

FALSIFICAÇÃO, DEDUÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA: UM ESTUDO SOBRE BACHELARD E POPPER¹

Teresa Castelão-Lawless (GVSU)²

castelat@gvsu.edu

Resumo: Este artigo representa uma análise comparativa entre as epistemologias científicas de dois autores fundamentais para a filosofia da ciência do século 20, Gaston Bachelard e Karl Popper. Como se vera, existem pontos de contacto entre as posições apresentadas, mas também divergências fundamentais que nos ajudam a compreender mais pormenorizadamente aquilo a que a tradição anglo-saxónica costuma chamar de modelos de prática científica.

Palavras-chave: epistemologia; inferência; prática científica

Em 1935-6, Gaston Bachelard (1884-1962) escreveu uma crítica ao livro de Popper, *Logik der Forschung zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft* na revista francesa *Recherches Philosophiques*.³ Nessa crítica, ele argumentou não só que muitos dos tópicos desse livro eram semelhantes aos da filosofia analítica de Viena, mas também que numerosos “argumentos pessoais” davam ao livro “uma orientação que

¹ Recebido: 05-02-2012/Aprovado: 10-04-2012/Publicado on-line: 15-09-2012.

² Teresa Castelão-Lawless é professora do Departamento de Filosofia da Grand Valley State University, Michigan, USA.

³ Nesta altura, o Bachelard fazia parte do editorial da revista, juntamente com os filósofos Bréhier, Bouglé, Brunschvicg, Janet, Lalande, Le Roy, Lévy-Bruhl, e Rey (CHISSIMO 2001, 108).

prepara uma filosofia original”. Bachelard elogiou Popper pela clareza da sua exposição, o carácter incisivo da sua análise das relações entre as leis gerais e a singularidade das suas condições de aplicabilidade, e também pelas nuances na sua distinção entre “causalidade, explicação e dedução de previsões”.⁴ Também fez notar que Popper estava bem ciente dos elementos subjetivos, metafísicos, científicos, e objetivos inerentes ao cálculo das probabilidades. Admirou também a síntese que Popper fez das teorias da interpretação das frequências de Von Mises, e as relações que ele encontrou entre o princípio da indeterminação de Heisenberg e a interpretação estatística dos fenômenos físicos.

Bachelard deve ter lido o trabalho de Popper com enorme curiosidade, pois ele próprio também refletia nessa altura sobre a indução, o valor do erro em ciência, o critério de demarcação, e o significado epistemológico, para o determinismo clássico, da mecânica quântica de Bohr e de Heisenberg. No *Essai sur la connaissance approchée* (1928), *La Valeur inductive de la relativité* (1929), *Le Nouvel esprit scientifique* (1934), *La Formation de l'esprit scientifique* (1938), e *La Philosophie du non* (1940), para mencionar apenas alguns dos livros que Bachelard publicou antes e pouco depois do *Logik*, atestam da profundidade do seu interesse por estes problemas. Mais, tanto Bachelard como Popper despenderam muita energia intelectual lutando contra o absolutismo, o “dogmatismo positivista” (POPPER 1953, 38), o fundacionismo, o dualismo, o convencionalismo⁵ e o psicologismo.⁶ Ambos também reconheceram logo, desde o início das

⁴ Este é o título da secção 12, capítulo III da *Logik*.

⁵ Apesar desta rejeição, ambos foram influenciados pelo convencionalismo de aproximação às teorias científicas de Poincaré.

⁶ É interessante notar que ambos foram acusados pelos seus críticos de terem caído na armadilha Cont.

suas investigações, a importância da metafísica e do fracasso em ciência. Partilhavam a opinião de que a filosofia precisava tomar em conta as consequências epistemológicas trazidas à luz pela relatividade e pela teoria quântica. Poderíamos ser levados a pensar que as semelhanças filosóficas entre Popper e Bachelard teriam levado este último a reconhecer esse fato a partir 1936.⁷ Mas isso nunca aconteceu.

Neste artigo, identifico mais detalhadamente os paralelos que podem ser estabelecidos entre os modelos de desenvolvimento da ciência de Bachelard e de Popper no que diz respeito às relações inferenciais que ambos encontraram entre a teoria e a testagem experimental, bem como a sua concepção de erro científico. Também me referirei ao seu apenas aparente desacordo relativamente aos problemas da dedução, da indução, e da demarcação/falsificação.

As considerações sobre a falsificação e sobre a indução feitas por Popper no *Logik* não devem ter passado despercebidas a Bachelard. O *Essai*,⁸ por exemplo, revela o trabalho despendido por Bachelard a reconceptualizar o critério de verificação e assim conseguir acomodá-lo à ideia de que a ciência consegue apenas “aproximar-se” da verdade. Ele também argumentou que o reconhecimento dos limites do conhecimento científico, da tensão e das idiosincrasias da prática científica, não roubam à ciência o seu estatuto de objectividade ou fazem dela um tipo de conhecimento rela-

do psicologismo.

⁷ Há partes do trabalho de Bachelard que não teriam necessitado o reconhecimento desta influência, pois tratam de assuntos completamente diferentes daqueles desenvolvidos por Popper. É o caso da filosofia da química, e dos estudos históricos sobre os obstáculos epistemológicos.

⁸ Este foi uma das teses de doutoramento de Bachelard. A segunda tese intitulava-se *Etude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides*, e foi publicada em 1929 (Paris: J.Vrin).

tivista. Mais, no *La Valeur inductive de la relativité* (1929), a caracterização que Bachelard fez do papel do raciocínio indutivo, um problema que ele começou a tratar já no *Essai*, está mais próximo da caracterização que Popper fez da dedução do que da concepção de indução enquanto universalização do particular para o geral. Por outras palavras, a dedução para Popper significa o mesmo que a indução para Bachelard. Estas posições já estão todas presentes desde o *Le Nouvel esprit scientifique* (1934). Olhemos mais pormenorizadamente para estas questões.

No *Essai*, Bachelard dedicou um capítulo inteiro ao conceito de “retificação” e sugere ao longo de toda esta obra que o carácter dinâmico da investigação científica nos obriga a reconhecer que o espírito científico é móvel, e também que a ciência está sempre dependente dos quadros de referência intelectual e técnico dentro da qual ela é construída. “O conhecimento”, afirma ele, “é sempre [...] uma referência a um domínio antecedente, a um corpo de elementos de racionalidade que nós aceitamos e em relação ao qual se mede a ligeira aberração dos fatos” (BACHELARD 1987, 243). Esta aberração é inevitável no domínio da micro-epistemologia onde “as variáveis se tornam tão numerosas, tão sensíveis, tão irregulares que, experimentalmente falando, o seu jogo toma a forma de uma contingência” (*Id.*, 279). Por isso, neste nível, “o erro está verdadeiramente incorporado a ponto de ser inevitável e de ser mesmo um elemento necessário [e positivo]” (*Id.*, 280).

A rejeição por parte de Bachelard da teoria da correspondência, aliada ao “fracasso do representacionalismo” (*Id.*, 296) e à “irremediável falha do conhecimento” (*Id.*, 277) fizeram-no inventar o termo de “conhecimento aproximado”. Este termo é análogo ao conceito popperiano de

“Annäherung” entre conhecimento e verdade, bem como à afirmação de Popper, no *Logik*, de que “*não podem haver declarações últimas em ciência*” (POPPER 1959, 47). Bachelard afirma que aquilo que os cientistas aproximam não é a verdade desencorpada (como a verdade tinha sido definida pelos positivistas) mas antes uma ligação satisfatória mas sempre incompleta e temporária entre duas metodologias metafisicamente distintas, isto é, o matematismo formal e a testagem instrumental. Os modelos matemáticos impõem quadros de referência explicativos à realidade. Depois, esses quadros de referência têm que ser retificados a partir das condições instrumentais que permitem a detecção dos fenômenos.⁹

Como Bachelard apontou inúmeras vezes, a realidade não é dada mas “construída”. De facto, “o dado é [...], do nosso ponto de vista, essencialmente tardio. Nós deveríamos localizá-lo onde o encontramos e quando finalmente se torna um obstáculo a uma ideia, ou seja, no instante em que uma ideia é atacada por dificuldades intransponíveis” (BACHELARD *Op. Cit.*, 275). Estas afirmações indicam que a posição de Bachelard é decididamente contra a indução, redutora, do cartesianismo.¹⁰ A ciência moderna não começa com uma observação mas com um modelo racional que é imposto às regularidades fenomenais e que é, em seguida, retificado por elas mas através de metodologias experimentais. O resultado é a “realização do racional na experiência” (BACHELARD 1978, 9). Esta reflexão é muito semelhante à teoria de Popper do “método dedutivo de

⁹ Embora Bachelard use o termo “verificação” em múltiplas ocasiões, parece quase sempre preferir o termo “retificação”, especialmente no contexto da experimentação.

¹⁰ “O método cartesiano é redutivo, não indutivo. Esta redução falsifica a análise e impede o desenvolvimento extensivo do pensamento objectivo.” (BACHELARD 1978, 142)

testagem, ou [...] a posição de que uma hipótese só pode ser empiricamente *testada depois* de ter sido postulada” (POPPER 1959, 30). Popper também afirma que “a teoria domina o trabalho experimental desde o seu planejamento inicial até os retoques finais no laboratório” (*Id.*, 107). Mais tarde, Bachelard chamará este modelo da ciência contemporânea de “racionalismo aplicado”¹¹, um termo que implica que a direcção tomada pelo espírito científico no espectro epistemológico teoria-experiência não é de observações singulares para princípios gerais (como seria no caso da indução), mas de generalizações *a priori*, intuitivas e não empíricas, para retificações experimentais.

Bachelard sugere que a ciência trabalha contra a natureza, isto é, contra a percepção sensorial ingênua e contra as variedades do realismo, variedades essas que pressupõem que as observações experimentais nunca são infectadas pelas teorias, pelas explicações passadas, pela vida do inconsciente, e por todos os tipos de arbitrariedades subjetivas. De fato, a ciência representa uma “ruptura epistemológica” com os modos de conhecer do senso comum, pois os cientistas não começam com a realidade física mas com o pensamento abstracto. Em *Le Nouvel esprit scientifique* Bachelard deixa bem claro que os instrumentos são extensões materiais da mente científica, e que a ciência é “a realização do matemático” ou “a realização do racional [...] que corresponde a um realismo técnico” (BACHELARD 1978, 8). Mais tarde, no mesmo livro, reitera que “a experimentação depende de uma construção intelectual prévia, que olha para o lado do abstracto para provas da coerência do concreto” (*Id.*, 42) e que “é no domínio do matemático que estão as

¹¹ *Le rationalisme appliqué* é o título do livro que Bachelard publicou em 1949.

raízes do pensamento experimental contemporâneo” (*Id.*, 138). Por isso, embora Bachelard evite neste contexto usar o termo ‘dedução’, e mesmo criticar o pensamento dedutivo, em *La Valeur inductive de la relativité*, como incapaz de descrever o raciocínio típico da ciência contemporânea, ele está de fato a falar de dedução, pelo menos no sentido que Popper deu ao termo. Ambos concordam que a metodologia científica não pode ser simplesmente uma indução, mas antes uma dedução a partir de princípios universais ou de hipóteses que são sujeitas a testes rigorosos¹², os quais confirmam ou não o seu poder explicativo (*Id.*, 16). Bachelard acrescenta ainda que o modo de pensar na Relatividade é indutivo, mas que é a dedução que demonstra a fertilidade das suas consequências (*Id.*, 180). Parece então que o papel que Popper dá às “conjecturas arrojadas” em ciência corresponde à posição de Bachelard relativamente ao valor heurístico da indução. Bachelard a define como uma “tese antecedente”, um “plano de observação” polêmico (*Id.*, 16) ou um “projecto bem estudado” (*Id.*, 13) que os cientistas impõem à natureza e que precede, inspira, e justifica o instrumentalismo da ciência empírica. A verdade torna-se então “a retificação de um erro de longa duração”, enquanto a experiência “é a retificação de uma [...] ilusão” (*Id.*, 177).

Para Popper, a falsificação de hipóteses significa o mesmo que testabilidade ou decidibilidade parcial, e a testabilidade para Bachelard significa o mesmo que retificação empírica (*Id.*, 17), revisibilidade (*Id.*, 152), ou “verificação aproximada” das teorias (BACHELARD 1987, 273). Em ambos os casos, a verificação não é nem validação, nem confirmação completa das hipóteses. Como Popper aponta,

¹² Neste contexto, Bachelard nunca usa o termo “dedução”.

“as teorias científicas nunca ficam completamente justificadas nem verificadas mas [...] são de qualquer modo testáveis” (POPPER 1959, 44). De um modo semelhante, Bachelard argumenta que “a validação e a verificação deixam de ser sinônimas. O nosso conhecimento ainda é válido para fins específicos, mas não pode jamais ser rigorosamente verificado, pois a experiência do detalhe põe as aberrações cada vez mais em evidência” (Cf. BACHELARD *Op. Cit.*, 272-274). De fato, “a verificação física é essencialmente ambígua” (BACHELARD 1929, 18).

Gostaria de tomar estas afirmações de Bachelard como sinal de que, tal como Popper o tinha feito na *Logik*, Bachelard não tomava seriamente o critério de testabilidade como verificação-confirmação completa das hipóteses, e que portanto também ele considerava que verificabilidade e falsificabilidade são assimétricas (POPPER *Op. cit.*, 41)

Há partes do *Essai* que Bachelard dedica inteiramente ao raciocínio indutivo. Nessas seções, Bachelard equaciona a indução com a conceptualização e usa a indução para ampliar o seu argumento sobre o carácter aproximativo da ciência. Ele a toma como um princípio que é aplicado à realidade, e não como um sumário da experiência (como a indução tradicional), mas enquanto possibilidade da própria condição experimental (BACHELARD 1987, 127). Diz também que uma indução que desconfirma é “mais decisiva do que a indução por confirmação” (*Id.*, 137). Esta posição está muito mais próxima da metodologia dedutivista enquanto falsificação de Popper do que do indutivismo enquanto verificação dos positivistas.

O *La Valeur inductive de la relativité* (1929) completa o estudo iniciado no *Essai*, e o livro é inteiramente dedicado à indução na Relatividade. Contrariamente a Popper, que a

viu como uma instância dedutiva, Bachelard vê o raciocínio indutivo como mais característico desta teoria. Embora admita que “a complexidade matemática com que a relatividade estuda os fenômenos poderia ser um argumento a favor da tese dedutivista”, ele também acrescenta que, mesmo assim, o domínio das suposições por ele iniciado tem que ser conquistado, “e é aqui que entra o jogo das induções intuitivas, das generalizações, e especificamente das analogias matemáticas” (BACHELARD 1929, 62-3). Para ele, “o valor objectivo das doutrinas relativistas” é que elas apresentam a “própria realidade como o resultado que uma espécie de indução, [...] corresponderiam a uma realidade que encontramos no topo e não na base de um movimento de pensamento” (*Id.*, 11).

Apesar da terminologia indutivista que empregou em *La valeur inductive de la relativité*, é evidente, uma vez mais, que Bachelard não está falando aqui de indução no sentido tradicional do termo. O que Bachelard diz é que a teoria da Relatividade implica uma “reversão da causalidade” (ver *op. cit.*, 126/141) onde o começo não é a realidade mas o pensamento abstrato, e onde o que é deduzido dessa indução não é um princípio geral mas a própria realidade (ou pelo menos a realidade científica). Pois, se Bachelard diz que há uma ruptura epistemológica entre o realismo ingênuo e a ciência, então o início do verdadeiro conhecimento não é a realidade mas a razão. E se as hipóteses requerem retificação para serem realizadas empiricamente, então elas têm que ir do geral, ou do reino da pura possibilidade algébrica (*Id.*, 80-1), para o particular, como na dedução, e não do particular para o geral, como na indução.

Mas, se de fato a indução é definida como uma suposição, como uma tendência a generalizar previamente a uma

retificação empírica, e é o começo da “possibilidade de um ideal” que “não é informado pela experiência” (*Id.*, 143), então, uma vez mais, temos aqui um exemplo de raciocínio indutivo e não de inferência dedutiva. Esta sobreposição do dedutivo e do indutivo torna-se óbvia quando Bachelard argumenta em *La valeur inductive de la relativité* que, “tomados na sua raiz, os princípios relativistas são claramente *a priori*. Eles estão, de fato, distanciados da experiência imediata. Nós não os derivamos de uma análise da realidade, mas de uma reflexão sobre as condições da realidade” (BACHELARD 1929, 139).

La Formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance scientifique (1938) foi um dos primeiros livros que Bachelard publicou depois da resenha crítica da *Logik* de Popper, em 1936.¹³ O livro não tinha nada a ver com indução nem com dedução. No entanto, ele aponta já para o problema da demarcação de um modo que só aparentemente diverge do critério de falsificação popperiano. Quando leu a *Logik*, Bachelard deve ter notado que Popper estava tentando estudar o problema da dedução sob dois ângulos diferentes, isto é, enquanto metodologia da testagem científica e enquanto um modo de demarcar a ciência da pseudociência. Bachelard também deve ter visto Popper rejeitar a lógica indutiva por esta ser incapaz de distinguir o empírico do ideológico (POPPER 1959, 34). Bachelard, por seu turno, viu o critério de demarcação como um problema a ser resolvido através da psicanálise, da história da ciência, e do acordo intersubjetivo e, só depois, de-

¹³ O outro livro é *L'Expérience de l'espace dans la physique contemporaine* (1937). Não me refiro a ele aqui pois estava demasiado próximo da resenha crítica que Bachelard fez da *Logik* para ter dele recebido alguma influência.

pendente da testabilidade das teorias. Aqui, o contraste entre os dois é óbvio. Bachelard usa a psicanálise como um instrumento para poder ‘escavar’ até as profundezas do inconsciente científico de modo a identificar os erros que se perpetuam em “obstáculos epistemológicos” ao progresso científico (BACHELARD 1986, 13) enquanto que Popper considera a psicanálise como um exemplo perfeito de pseudociência. De qualquer modo, Bachelard afirma que a psicanálise se torna necessária quando uma construção racional é incapaz de cumprir o seu papel de preparar cuidadosamente as experiências científicas, e quando ela deixa o mundo do imaginário ou do espírito pré-científico (*Id.*, 14) dominá-la a si ou às racionalizações prematuras (*Id.*, 40-1).

Segundo Bachelard, os obstáculos epistemológicos também podem ser detectados nos registos do desenvolvimento da ciência. Erros tais como o realismo, o idealismo, o materialismo, o animismo e o substancialismo (*Id.*, 21) determinam a direção tomada pelas teorias científicas e a sua relação com a pesquisa. Eles também ajudam a identificar a sua ciência respectiva através das pressuposições ontológicas e epistemológicas que resistem a mudanças. De fato, é a partir desta perspectiva de desenvolvimento histórico (*Id.*, 17) que se reconhece que a ciência não é senão uma série de “erros retificados” (*Id.*, 10).

Obviamente, Popper não vê na história da ciência o papel de clarificar referenciais intelectuais e ideológicos que Bachelard lhe atribuiu. De qualquer modo, as posições de ambos sobre os mecanismos da mudança em ciência não diferem radicalmente entre si. De fato, Bachelard refere-se ao fracasso do experimento de Michelson-Morley como um exemplo histórico do que significa retificar uma experiência

por meio da sua negação, isto é, de uma testagem rigorosa (*Id.*, 49) e tentou mostrar a partir desse e de outros exemplos que o erro em ciência não é necessariamente “maligno” (*Id.*, 243). Este foi também o exemplo que Popper usou na *Logik* para explicar a necessidade de tentar sempre a “falsificação experimental de uma teoria” (POPPER 1959, 108). Além do mais, ambos concordam que a falha em não nos comprometermos com a tentativa de falsificar teorias, ou, como Bachelard diz, uma falha em “inquietar a razão e em perturbar os hábitos do conhecimento objectivo” (BACHELARD *op.cit.*, 247) podem levar ao dogmatismo em ciência, e portanto à sua sobreposição com formas autoritárias de pseudo-ciência. Popper também acrescenta que “a base empírica da ciência objectiva não [...] tem nada de “absoluto”. A ciência não está fixa numa base rochosa sólida [...] Nós paramos simplesmente quando estamos satisfeitos [...] pelo menos por agora” (*Id.*, 111). Bachelard não poderia de deixar de concordar com esta asserção.

Assim, apesar do seu desacordo no que diz respeito ao valor e ao papel da psicanálise na compreensão da ciência e das suas opiniões divergentes relativamente ao que conta como ‘história’, os seus critérios de demarcação são análogos. Isso torna-se claro em *La Philosophie du non* (1940), quando Bachelard explica que “a ordem tradicional da experiência realista está invertida, pois o númeno guia a pesquisa [...] e explica o fenómeno por meio da sua contradição” (BACHELARD 1994, 62). Os capítulos deste livro são dedicados à lógica e não estão, como acontecera em livros anteriores, dominados pela decisão de escolha entre um vocabulário dedutivo ou um vocabulário indutivo, mas mais pela sua função no desenvolvimento da ciência moderna.

A negação, para Bachelard, não significa destruição sumária de ciência, mas uma abertura do carácter construtivo da física matemática, da novidade, e do aumento da racionalidade (*Id.*, 37). É verdade que Bachelard acredita que a relatividade einsteiniana nega a física newtoniana. Mas isto não quer dizer que uma implique a rejeição da outra. Como Popper concordaria, isto significa apenas que uma “mundivisão” circunscreve mais cuidadosamente os limites de aplicabilidade da outra, num processo de constante retificação de erros. Para Bachelard, a negação não significa o mesmo do que falsificação para Popper, já que o primeiro requer uma análise histórica que está ausente na *Logik*, onde a falsificação parece ser mais inter-teórica. De qualquer modo, isso não impede que haja uma clara semelhança local entre a testabilidade de teorias de Popper e a retificação não-empírica das induções de Bachelard, pois aqui o critério de demarcação é idêntico para ambos.

*

Espero ter demonstrado que as posições de Bachelard e de Popper relativamente ao desenvolvimento da ciência são compatíveis. Ambos afirmam que: 1) as observações em ciência estão sempre viciadas por pressuposições teóricas anteriores; 2) não há uma linguagem observacional neutra que garanta uma objetividade científica transcendental; 3) os cientistas começam sempre o seu trabalho com generalizações *a priori* ou deduções, e não com observações ‘primeiras’; 4) as teorias têm que ser sempre falsificáveis para evitar o anquilosamento ontológico e epistemológico do conhecimento científico; e 5) a ciência é ao mesmo tempo objetiva e uma aproximação permanente de uma verdade que não é absoluta mas que é relativa ao estágio epistemológico e on-

tológico do seu próprio desenvolvimento.

Abstract: This article is a comparative analysis between the scientific epistemologies of two authors who are fundamental in twentieth-century philosophy of science, Gaston Bachelard and Karl Popper. As it will be seen, there are points of contact between the positions here presented. But there are also fundamental divergencies which help us understand in better detail that which the Anglo-Saxon tradition usually calls models of “scientific practice”.

Keywords: epistemologia; science; inference; scientific practice.

REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. Logique et épistémologie. in *Recherches Philosophiques*, Vol. V (1935-36), pp. 446.

_____. *Essai sur la connaissance approchée*. Paris: J. Vrin, 1987.

_____. *La Formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris: J. Vrin, 1986.

_____. *La Philosophie de non: essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*. Paris: Presses Universitaires de France, 1994.

_____. *La Valeur inductive de la relativité*. Paris: J. Vrin, 1929.

_____. *Le Nouvel esprit scientifique*. Paris: Presses Universitaires de France, 1978.

BHASKAR, R. Feyerabend and Bachelard: Two Philosophies of Science. In: *New Left Review*, 94 (Nov.-Dec. 1975), pp. 31-55.

BRUDNY-DE LAUNAY, M-I. “Once Upon a Time: A Short Story of the Reception of Karl Popper in

France, 1935-1936” (palestra apresentada numa Conferência sobre o Positivismo Lógico na Universidade de Viena, Viena, Áustria, em Julho de 2000).

CASTELÃO-LAWLESS, T. La Philosophie scientifique de Bachelard aux Etats-Unis: son impact et son défi pour les études de la science. In : GAYON, J. e WUNENBURGER, J.-J. (orgs.). *Bachelard dans le monde*. Paris: Presses Universitaires de France, 2000, pp. 77-94.

CHISSIMO, C. *Gaston Bachelard: Critic of Science and the Imagination*. New York: Routledge, 2001.

DUHEM, P. *La théorie physique: Son objet – sa structure*. Paris: J. Vrin, 1993.

GUTTING, G. Gaston Bachelard’s philosophy of science. In: *International Studies in the Philosophy of Science*, Vol.2, number 1 (Autumn 1987), pp. 55-71.

HACOHEN, M. H. *Karl Popper: The Formative Years, 1902-1945*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

POINCARÉ, H. *Science et Hypothèse*. Paris: Flammarion, 1968.

POPPER, K. *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Routledge, 1959.

_____. *Unended Quest: An Intellectual Biography*. La Salle: Open Court, 1974.

TILES, M. *Bachelard: Science and Objectivity*. New York: Cambridge University Press, 1984.