, que não deve ser misturado à água, de modo a não perder a sua continuidade. Enfim, a terceira, referindo-se à quantidade de mercúrio no vaso, afirma que, quanto mais mercúrio no fundo do pote, mais bela é a experiência¹³.

Os materiais descritos e utilizados por Petit foram: um tubo de vidro, mercúrio, água, um funil de papel dobrado e uma pequena bacia de madeira. O tubo de vidro foi fabricado numa vidraria em Rouen, tinha quatro pés de comprimento, sendo selado numa das extremidades, tendo a grossura interna de um dedo mínimo. O mercúrio foi comprado de um *vendedor de drogas ou especiarias* que lhes forneceu cerca de quarenta ou cinquenta libras do metal. Assim, tendo em mãos o material necessário, Petit e os Pascal passaram a realizar a experiência, cuja narração vale a pena ser citada:

“... com a ajuda de um pequeno funil de papel dobrado..., preenchemos totalmente o nosso tubo, cuja extremidade de baixo, que estava tampada, estava dentro de uma pequena bacia de madeira bastante profunda e espaçosa...; tendo o tubo sido assim todo preenchido de mercúrio, coloquei dentro da bacia a altura de três dedos (de mercúrio) e, acima dele, fiz colocar a mesma quantidade de água comum. Isso feito, ergui meu braço colocando o dedo médio sobre o furo do tubo, que estava tão cheio de mercúrio que ele jorrou quando (o dedo) ocupou seu lugar – e o erguemos muito docemente, sustentando-o em baixo e no meio, temendo que o peso fizesse romper-se e para me ajudar. Depois, mantendo sempre o dedo firme e a mão no tubo, eu o mergulhei através da água no mercúrio até que meu dedo estivesse no fundo do vaso; ficamos então algum tempo examinando se havia algum ar no topo (do tubo); não o vimos de modo algum; depois disso, retirando o meu dedo de baixo e deixando o tubo tocar o fundo do vaso, vimos o mercúrio descer e abandonar o alto do tubo, não de uma só

vez e em um instante, nem muito lentamente, mas como água derramada em um filtro; e o que é muito admirável, ele desceu mais de dezoito polegadas, que é um comprimento extraordinário”¹⁴.

A partir de então, Petit e os Pascal passaram a discutir os resultados obtidos, procurando explicar a natureza desses fatos. Mas, logo em seguida, eles passaram a um outro experimento, isto é, para a experiência de erguer o tubo de vidro que era equivalente àquela descrita por Torricelli acerca da variação do volume do vazio aparente¹⁵:

“Depois que por muito tempo examinamos com espanto esse vazio aparente ou verdadeiro, tendo-o medido e marcado sobre o vidro, ergui-o docemente pelo alto e – coisa estranha – o vazio aumentou mais ainda de altura, tanto quanto havia de mercúrio no fundo do vaso, sem que o nível ou altura do mercúrio que estava no tubo mudasse de modo nenhum, nem subisse como eu acreditaria... Elevando portanto o tubo, o mercúrio que nele estava permaneceu como se estivesse suspenso e não o seguiu; mas o vazio aumentou enquanto e tanto quanto a extremidade de baixo subia no mercúrio do vaso; de tal forma que, após haver feito isso muitas vezes, tendo elevado e abaixado o tubo no citado mercúrio para observá-lo, elevei-o finalmente até a região da água; logo que o mercúrio (do tubo) a atingiu e a extremidade (do tubo) abandonou o mercúrio do fundo, ele (o mercúrio) caiu, desceu imediatamente todo de uma vez e a água subiu com grande velocidade até o alto do tubo, preenchendo todo esse espaço que antes parecia vazio ou cheio de ar, sem restar um só grão visível no alto (do tubo)...”¹⁶

Bem como observa Middleton, o experimento foi conduzido por Petit exatamente como Du Verdus tinha descrito a Mersenne, o que significa que a sua descrição foi-lhe passada em sua totalidade¹⁷. No entanto, é importante salientar que a descrição da experiência de Petit é muito minuciosa e mais meticulosa do que aquela copiada por Du Verdus das duas cartas de Torricelli. Mas, de qualquer forma, é de se notar que Petit, ao engajar-se em repetir o experimento, estava claramente interessado em demonstrar o vácuo e não estava pensando nessa época na pressão (ou peso) do ar.

2 QUERELA ENTRE ANTIGOS E MODERNOS

A experiência parece ter satisfeito o pai de Pascal, tal como narra Petit, “o Senhor Pascal estava há muito tempo persuadido dessa opinião de Heron e de muitos

¹⁴ *Ibid.*, pp. 333-334.

¹⁵ Com relação a essa experiência, confira: R. A. Martins, org., *Carta de Torricelli a Michelangelo Ricci (Cadernos de História e Filosofia da Ciência)*, p. 158.

¹⁶ “Lettre écrite à Mousieur Chanut...”, in L. Brunschvicg & P. Boutroux, org., *op. cit.*, p. 335.

¹⁷ W. E. K. Middleton, *The history of the barometer*, p. 39.

¹² A esse respeito, confira: A. M. Alfonso-Goldfarb, *O que é história da ciência*, p. 51.

¹³ “Lettre écrite à Mousieur Chanut...”, in L. Brunschvicg & P. Boutroux, org., *op. cit.*, pp. 339-340.

outros filósofos, ficou encantado por vê-la confirmada por essa experiência, por seus próprios sentidos”¹⁸. Com efeito, a Antigüidade tinha deixado um original e vasto patrimônio experimental acerca do vácuo, assim como um grande número de opiniões filosóficas diferentes. Assim, dentre os antigos, encontrava-se Heron de Alexandria um dos defensores da existência do vácuo, que apresentou na “Introdução” de sua *Pneumática* vários argumentos a favor do vazio¹⁹. Contudo, em sua grande maioria, para os antigos e os medievais e na esteira de Aristóteles, o vazio era visto como uma contradição lógica²⁰. E, embora uma variedade de argumentos sólidos tivesse avançado da Antigüidade até a Idade Média, parecia após o século XIII o espaço vazio não parecia mais uma absurdidade e nem uma ilógica; o fato é que a maioria dos eruditos continuava a negar a existência do vazio na natureza²¹.

Como aponta G. Nonoi, “a maioria dos escolados aceitava a máxima bem conhecida, *natura abhorret vacuum*, que possuía um duplo significado, a saber: por um lado, ela sancionava a não atualidade de um espaço totalmente vazio de matéria na *natura naturata* e, por outro, reconhecia a possibilidade de criar tal espaço, se Deus assim decidisse”²². Assim, ao adentrar o século XVII, a maioria dos contemporâneos de Petit e de Pascal – dentre os quais Descartes, o jesuíta Noël e o aristotélico Pierius – aceitava sem contestações a doutrina do *horror vacui*. No entanto, o ensaio barométrico colocava em dificuldades a doutrina do *horror vacui* no que se referia à interpretação do fenômeno observado. Como explicar aquele espaço aparentemente vazio que se verificava acima do tubo de vidro? O espaço é aparentemente vazio, ou verdadeiramente vazio?

Ao discutir os resultados da primeira parte do experimento, foram colocadas duas objeções que poderiam ser feitas contra a possibilidade de o espaço aparentemente vazio ser realmente vazio. A primeira foi apontada por Blaise Pascal nos seguintes termos: “os ‘simplicios’²³ poderiam dizer que esse espaço que parecia vazio era ar, o qual, para evitar o vazio, teria penetrado no vidro e entrado pelos poros”²⁴. Mas, retruca Petit, “o vidro não é poroso” e questiona: por que não entra mais ar no tubo, além do que entrou, fazendo o mercúrio descer totalmente?

A segunda objeção foi posta por Petit: se o vidro não tem poros, o ar poderia ter entrado pela parte inferior do tubo? Contudo, isso seria impossível, pois o ar é mais leve do que a água e do que o mercúrio. E, mesmo que a entrada de ar fosse possível, a questão continuava em pé: por que não entra mais ar no tubo, além do que entrou, fazendo o mercúrio descer totalmente? Ou, nas próprias palavras de Petit, “o que teria impedido a sua continuação, que seria mais fácil do que a entrada?”. Assim, a primeira conclusão a que chegam (Petit e Pascal) é a de que pelos sentidos nada assegurava que o espaço aparentemente vazio estava preenchido de ar, e nem havia razão suficiente para convencer-se de que não era ar.²⁵

Desse modo, era necessário verificar se aquele espaço deixado pelo mercúrio era preenchido por ar ou não. Para tanto, a segunda parte da experiência parecia significativa na medida em que apresentava duas evidências: a primeira era a de que, ao se erguer o tubo de vidro, o mercúrio continuava suspenso à mesma altura, embora o vazio aparente aumentasse significativamente. A segunda era que a de, ao se elevar o tubo até a região da água no vaso, o mercúrio tinha caído totalmente e a água subido violentamente, “contra a sua natureza”, preenchendo totalmente o tubo. O que se poderia concluir a partir daí?

Para Petit era claro: o espaço aparentemente vazio não poderia ser ar. Mas, por quê? A resposta seria simples, tanto a água como o mercúrio deveriam ter caído. Ou seja, considerando que o mercúrio era mais pesado do que a água e que o mercúrio permanecia suspenso no tubo, era de se concluir que a água não poderia ter aí subido.

A esse respeito é importante observar que a questão do espaço aparentemente vazio que surge no topo do tubo de vidro está diretamente associada à inquirição, não só de sua natureza, mas também da causa da suspensão do mercúrio. Em linhas gerais, pode-se dizer que o fenômeno observado no tubo barométrico parecia desafiar o conhecimento da ordem natural que até então era aceito.

Por outras palavras, segundo a doutrina do “lugar natural” de Aristóteles, os corpos tendem sempre ao seu lugar natural, de modo que o peso (gravidade) é uma característica inerente aos corpos²⁶. Assim, dado que o

²⁵ *Ibid.*, p. 335.

²⁶ Para Aristóteles, cada uma das coisas no universo (celestial ou terrestre) tem seu lugar “natural” e seu movimento local “natural” para este lugar, de modo que todo movimento que não é natural é violento. Mas, além de distinguir o movimento local natural do violento, ele divide também o movimento natural em movimento celestial (circular e uniforme) e movimento terrestre (retilíneo, para cima ou para baixo). Assim, o movimento para cima ou para baixo depende da natureza da substância de que o corpo particular é composto. Dado que os corpos são constituídos de quatro elementos (terra, água, ar e fogo), o lugar e o movimento natural dos corpos, compostos por mais de um elemento, correspondem àqueles do elemento predominante. Em outros termos, a terra e a água tendem a se mover para baixo, pois o lugar natural da terra é o centro da Terra (que no sistema geocêntrico corresponderia ao centro do universo), sendo o da água imediatamente após a região central. Somente o fogo, que é absolutamente leve, se move para cima, tendo o seu lugar natural na região externa da esfera sub lunar. E quanto ao ar, ela ocupa a região intermediária entre o fogo e a água, sendo o seu movimento natural também para cima (exceto na região do fogo). Sobre o movimento e o lugar natural dos corpos, confira: Aristóteles, *De caelo*, IV, 311b; e *Idem, Physica*, VII, 254b.

¹⁸ “Lettre écrite à Mousieur Chanut...”, in L. Brunschvicg & P. Boutroux, org., *op. cit.*, p. 337.

¹⁹ R. A. Martins, *O vácuo e a pressão atmosférica, da Antigüidade a Pascal (Cadernos de História e Filosofia da Ciência)*, p. 17.

²⁰ C. de Waard, *L'expérience barométrique: ses antécédents et ses explications*, pp. 7-13.

²¹ *Ibid.*, p. 14. Cabe observar que, durante a Idade Média, o vácuo era um dos grandes temas da ontologia natural de modo a inserir-se nos debates teológicos. O vácuo deixou de ser uma contradição lógica após a condenação dos 219 artigos, pelo bispo de Paris em 1277, dirigida aos cristãos aristotélicos. Sobre esse ponto, confira: E. Grant, *Medieval and Seventeenth-Century Conceptions of an Infinity Void Space beyond the Cosmos (Isis)*, pp. 50-51.

²² G. Nonoi, *Against emptiness: descartes's physics and metaphysics of plenitude (Studies in History and Philosophy of Science)*, pp. 81-82.

²³ Por esse termo Pascal quer designar o “senso comum”. Ver: L. Brunschvicg & P. Boutroux, org., *op. cit.*, p. 334n.

²⁴ “Lettre écrite à Mousieur Chanut...”, in L. Brunschvicg & P. Boutroux, org., *op. cit.*, p. 334.

mercúrio era mais pesado do que o ar, ele deveria cair ao invés de ficar suspenso no tubo barométrico. Contudo, paradoxalmente, isso não se verificava. Além de o mercúrio manter-se suspenso, a água também aí subia violentamente “contra a sua natureza”. Ou seja, a água deveria ter descido, pois o seu peso era maior do que o ar. E a mesma situação deveria ter sido observada com relação ao mercúrio, pois o seu peso era maior do que o da água. Assim, se o ar tivesse entrado pela parte debaixo do tubo, ou pelos poros do vidro, ele deveria ter preenchido todo o espaço dentro do tubo, de modo que todo o mercúrio caísse e repousasse sobre o fundo do vaso com a água acima dele. Portanto, Petit e Pascal concluíram que não havia nenhuma evidência de que aquele espaço que se encontrava no tubo acima do mercúrio fosse ar. Tal como afirma Petit, “nenhuma aparência justifica, portanto, que isso fosse ar que tivesse entrado no vidro e que a água, subindo, tivesse feito sair pelos poros; se ela tivesse descido ou fosse empurrada por uma força, haveria alguma coisa a favor desse mau julgamento”²⁷.

No entanto, logo surge uma terceira objeção, ou seja, se não é ar, provavelmente é ar rarefeito. O ar rarefeito poderia ter estado no tubo ou ter sido levado até lá com o dedo ao tampar o seu orifício, pois, “um átomo de ar, por assim dizer, seria capaz de se rarefazer e expandir, não apenas até a quantidade das dezoito polegadas, mas a uma maior, se houvesse maior força para causar essa rarefação”²⁸. Assim, paradoxalmente, o ar rarefeito poderia explicar o fenômeno da subida da água, além de elucidar a causa da suspensão do mercúrio. Mas, como isso é possível, levando em consideração que o mercúrio e a água são mais pesados que o ar?

Segundo a doutrina do *horror vacui*, a natureza não poderia suportar nenhum vazio, de modo que todos os corpos são contíguos uns aos outros. Assim, a explicação dar-se-ia da seguinte forma: ao entornar o tubo de vidro cheio de mercúrio, este, por sua natureza, tende a cair no vaso. Desse modo, à medida que o mercúrio cai, aquele átomo de ar que estava no tubo (ou foi levado até lá pelo dedo) se rarefaz gradativamente e, conseqüentemente, o mercúrio, contíguo ao ar rarefeito, permanece suspenso no tubo de vidro.

Embora clara, a explicação parecia paradoxal, pois ela não dava as razões pelas quais o ar não haver se rarefeito ainda mais, até a base do tubo, para deixar o mercúrio descer totalmente. A resposta imediata a essa questão poderia ser dada afirmando que a natureza não permitia uma rarefação maior do que aquela que era estipulada (pela natureza), de modo a haver um limite para a quantidade de ar rarefeito. Contudo, a experiência de erguer o tubo apontava em direção contrária, pois o espaço aparentemente vazio aumentava significativamente, como observou Petit: “nós mesmos o havíamos visto sofrer um aumento igual à altura do mercúrio do fundo do vaso, elevando (o tubo) nele até a água e, plausivelmente, o

teríamos aumentado ainda mais se o mercúrio tivesse uma maior altura”²⁹.

Perspicaz e persuasiva, a teoria do ar rarefeito explicava inclusive o aumento e a diminuição do espaço vazio aparente. Tal como uma mola que se estica e se contraí, uma pequena partícula de ar poderia se rarefazer e se condensar tanto quanto assim desejasse fazê-lo. Assim, ao se erguer o tubo, o ar se rarefaz ainda mais, só que, dessa vez, por ter agido sobre ele uma força externa. Mas, como explicar a subida da água no tubo?

A resposta seria a seguinte: à medida que se ergue o tubo de vidro, o ar se rarefaz gradativamente e, quando o tubo atinge a região da água, o mercúrio, sendo mais pesado do que a água, flui para o vaso caindo totalmente. Mas, assim que o mercúrio começa a abandonar o tubo, o ar rarefeito condensa-se, gradativamente, retornando ao seu estado e lugar inicial (voltando a se transformar naquele átomo de ar) e, conseqüentemente, puxando consigo a água que lhe é contígua, fazendo assim a água subir pelo tubo, preenchendo-o totalmente.

Em suma, o que se poderia concluir desse relato e dessa discussão? Primeiro, que há duas possibilidades, ou seja, que o espaço aparentemente vazio era, realmente, vazio ou era ar rarefeito. Segundo, tal como aponta Petit, “essa experiência mais confirma e favorece sua opinião [ou seja, a dos peripatéticos] do que a destrói, pois de fato não se pode provar-lhes que não existe no tubo nenhum átomo de ar acima do mercúrio”³⁰. Assim, para poder demonstrar que o espaço acima do mercúrio era realmente vazio, era preciso mostrar que não existia nada realmente dentro do tubo e que não tinha permanecido e nem entrado nele nenhuma partícula. A terceira conclusão é a de que “a quantidade de vazio ou a rarefação não era determinada em tal ou qual medida, mas dependia da força do agente que a causa”³¹. E, finalmente, que a causa da suspensão do mercúrio depende apenas de seu peso.

3 DA CAUSA DA SUSPENSÃO DO MERCÚRIO

Ao concluir a sua investigação, Petit brevemente expõe a causa da suspensão do mercúrio e do aumento do vazio ou rarefação. Com relação ao primeiro, ele diz, “o peso do mercúrio que estava no tubo, possuindo apenas a força para baixar sua altura e de causar, por seu peso de queda, até certa altura de vazio ou rarefação, não devemos nos espantar que ele produzisse sempre o mesmo e não mais [vazio ou rarefação]”³². Em outros termos, a causa da suspensão do mercúrio e a quantidade de vazio ou rarefação produzida dependiam apenas do peso do mercúrio, que não o permitia cair além das dezoito polegadas observadas no experimento. Quanto à causa do aumento do vazio ou da rarefação ao se erguer o tubo, ele informa que “foi por causa de um outro agente ou força maior do que o peso do mercúrio, a saber: a força do braço que, elevando mais o tubo, até a região da água, deixou o mercúrio no seu mesmo lugar e produziu o mesmo efeito

²⁷ “Lettre écrite à Mousieur Chanut...”, in L. Brunschvicg & P. Boutroux, org., *op. cit.*, p. 337.

²⁸ *Ibid.*

²⁹ *Ibid.*, p. 341.

³⁰ *Ibid.*, p. 338.

³¹ *Ibid.*, p. 341.

³² *Ibid.*, pp. 341-342.

que se ele tivesse sido puxado por baixo, tanto quanto o tubo foi elevado para o alto, quer dizer, causou um maior espaço vazio ou de rarefação”³³.

Convém observar que a causa da suspensão do mercúrio, bem como a explicação da subida da água, é feita por Petit e Pascal por uma causa interna, isto é, pelo peso do mercúrio e pelo peso da água. Eles não parecem atribuir, por essa época, a explicação do fenômeno a uma causa externa, ou seja, à pressão (ou peso) do ar. Assim, nesse particular, observa Middleton que, “nem Pascal e nem Petit parecem ter considerado que a elevação do mercúrio poderia ser atribuída à pressão do ar. Ao que tudo indica, Mersenne, por essa época, que não acreditava ele mesmo na pressão do ar, não transmitiu a Petit a breve referência que Torricelli faz a seu respeito”³⁴.

Com efeito, a explicação causal externa já tinha sido assinalada por Torricelli na sua primeira carta enviada a Ricci. Contudo, ao que parece, Pascal e Petit não possuíam tal informação. Mas, a essa observação acrescenta Middleton que “a subsequente história relativa ao assunto poderia ter sido diferente se Du Verdus tivesse copiado a primeira carta de Torricelli na íntegra. Assim, Mersenne teria sido persuadido de que a causa da suspensão do mercúrio era a pressão do ar, informando Petit e Roberval a seu respeito”. E, por conseguinte, Pascal e Petit teriam chegado a formular uma explicação precisa do fenômeno.³⁵

No entanto, essa conclusão de Middleton é estranha, na medida em que Du Verdus (embora tivesse copiado apenas alguns trechos da primeira carta de Torricelli) transcreveu a seguinte passagem:

*“Cette force qui maintient le vif argent contrairement à sa nature qui est de tomber, on a cru longtemps qu'elle était intérieure à AE et provenait du vide ou d'une matière extrêmement raréfiée; mais je prétends qu'elle est extérieure et que la force vient du dehors. Sur la surface du liquide qui est dans la cuvette pèse une hauteur d'air de 500 milles. Il n'est donc pas étonnant que, dans le tube CE, où le vif argent n'a ni inclination ni même répugnance, puisqu'il n'y a rien, il entre et s'y élève jusqu'à ce qu'il s'équilibre avec le poids de l'air extérieur qui le contient”*³⁶.

Embora nesse excerto não esteja a causa tão explícita quanto nos primeiros parágrafos da carta de Torricelli - na qual ele categoricamente diz: “encontro que a causa admitida por mim (ou seja, o peso do ar) deveria ser por si só mais notável do que ela o é ao se tentar (produzir) o vácuo”³⁷ - o fato é que o excerto de Du Verdus traz as informações necessárias para se inferir que a causa é externa e não interna. Assim, em primeira instância, o

excerto traz a informação de que a força que mantém o mercúrio suspenso não é interna, mas que é externa e que é exercida de fora (*que la force vient du dehors*). Em segundo lugar, ele informa que sobre a superfície do líquido no vaso pesa uma certa quantidade de ar (*sur la surface du liquide qui est dans la cuvette pèse une hauteur d'air de 500 milles*). Enfim, num terceiro momento, afirma que o mercúrio no tubo de vidro é equilibrado pelo ar exterior (*qu'il s'équilibre avec le poids de l'air extérieur*).

Assim, pode-se concordar com Middleton - fato que provavelmente Mersenne não admitia, por essa época - que afirma ser o peso do ar a causa da suspensão do mercúrio. Também é possível concordar com ele quanto ao fato de Petit desconhecer essa breve referência ao peso do ar. Contudo, é difícil afirmar que o curso da “história teria sido muito diferente” e que Mersenne, ele próprio, teria sido persuadido a respeito da pressão do ar, se Du Verdus tivesse copiado a primeira carta de Torricelli na sua totalidade.

Certamente, Petit e Pascal não tinham essa informação, mas não porque Du Verdus deixou de copiar no todo a primeira carta de Torricelli, mas sim porque Mersenne não a comunicou a ambos. Supõe-se que, provavelmente, o experimento barométrico de Torricelli foi comunicado a Petit verbalmente, de modo que nem Petit e nem Pascal tiveram em mãos, por essa época, o excerto de Du Verdus.

CONCLUSÃO

Embora inconclusa, pois o objetivo do experimento consistia em verificar a possibilidade real do vácuo, essa experiência acabou por conduzir o jovem Pascal a refletir sobre os resultados. Convém lembrar que a conclusão final da experiência admitia duas possibilidades: por um lado, o espaço vazio aparente na parte de cima do tubo era realmente vazio; por outro, ele era preenchido por ar rarefeito. Por conseguinte, enquanto não se demonstrasse que esse espaço era realmente destituído de qualquer matéria conhecida na natureza, os defensores do *horror vacui* não seriam persuadidos de sua existência. Assim, pode-se dizer que, por ocasião de uma série de controvérsias que este experimento suscita, Blaise Pascal é conduzido a realizar uma série de experiências relativas ao vácuo; as principais ele as publicaria num pequeno opúsculo intitulado *Nouvelles expériences touchant le vide*, no qual procuraria mostrar que o vazio aparente era realmente vazio, destituído de qualquer matéria perceptível aos sentidos e conhecida pelo homem. Em suma, os resultados dessa experiência, bem como as implicações ontológicas relativas aos fenômenos observados conduziram, posteriormente, Blaise Pascal a realizar suas experiências e lhe assegurariam uma posição importante na história do barômetro e um lugar excepcional na história da hidrostática. Mas, isso é uma outra história.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, C. *Pascal et Descartes – les expériences du vide* (1646-1651). *Revue Philosophique de la France et de l'Étranger*, 24: 612-624, 1887.

³³ *Ibid.*, p. 342.

³⁴ W. E. K. Middleton, *The History of the Barometer*, pp. 39-40.

³⁵ *Ibid.*, p. 40.

³⁶ Extrato da carta de Torricelli a Ricci por Du Verdus, confira: R. Taton, *op. cit.*, p. 82.

³⁷ “Carta de Torricelli a Michelangelo Ricci”, in R. A. Martins, org., *op. cit.*, p. 157.

- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. *O que é história da ciência*. São Paulo, Brasiliense, 1994.
- ARISTÓTELES. *The works of Aristotle*. Org. de W. D. Ross. Chicago, University of Chicago, 1952, 2 vols. (Great Books of the Western World, vol. 8-9).
- GRANT, E. *Medieval and Seventeenth-Century Conceptions of an Infinity Void Space beyond the Cosmos*. *Isis*, 60: 39-60, 1969.
- KOYRÉ, A. *Estudos de história do pensamento científico*. 2ª ed. Trad. brasileira de M. Ramalho. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 1991.
- MARTINS, R. A. *O vácuo e a pressão atmosférica, da Antigüidade a Pascal*. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 2, 1 (n. esp.): 9-48, 1989.
- MIDDLETON, W. E. K. *The history of the barometer*. Baltimore, John Hopkins, 1994.
- MIDDLETON, W. E. K. "The place of Torricelli in the history of barometer". *Isis*, 54: 11-28, 1963.
- NONOI, G. *Against emptiness: Descartes's physics and metaphysics of plenitude*. *Studies in history and philosophy of science*, 25: 81-96, 1994.
- PASCAL, B. *Oeuvres de Blaise Pascal*. Org. de L. Brunschvicg & P. Boutroux. Paris, Hachette, 1904-14, 14 vols.
- PASCAL, B. *Tratados físicos de Blaise Pascal*. Org. de R. A. Martins, in *Cadernos de história e filosofia da ciência*, 2, 1 (n. esp.): 49-165, 1989.
- TATON, R. *L'annonce de l'expérience barométrique en France*. *Revue d'Histoire des Sciences*, 16: 77-83, 1963.
- WAARD, C. de. *L'expérience barométrique: ses antécédents et ses explications*. Thouars, Nouvelle, 1936.

* * * * *