

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CÂMPUS ARARANGUÁ
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

THALYTA GONÇALVES BERTOTTI

O CONCEITO DE ADEQUAÇÃO EMPÍRICA NO EMPIRISMO CONSTRUTIVO DE
VAN FRAASSEN

ARARANGUÁ

2019

THALYTA GONÇALVES BERTOTTI

O CONCEITO DE ADEQUAÇÃO EMPÍRICA NO EMPIRISMO CONSTRUTIVO DE
VAN FRAASSEN

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial ao Curso de Licenciatura em Física do câmpus Araranguá do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Licenciada em Física.

Orientador: Prof. Me. Fernando Henrique Faustini Zarth

ARARANGUÁ

2019

Bertotti, Thalyta Gonçalves, 1998-
B547c O conceito de adequação empírica no empirismo construtivo de Van
Fraassen / Thalyta Gonçalves Bertotti ; orientador: Fernando Henrique
Faustini Zarth. -- 2019.
39 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Araranguá, 2019.
Inclui bibliografias

1. Ciência – Estudo e ensino. 2. Empirismo construtivo. 3.
Adequação empírica. 4. Modelos científicos. I. Zarth, Fernando Henrique
Faustine. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina - Curso de Licenciatura em Física. IV. Título.

CDD 530.07

O CONCEITO DE ADEQUAÇÃO EMPÍRICA NO EMPIRISMO CONSTRUTIVO DE
VAN FRAASSEN

THALYTA GONÇALVES BERTOTTI

Este trabalho foi considerado adequado para obtenção de título de Licenciada em Física e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Araranguá, 12 de dezembro de 2019.

Prof. Me. Fernando Henrique Faustini Zarth

Prof. Me. Lucas Telichevesky

Prof. Dr. Alexandre Meyer Luz

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Santa Catarina, câmpus Araranguá, pela formação e oportunidades que me ofereceu nesses quatro anos.

Ao professor Fernando Henrique Faustini Zarth, por ter me ensinado tanto nesses anos de orientação, assim como pela disponibilidade e paciência no desenvolvimento deste trabalho. Certamente, isto é um fruto do apoio e encorajamento que recebi.

Aos membros da banca, professores Lucas Telichevesky e Alexandre Meyer Luz, por aceitarem fazer parte da avaliação deste trabalho e pelas importantes considerações feitas.

Aos meus professores, Ivani Cristina Voos, Mônica Knöpker e Cesar Luiz Moreira da Fonseca Marques, por acreditarem em mim e por me incentivarem tanto.

Ao professor Lucas Telichevesky, por tornar o caminho da aprendizagem em física mais acessível com sua paciência e bom humor, fundamental para minha permanência neste curso.

Aos meus professores de cálculo, Jeremias Stein Rodrigues e Jônatas Inácio de Freitas, pela paciência e apoio, fundamentais para meu desenvolvimento no curso.

À todo o corpo docente do curso de Licenciatura em Física, por contribuírem para a minha formação, de diferentes maneiras.

À psicóloga do câmpus, Julyelle Conceição, que, com toda atenção e cuidado, me ajudou a lidar com os desafios da vida acadêmica.

Às minhas amigas, Fran, Karol e Manu, por dividirem comigo as conquistas e as lamentações ao longo deste percurso.

À todos meus colegas de curso, pela parceria nesses quatro anos.

À minha família e amigos, pelo apoio e incentivo, importantes para que eu chegasse até aqui.

À prefeitura de Içara, pelo transporte gratuito, sem o qual eu não conseguiria frequentar as aulas.

me levanto
sobre o sacrifício
de um milhão de mulheres que vieram antes
e penso
o que é que eu faço
para tornar essa montanha mais alta
para que as mulheres que vierem depois de mim
possam ver além

Rupi Kaur

RESUMO

O empirismo construtivo é a posição defendida por Bas van Fraassen na “A Imagem Científica” (2007). O adjetivo “construtivo” vem do entendimento do autor de que as teorias científicas são construídas e não descobertas, o que revela sua postura antirrealista. Para ele, a ciência visa dar-nos teorias empiricamente adequadas e não teorias que façam um relato literalmente verdadeiro de como o mundo é. A oposição ao empirismo lógico/positivismo lógico e ao realismo científico, coloca a posição defendida por van Fraassen como uma nova possibilidade para os empiristas. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a definição de adequação empírica com o propósito de elucidar como essa se distingue do conceito de verdade, no livro “A Imagem Científica”. Para isso, faço uma breve apresentação da referida obra, seguida por uma introdução sucinta à tópicos importantes desenvolvidos nela, com o propósito de esclarecer as ideias do autor, assim como o contexto no qual esta pesquisa se insere. Por último, me dedico ao objetivo principal deste trabalho — a análise do conceito de adequação empírica — e, para isso, discuto o que são os modelos e as subestruturas empíricas, bem como o que são os relatos experimentais e as aparências.

Palavras-chave: Empirismo construtivo. Adequação empírica. Modelos científicos.

ABSTRACT

Constructive empiricism is the position defended by Bas van Fraassen in “The Scientific Image” (2007). The adjective “constructive” comes from the author's understanding that scientific theories are built, not discovered, revealing his anti-realistic stance. For him, science aims to give us empirically adequate theories rather than theories that give a literally true account of what the world is like. Opposition to logical empiricism/logical positivism and scientific realism puts the position defended by van Fraassen as a new possibility for empiricists. Thus, the study proposed in this paper aims to analyze the definition of empirical adequacy with the purpose of elucidating how it differs from the concept of truth in the book “The Scientific Image”. To this end, I give a brief presentation of van Fraassen's work, followed by a succinct introduction on important topics developed in it, with the purpose of clarifying the author's ideas, as well as the context in which this research is inserted. Finally, I dedicate myself to the main objective of this work — the analysis of the concept of empirical adequacy — and, for that, I discuss what are the models and empirical substructures, as well as what are the experimental reports and the appearances.

Keywords: Constructive empiricism. Empirical adequacy. Scientific models.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aceitação	18
Figura 2 - Teoria empiricamente adequada	24
Figura 3 - Teoria não empiricamente adequada.....	25
Figura 4 - Geometria dos sete pontos	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	A OBRA “A IMAGEM CIENTÍFICA” (2007)	12
3	A ALTERNATIVA EMPIRISTA DE VAN FRAASSEN	14
3.1	Do realismo científico ao empirismo construtivo	14
3.2	As virtudes de uma teoria científica	18
3.3	A distinção observável/inobservável	20
3.4	Os papéis da teoria e da experimentação	21
4	O CONCEITO DE ADEQUAÇÃO EMPÍRICA.....	23
4.1	Modelos e relatos experimentais	25
4.2	Adequação empírica x verdade.....	33
5	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

A física, assim como a atividade científica, está repleta de questões filosóficas, embora muitas vezes passem despercebidas por nós, que estamos tão preocupados em calcular o potencial elétrico gerado por uma espira carregada ou a equação de Schrödinger para um potencial degrau. Mesmo assim, em alguns momentos, fora da bolha das resoluções, o estudo dessa área nos coloca diante de questões um tanto enigmáticas, como “o átomo existe?”, “o que é uma onda?” e “a luz é onda e partícula?”, dentre outras. Essas perguntas nos levam a tarefa de pensar a física em um outro nível, isto é, pensar os problemas sobre a própria física, enquanto área, e não os problemas de física, questões que a física se propõe a resolver. Nesse mesmo sentido, em questões mais gerais como o que é ciência e qual é o seu objetivo.

É nesse contexto que se apresenta a teoria de van Fraassen, mais especificamente, em uma disputa entre dois grupos. De um lado, os realistas científicos acreditam que o objetivo da ciência é nos dar um relato literalmente verdadeiro de como o mundo é; do outro, os antirrealistas científicos defendem que o objetivo da ciência bem pode ser outro, que não seja fazer esse relato literalmente verdadeiro. O autor aqui estudado faz parte desse segundo grupo.

Assim, este estudo está dividido em três partes, sendo a primeira delas reservada à uma breve apresentação da obra “A Imagem Científica”, no que se refere ao seu objetivo principal e à organização de seus principais assuntos. Já na segunda parte faço uma introdução sucinta à tópicos importantes desenvolvidos na referida obra, com o propósito de esclarecer as ideias do autor, assim como o contexto no qual esta pesquisa se insere. Dentre esses tópicos, está o que é o objetivo da ciência do ponto de vista do realismo científico, do antirrealismo científico e, mais especificamente, do empirismo construtivo; quais são as virtudes de uma teoria científica; o que é a distinção observável/inobservável; e, qual o papel da teoria e da experimentação. Com relação à terceira parte, me dedico ao objetivo principal deste trabalho, analisar o conceito de adequação empírica com a finalidade de elucidar como ele se distingue do conceito de verdade. Para isso, discuto o que são os modelos e as subestruturas empíricas, bem como o que são os relatos experimentais e as aparências.

2 A OBRA “A IMAGEM CIENTÍFICA” (2007)¹

No prefácio da obra “A Imagem Científica” van Fraassen aponta que o objetivo do livro é o de “desenvolver uma alternativa construtiva ao realismo científico, uma posição que ultimamente foi muito discutida e defendida na filosofia da ciência”. A essa alternativa, van Fraassen dá o nome de empirismo construtivo. O adjetivo “construtivo”, ele explica, representa sua visão de que “a atividade científica é uma atividade de construção, em vez de descoberta” (2007, p. 22). Isso evidencia sua oposição ao realismo científico, no entanto, ele também resgata uma das características relacionadas a essa posição filosófica: a interpretação literal da linguagem. Sua defesa desse ponto, no antirrealismo científico, é uma das questões interessantes de sua proposta. Vale destacar que o empirismo construtivo também se opõe ao empirismo lógico/positivismo lógico². A diferença da proposta de van Fraassen está, principalmente, no uso da abordagem semântica para entender as teorias científicas, ao invés da abordagem sintática, endossada por esses filósofos³. Apesar disso, ele mantém a típica rejeição aos compromissos metafísicos na ciência dos positivistas.

Para cumprir com seu objetivo, van Fraassen apresenta três teses centrais nesse livro, a primeira diz respeito a relação entre uma teoria científica e o mundo empírico; a segunda está relacionada à uma nova teoria da explicação; e, a terceira aborda uma interpretação das probabilidades na física clássica e na física quântica.

Assim, para apresentar e discutir essas teses, o autor organiza a obra em sete capítulos. O primeiro capítulo é a introdução do próprio livro e o segundo é composto por uma apresentação dos argumentos defendidos pelos realistas científicos e por

¹ Para este trabalho utilizei a versão traduzida, por Luiz Henrique de Araújo Dutra, da obra de van Fraassen, por isso, em todo o texto faço referência ao texto traduzido e não ao original *The Scientific Image* (1980).

² “Uma das razões pelas quais o empirismo construtivo é visto como significativo é o fato de ele continuar a tradição dos positivistas lógicos sem se deixar envolver pelos aspectos problemáticos das posições dos positivistas. O empirista construtivo segue os positivistas lógicos na rejeição de compromissos metafísicos na ciência, mas ele se separa deles em relação ao endosso do critério verificacionista de significado, bem como ao endosso da sugestão de que o discurso carregado de teoria pode e deve ser removido da ciência.” (MONTON, MOHLER, 2017, p. s/n)

³ “Para os empiristas lógicos [...] as teorias científicas são entendidas como conjuntos consistentes de enunciados ou sistemas axiomáticos, contendo seus postulados ou princípios dos quais, de acordo com as regras da lógica clássica, os outros enunciados do sistema podem ser deduzidos. Essa forma de compreender as teorias científicas é chamada de concepção ou abordagem axiomática ou sintática. A concepção semântica, adotada por van Fraassen, é radicalmente diferente da concepção sintática. Para ela, as teorias são famílias de modelos, e não coleções de enunciados, como na abordagem sintática.” (DUTRA, 2017, p. 132)

considerações a respeito deles. Inclusive, é em uma dessas considerações que ele se posiciona a respeito da observabilidade na ciência. Ele também destaca que esses dois capítulos, que ele considera uma introdução informal ao debate, precedem a apresentação das três teses supracitadas.

O capítulo três e quatro, constituem a primeira tese, sobre a relação entre teoria científica e o mundo empírico. No capítulo três, “Salvar os fenômenos”, van Fraassen desenvolve um dos pontos-chave do empirismo construtivo, o conceito de adequação empírica. Nesse capítulo, as ideias de modelo, subestrutura empírica, relatos experimentais e aparências ocupam o centro da discussão. Também há uma série de exemplos, em sua maioria envolvendo questões de física, que o autor utiliza para ilustrar suas ideias. Esse capítulo, em específico, foi o alvo da investigação empreendida neste trabalho.

No tocante ao capítulo quatro, “Empirismo e metodologia científica”, van Fraassen discute os papéis da teoria e da experimentação na prática científica, aliado, novamente, há vários exemplos. Além disso, ele aborda a ideia de imersão em um retrato científico do mundo, que remete a interpretação literal da linguagem e a dimensão pragmática da aceitação de uma teoria científica. Para mais, van Fraassen também destina um espaço para a discussão sobre as virtudes epistêmicas e as virtudes pragmáticas.

Já no quinto e sexto capítulo, respectivamente “A pragmática da explicação”⁴ e “Probabilidade: a nova modalidade da ciência”, van Fraassen apresenta uma nova teoria da explicação e uma interpretação das probabilidades nas teorias físicas, suas outras duas teses.

Por último, em “Amáveis Polêmicas”⁵ van Fraassen desenvolve um pós-escrito científico no qual ele faz uma analogia entre os argumentos realistas e os cinco modos de Tomás de Aquino.

Em vista disso, na próxima seção, exponho algumas discussões importantes feitas por van Fraassen na referida obra, com o fim de esclarecer o contexto no qual este trabalho está inserido.

⁴ Para uma discussão mais aprofundada a respeito dessa tese, ver Moraes (2008).

⁵ É importante destacar que esse capítulo assume um tom diferente dos restantes, pois nele é apresentado uma defesa do realismo científico, mas como bem destacado por Musgrave (1982) “[...] aqui ele está brincando. De fato, ele se opõe ao realismo e ao positivismo e defende uma posição intermediária que ele chama de empirismo construtivo” (p. 262, tradução minha).

3 A ALTERNATIVA EMPIRISTA DE VAN FRAASSEN

Como mencionado na seção anterior, o capítulo três foi o texto central para o desenvolvimento deste trabalho. O referido capítulo em conjunto com o capítulo quatro, constituem a primeira tese defendida por van Fraassen na “A Imagem Científica”. E, antecedendo essa tese, estão dois capítulos introdutórios a esse debate. Levando isso em consideração, selecionei, dos capítulos supracitados, discussões importantes para o entendimento do contexto no qual esta pesquisa se insere. Portanto, nas próximas seções, teço considerações acerca do realismo científico e, em partes, do antirrealismo científico; da diferença entre as virtudes epistêmicas e as virtudes pragmáticas; da distinção entre entidades observáveis e entidades inobserváveis; e, do papel desempenhado pela teoria e pela experimentação, na ciência.

3.1 Do realismo científico ao empirismo construtivo

A discussão, tal como foi desenvolvida por van Fraassen, distingue o realismo científico do antirrealismo científico⁶ “em termos do objetivo da ciência e de atitudes epistêmicas” (2007, p. 43), ou seja, em termos do que é o objetivo da ciência e de qual atitude epistêmica está envolvida na avaliação de uma teoria científica, para esses dois grupos.

Para traçar essa distinção, van Fraassen examina algumas passagens de autores realistas, nas quais eles discorrem sobre o que seria o realismo científico, e a partir dessa análise, ele propõe um enunciado que poderíamos chamar de geral⁷: “a ciência visa dar-nos em suas teorias um relato literalmente verdadeiro de como o mundo é, e a aceitação de uma teoria científica envolve a crença de que ela é verdadeira” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 27). Van Fraassen busca evitar um enunciado ingênuo, já que ele toma o cuidado de dizer que a ciência “visa”, isto é, que ela tem como objetivo nos oferecer um relato literalmente verdadeiro de como o mundo é, e não que ela “faz” esse relato. A diferença entre as expressões é sutil e sua importância está no fato de que se ele dissesse que “a ciência faz” ao invés de “a ciência visa”,

⁶ A partir daqui irei me referir aos realistas científicos como realistas e aos antirrealistas científicos como antirrealistas.

⁷ Geral no sentido de que captura o que é subjacente às diversas teorias realistas.

“significaria que a posição filosófica de um realista científico mais antigo, como C. S. Peirce, tenha sido refutada por descobertas empíricas” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 24), na medida em que teorias científicas aceitas em seu tempo se mostraram falsas. Assim, ao expressar o enunciado desse modo, se evita uma descrição ingênua dessa posição filosófica, que a comprometeria com a ideia implausível de que todas as teorias científicas sempre são verdadeiras.

Além disso, ele enfatiza que o objetivo da ciência e o objetivo de cada cientista são questões diferentes, isso porque, ingenuamente, alguém poderia argumentar que os cientistas não apenas visam fazer um relato literalmente verdadeiro, mas acreditam que de fato o fazem. Nesse caso, van Fraassen explica que

o objetivo do jogo de xadrez é dar o xeque-mate no oponente, mas os motivos para jogar podem ser fama, ouro e glória. O que é um objetivo de um empreendimento enquanto tal determina o que nele se considera sucesso; e esse objetivo pode ser buscado em virtude de quaisquer razões (2007, p. 28)

Ainda sobre a primeira parte do enunciado, ele comenta que utilizou o termo “literalmente”

para eliminar do realismo aquelas posições que dizem que a ciência é verdadeira se ‘entendida de forma apropriada’, mas que é literalmente falsa ou destituída de significado. Pois isso seria compatível com o convencionalismo, o positivismo lógico e o instrumentalismo (2007, ibidem)

No que se refere a segunda parte do enunciado, ele ressalta que, nela, apenas tornou-se “a aceitação de uma teoria equivalente à crença em sua verdade” (2007, ibidem). Isso está relacionado com a sua visão de que a aceitação possui uma dimensão epistêmica e uma dimensão pragmática. Assim, ao assumir uma teoria científica como verdadeira, não há apenas “a crença na verdade da teoria”, há a aceitação e a crença está “envolvida na aceitação” — essa questão será melhor explicada na próxima seção. O que van Fraassen pretende, com esse enunciado, é propor uma formulação fraca que dê conta das principais características dessa posição, com a qual qualquer realista possa concordar (VAN FRAASSEN, 2007).

Do outro lado, van Fraassen apresenta os antirrealistas como aqueles que defendem uma

[...] posição segundo a qual o objetivo da ciência pode bem ser atendido sem fazer tal relato verdadeiro, e a aceitação de uma teoria pode, de modo apropriado, envolver algo a menos (ou diferente) que a crença de que ela é verdadeira (2007, p. 30)

Diferentemente do caso dos realistas, van Fraassen não apresenta descrições de outros autores sobre o antirrealismo e, portanto, não faz uma análise com base nessas descrições. Sendo assim, ele parte desse enunciado geral, para o antirrealismo, para delinear, mais especificamente, a sua proposta do empirismo construtivo.

Nesse sentido, van Fraassen põe em foco a interpretação literal da linguagem da ciência. Ele explica que

a ideia de um relato literalmente verdadeiro possui dois aspectos: a linguagem deve ser literalmente interpretada; e, assim interpretada, o relato é verdadeiro. Isso divide os anti-realistas em dois tipos. O primeiro afirma que a ciência é verdadeira ou isso procura, interpretada apropriadamente (e não literalmente). A segunda afirma que a linguagem da ciência deveria ser literalmente interpretada, mas que suas teorias não precisam ser verdadeiras para serem boas. O antirrealismo que defendo pertence a esse segundo tipo (2007, p. 31)

Na citação acima ele destaca uma das características que terá o empirismo construtivo: uma posição que interpreta literalmente a linguagem da ciência. Inclusive, essa é uma das diferenças entre a sua proposta e o positivismo lógico, embora sejam ambas posições antirrealistas, a última não faz uma interpretação literal. Assim, para van Fraassen, “se os enunciados da teoria incluem ‘há elétrons’, então a teoria diz que há elétrons” (2007, p. 33) e ele enfatiza que interpretar a linguagem da ciência dessa forma não é uma opção exclusiva dos realistas, pois isso “não diz respeito de forma alguma a nossas atitudes epistêmicas em relação às teorias, nem ao objetivo que visamos ao construirmos teorias, mas apenas a uma compreensão correta sobre aquilo que uma teoria diz” (2007, *ibidem*).

Tendo esclarecido sua posição acerca dessa questão, antes de enunciar o empirismo construtivo, ele afirma que “ainda podemos dizer que não é preciso acreditar que as boas teorias sejam verdadeiras, nem, *ipso facto*, acreditar que as entidades que elas postulam sejam reais” (2007, *ibidem*). E, só então, ele apresenta o enunciado específico da posição, antirrealista, que defende: “a ciência visa dar-nos

teorias que sejam empiricamente adequadas; e a aceitação de uma teoria envolve, como crença, apenas aquela de que ela é empiricamente adequada” (2007, p. 33).

Nesse enunciado, podemos perceber que o conceito de verdade foi substituído pelo conceito de adequação empírica⁸. Na primeira parte, é possível perceber que van Fraassen ainda mantém o “visa”, ou seja, o entendimento de que a ciência almeja dar-nos teorias empiricamente adequadas e não que ela nos dá — esse é um detalhe importante pelo mesmo motivo anteriormente discutido. Sobre esse novo critério para aceitação de uma teoria científica, van Fraassen oferece, inicialmente, uma breve explicação:

[...] uma teoria é empiricamente adequada se é verdadeiro o que ela diz sobre as coisas observáveis e eventos no mundo — exatamente, se ela ‘salva os fenômenos’. Um pouco mais precisamente: tal teoria possui pelo menos um modelo tal que todos os fenômenos reais a ele se ajustam (2007, p. 34).

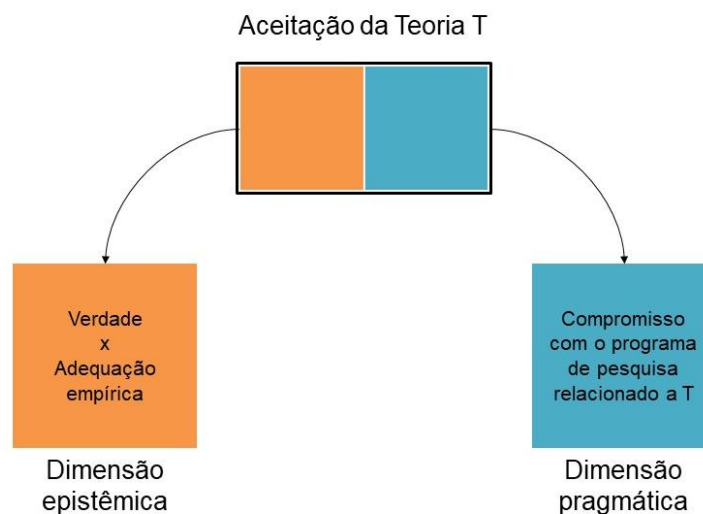
Os pormenores dessa explicação serão esclarecidos no decorrer deste trabalho, por enquanto, vamos atentar a outros detalhes de seu enunciado. Na segunda parte dele, van Fraassen deixa claro que a crença envolvida na aceitação de uma teoria científica é aquela de que ela é empiricamente adequada, diferentemente dos realistas, para os quais, a crença envolvida era a verdade. Entretanto, para o autor, “a aceitação de teorias [...] é um fenômeno da atividade científica que envolve claramente mais que crença” (2007, p. *ibidem*), no seu entendimento, envolve também um compromisso com um programa de pesquisa relacionado à teoria em questão. Tal compromisso nos faz utilizar os recursos conceituais da teoria aceita para explicar os fenômenos com os quais nos deparamos. No que se refere à interpretação desses recursos conceituais, como dito anteriormente, para van Fraassen eles podem ser interpretados literalmente.

Como exemplo, imagine uma aula de física, sobre a estrutura da matéria, em que o professor diz a seguinte frase “nosso corpo é constituído por átomos e eles são compostos por prótons, nêutrons e elétrons”. Isso nos mostra o quanto esse professor crê nessa teoria? No ponto de vista de van Fraassen não, “mas apenas [que esse

⁸ Essa “substituição” é feita dentro de um contexto específico, isto é, no que se refere ao objetivo da ciência. Não significa, portanto, que o conceito de verdade foi substituído em seu sentido geral. Isso será esclarecido, principalmente, na seção em que discuto a diferença entre verdade e adequação empírica.

professor tem] uma compreensão correta sobre aquilo que uma teoria diz” (2007, p. 33), ou seja, o fato do professor estar utilizando os recursos conceituais da teoria configura um compromisso, mas não nos dá nenhuma informação sobre sua atitude epistêmica em relação a eles. Nesse caso, não há como afirmar se o professor é um realista ou um antirrealista, pois o compromisso está associado à dimensão pragmática da aceitação. Mas, caso o professor fosse um empirista construtivo, por causa do critério de adequação empírica, ele poderia “pôr entre parênteses” as implicações ontológicas de sua afirmação, isto é, suspender o juízo sobre a existência daquelas entidades no mundo. Assim, o compromisso está para a dimensão pragmática, assim como a adequação empírica e a verdade estão para a dimensão epistêmica.

Figura 1 - Aceitação



Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

Alguém poderia argumentar que há outras características das teorias científicas, além da verdade e da adequação empírica, que não foram mencionadas, como por exemplo, a simplicidade e o poder explicativo. Essa questão nos encaminha à próxima seção.

3.2 As virtudes de uma teoria científica

Como dito na seção anterior, para van Fraassen, a crença envolvida na aceitação é a crença na adequação empírica da teoria, mas, por que não, também, a

crença em sua simplicidade? ou em seu poder explicativo? por que apenas adequação empírica? Van Fraassen parece estar ciente de que

quando uma teoria é defendida, é louvada por diversos aspectos diferentes da adequação empírica e da força empírica; diz-se que ela é matematicamente elegante, simples, de grande alcance, completa a certos respeito; e também de uso formidável para unificar nossa explicação de fenômenos até então disparatados e, acima de tudo, que ela é explicativa (2007, p. 159)

Por causa disso, ele se pergunta “o que pode o empirista fazer com essas outras virtudes que vão claramente tão além daquelas que ele considera preeminentes?” (2007, *ibidem*). No caso dele, a virtude preeminente é a adequação empírica e na medida em que as outras virtudes vão além da adequação empírica, para ele, “elas não dizem respeito à relação entre a teoria e o mundo, mas, ao contrário, ao uso e à utilidade da teoria; elas dão razões para preferir a teoria independentemente das questões sobre a verdade” (2007, p. 160). Ele explica que quando nossos julgamentos nos levam a escolher uma teoria ao invés de outra, sem nos preocuparmos com as questões sobre a verdade, não podemos deixá-los “guiar racionalmente nossas atitudes e decisões epistêmicas” (2007, p. 159). Ele enfatiza isso quando diz que “se importa mais para nós ter um tipo de questão respondida que outra, isso não é razão para pensar que seja mais provável que uma teoria que responda melhor ao primeiro tipo de questões seja verdadeira” (2007, p. 160).

Por isso, ele denomina aquelas virtudes, que dizem respeito ao uso e à utilidade das teorias, como virtudes pragmáticas. Já aquelas virtudes que dizem respeito a relação entre a teoria e o mundo, como a verdade para os realistas e a adequação empírica para os empiristas construtivos, ele chama de virtudes epistêmicas. Enquanto as virtudes epistêmicas fazem parte da dimensão epistêmica da aceitação, as virtudes pragmáticas, juntamente com o compromisso com o programa de pesquisa, fazem parte da dimensão pragmática da aceitação.

Por último, cumpre destacar que van Fraassen não desconsidera o fato de que um cientista é influenciado em suas escolhas por outros fatores, sobre isso, ele diz

esses fatores são trazidos à situação pelo cientista, de sua condição pessoal, social e cultural. É um erro pensar que os termos nos quais uma teoria científica é avaliada sejam puramente terapêuticos e que não tenham nada a ver com outro tipo de avaliação ou com as pessoas e circunstâncias envolvidas (2007, p. 160)

Mas, retomando o que ele também diz, é importante lembrar de não deixá-los “guiar racionalmente nossas atitudes e decisões epistêmicas” (2007, p. 159).

3.3 A distinção observável/inobservável⁹

Uma teoria é empiricamente adequada se o que ela diz sobre aquilo que é observável é verdadeiro, mas, o que significa ser observável? Nas palavras do autor, “o princípio é: X é observável se há condições que são tais que, se X nos estiver presente nessas condições, então vamos observá-lo” (2007, p. 39-40) e

supõe-se que haja uma classificação correlata de atos humanos: um ato de percepção sem ajuda, por exemplo, é uma observação. O cálculo da massa de uma partícula a partir de deflexão de sua trajetória em um campo de força conhecido não é uma observação dessa massa (2007, p. 38)

As condições mencionadas estão relacionadas ao ato de observar¹⁰ sem ajuda, isto é, aquilo que é observável para nós¹¹ pode ser observado sem ajuda de instrumentos. Van Fraassen utiliza o seguinte exemplo para delinear a distinção:

dar uma olhada nas luas de Júpiter através de um telescópio me parece ser um caso claro de observação, uma vez que, sem dúvida, os astronautas vão ser capazes de vê-las também de perto. Mas a suposta observação de micropartículas em uma câmara de vapor me parece um caso claramente diferente — se estiver correta nossa teoria sobre o que ali acontece (2007, p. 41)

Assim, as luas de Júpiter são observáveis se há condições que são tais que, sem ajuda, se as luas de Júpiter nos estiverem presentes nessas condições, então vamos observá-las. É claro que, talvez, nesse momento, eu não tenha uma nave espacial para poder ir até o espaço e observar as luas de Júpiter de perto, no entanto, “que algo seja observável não implica automaticamente que as condições para observá-lo agora sejam apropriadas” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 39).

⁹ Para uma discussão mais aprofundada a respeito desse tópico, ver Schwinden (2003).

¹⁰ Van Fraassen também chama a atenção para que não haja uma confusão entre “observar (uma entidade, tal como uma coisa, evento ou processo) e observar que (uma coisa ou outra é o caso)” (2007, p. 38).

¹¹ É importante destacar que “o que conta como um fenômeno observável é função do que é a comunidade epistêmica (que observável é observável-para-nós)” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 45).

Van Fraassen enfatiza que o termo “observável” não implica existência, mas, apenas, classifica as entidades postuladas pela teoria. De acordo com ele, sabemos que cavalos alados não existem justamente por que são entidades observáveis “um cavalo alado é observável — é por isso que estamos tão certos de que não existe nenhum — e o número dezessete, não” (2007, p. 38), ou seja, tanto as luas de Júpiter quanto os cavalos alados são considerados observáveis. Isso nos faz pensar sobre qual característica é compartilhada por essas duas entidades que as classificam dessa forma. Essa característica me parece estar relacionada com as condições mencionadas por van Fraassen, isto é, as luas de Júpiter e os cavalos alados poderiam ser observados sem ajuda de instrumentos e é isso que os classifica como observáveis.

3.4 Os papéis da teoria e da experimentação

Para van Fraassen, há um papel muito enfatizado para a experimentação no retrato feito pela filosofia da ciência tradicional. Nesse retrato, a principal atividade, em um primeiro momento, é a construção de teorias que descrevem a estrutura do mundo e, em um segundo momento, é a elaboração de experimentos para testar essas teorias. Alguns exemplos “clássicos” são

a tentativa de Dominic Cassini de medir a curvatura da Terra, para decidir entre a física newtoniana e a cartesiana, a previsão de Halley do retorno do cometa e sua observação, a famosa observação do eclipse que confirmou a teoria de Einstein, que implicava a deflexão dos raios de luz no campo gravitacional (VAN FRAASSEN, 2007, p. 139)

Diferentemente desse retrato, para ele, “a real importância da teoria para o cientista profissional é que ela é um dos elementos da elaboração de experimentos” (2007, p. 136). Isso se justifica para ele, já que em sua concepção “os cientistas visam descobrir fatos sobre o mundo — sobre as regularidades na parte observável do mundo. Para descobri-las, a experimentação é necessária, em oposição ao raciocínio e à reflexão” (2007, *ibidem*). Contudo, segundo ele, o que nos leva a criar teorias são as complexidades e sutilezas envolvidas nas regularidades dos fenômenos observáveis. Para que possamos alcançá-las, construímos teorias e buscamos apoio

em teorias anteriormente construídas para guiar a elaboração de experimentos (VAN FRAASSEN, 2007).

Assim, a teoria e a experimentação parecem ter outros papéis além daqueles de descrever a estrutura do mundo e testar teorias. O experimento de Millikan, sobre a medição da carga elementar, o elétron, é utilizado como exemplo por van Fraassen

a teoria entra aí de duas maneiras. A primeira trata de que a forma que sua resposta toma é aquela de um enunciado teórico: *Millikan estava preenchendo os claros em uma teoria em desenvolvimento*. A segunda é o papel de uma teoria já aceita na elaboração de seu aparato. Esse segundo papel é aquele que enfatizo agora — este é o papel que faz da teoria algo de valor para o cientista profissional, como disse. A questão era: “Qual é a carga elétrica elementar?” A razão pela qual o cientista se volta para uma teoria na qual ele vai se basear é que ele deve primeiro ter uma resposta para a questão preliminar: “Como podemos determinar experimentalmente a carga elétrica elementar?” (2007, p. 137)

Sendo assim, para van Fraassen, essa relação íntima entre teoria e experimentação pode ser compreendida a partir de uma posição empirista. A experimentação tanto contribui para testar a adequação empírica da teoria, como é tradicionalmente enfatizado, quanto para orientar a continuação da construção da teoria ou, no caso de teorias já bem estabelecidas, sua complementação. Igualmente, a teoria auxilia seja na elaboração de perguntas a serem respondidas de forma ordenada e concisa, seja como um guia no desenvolvimento de experimentos para dar conta dessas perguntas (VAN FRAASSEN, 2007). E, o objetivo de tudo isso, na visão de van Fraassen, é “o de conseguir a informação empírica veiculada pela asserção de que uma teoria é ou não empiricamente adequada” (2007, p. 138).

4 O CONCEITO DE ADEQUAÇÃO EMPÍRICA

Nesta seção, minha atenção está voltada para o conceito de adequação empírica, mais especificamente em o que ele significa e como ele se distingue do conceito de verdade.

Como mencionado na seção anterior, para van Fraassen a “ciência visa dar-nos teorias que sejam empiricamente adequadas; e a aceitação de uma teoria envolve, como crença, apenas aquela de que ela é empiricamente adequada” (2007, p. 33). Portanto, o objetivo da ciência, segundo ele, é nos fornecer teorias empiricamente adequadas. Mas, o que significa uma teoria ser empiricamente adequada? Nas próprias palavras do autor,

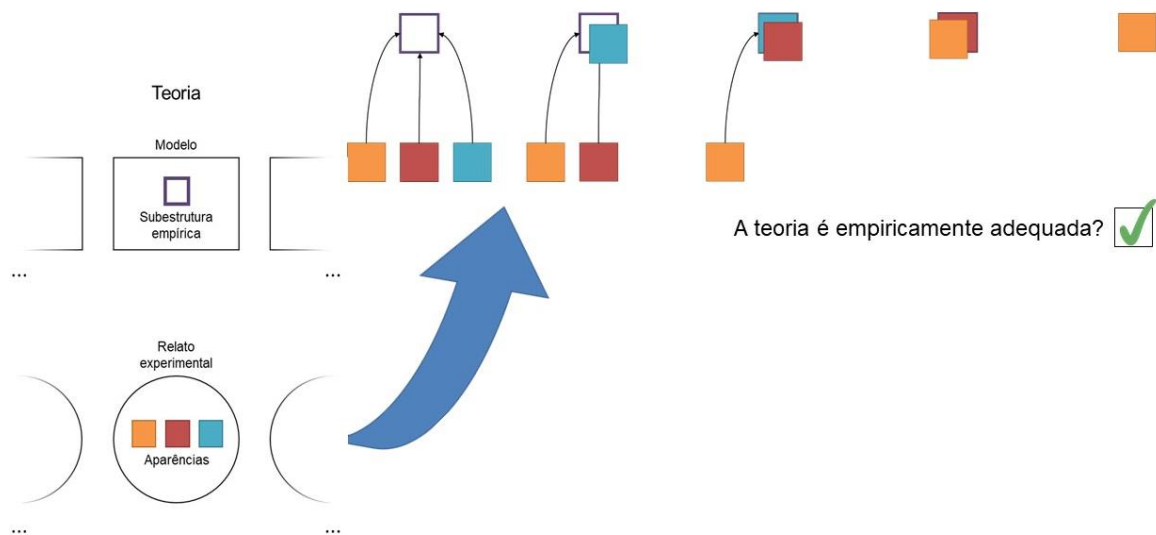
[...] uma teoria é empiricamente adequada se é verdadeiro o que ela diz sobre as coisas observáveis e eventos no mundo — exatamente, se ela ‘salva os fenômenos’. Um pouco mais precisamente: tal teoria possui pelo menos um modelo tal que todos os fenômenos reais a ele se ajustam (2007, p. 34).

Assim, se o que uma teoria diz sobre aquilo que é observável é verdadeiro, então ela é empiricamente adequada. Contudo, há duas questões para destacar acerca da citação anterior. A primeira delas diz respeito ao conceito de observável, sobre o qual já tratamos brevemente na seção anterior, na medida em que contribui para o objetivo deste trabalho; a segunda está relacionada ao que ele diz “um pouco mais precisamente” e é nela que nos concentraremos. A partir dessa questão, podemos fazer as seguintes perguntas: como verificar se o que uma teoria diz sobre aquilo que é observável é verdadeiro? o que significa, exatamente, salvar os fenômenos?

Mais precisamente, no empirismo construtivo, uma teoria T é composta por uma família de estruturas, que van Fraassen denomina como modelos. Partes desses modelos podem representar diretamente os fenômenos observáveis, a essas partes ele chama de subestruturas empíricas. Já as estruturas descritas em relatos experimentais e relatos de medição, van Fraassen chama de aparências. Então, uma teoria é empiricamente adequada se “[...] possui algum modelo tal que todas as aparências sejam isomórficas a subestruturas empíricas daquele modelo” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 121).

Em outras palavras, para verificarmos se o que uma teoria T diz, sobre aquilo que é observável, é verdadeiro, isto é, se ela é empiricamente adequada, é preciso saber se um modelo, de T, possui subestruturas empíricas capazes de se ajustar à todas as aparências. Se sim, então T é empiricamente adequada. Se não, T não é empiricamente adequada. As figuras 2 e 3 ajudam a ilustrar essas ideias:

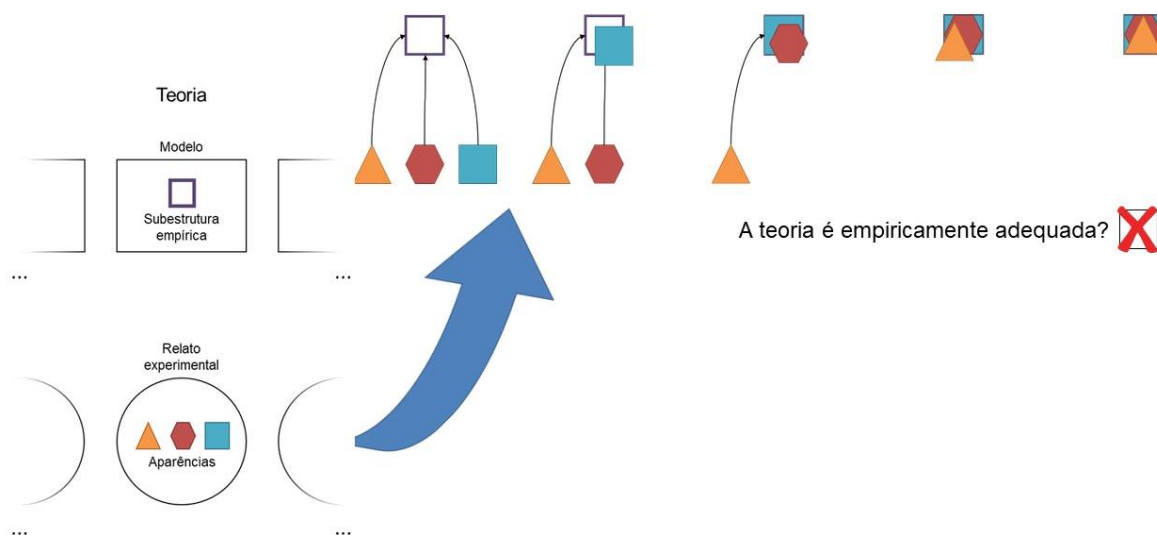
Figura 2 - Teoria empiricamente adequada



Fonte: Arquivo pessoal, 2019. Do lado esquerdo da figura, na parte superior, estão as classes de modelos de uma teoria, representados por retângulos, e na parte inferior, os relatos experimentais, representados por círculos. Do lado direito da figura, está representado o momento de encontro entre as aparências e uma subestrutura empírica do modelo. Como as aparências podem se encaixar na subestrutura empírica e vice e versa, podemos dizer que a teoria é empiricamente adequada.

Do mesmo modo, se uma subestrutura empírica, de um modelo pertencente à uma teoria T, não é capaz de se ajustar à todas as aparências, então a teoria T não é empiricamente adequada (Figura 3). Isso evidencia a necessidade desse ajuste, isto é, o isomorfismo é uma característica importante da adequação empírica. Mais especificamente, “o isomorfismo é, obviamente, a identidade total de estrutura, e é um caso-limite da encaixabilidade; se duas estruturas são isomórficas, então cada uma delas pode se encaixar na outra” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 87). Aqui também cabe ressaltar que o trecho “cada uma delas pode se encaixar na outra” significa que, tanto as aparências devem se encaixar na subestrutura empírica, quanto a subestrutura empírica deve se encaixar nas aparências. Caso isso não ocorra, a teoria não pode ser considerada empiricamente adequada.

Figura 3 - Teoria não empiricamente adequada



Fonte: Arquivo pessoal, 2019. Do lado esquerdo da figura, na parte superior, estão as classes de modelos de uma teoria, representados por retângulos, e na parte inferior, os relatos experimentais, representados por círculos. Do lado direito da figura, está representado o momento de encontro entre as aparências e uma subestrutura empírica do modelo. Como as aparências não podem se encaixar na subestrutura empírica e vice e versa, podemos dizer que a teoria não é empiricamente adequada.

Apesar do processo de verificação de adequação empírica ter sido elucidado, ainda é preciso esclarecer alguns conceitos presentes nessa discussão: o que são os modelos e as suas subestruturas empíricas? e, o que são os relatos experimentais e as suas aparências?

4.1 Modelos e relatos experimentais

A ideia de modelo, de van Fraassen, aparece em uma discussão acerca da distinção entre a abordagem sintática, utilizada pelos positivistas lógicos, e a abordagem semântica, preferida por ele¹². Para ilustrar tal distinção, o autor lança mão de um exemplo de geometria, no qual há seis axiomas¹³:

¹² “Na visão sintática, uma teoria é dada por uma enumeração de teoremas, expressos em alguma linguagem particular. Em contraste, na visão semântica, uma teoria é dada por uma classe de estruturas (que podem ser descritas em várias linguagens) que são os modelos da teoria (as estruturas determinadas sobre as quais a teoria é verdadeira)” (MONTON; MOHLER, 2017).

¹³ “Pressuposto em um sistema, ocorrendo sempre como premissa ou como ponto de partida para a demonstração de algo. Na exposição de um sistema, especialmente na matemática, um axioma é uma proposição de partida, indemonstrável, mas que decidimos considerar como verdadeira por

AO Há pelo menos uma linha.

A1 Para quaisquer duas linhas, há no máximo um ponto que pertence a ambas.

A2 Para quaisquer dois pontos, há exatamente uma linha que passa por ambos.

A3 Em qualquer linha, há pelo menos dois pontos.

A4 Há apenas um número finito de pontos diversos.

A5 Em qualquer linha, há um número infinito de pontos diversos (VAN FRAASSEN, 2007, p. 84-85)

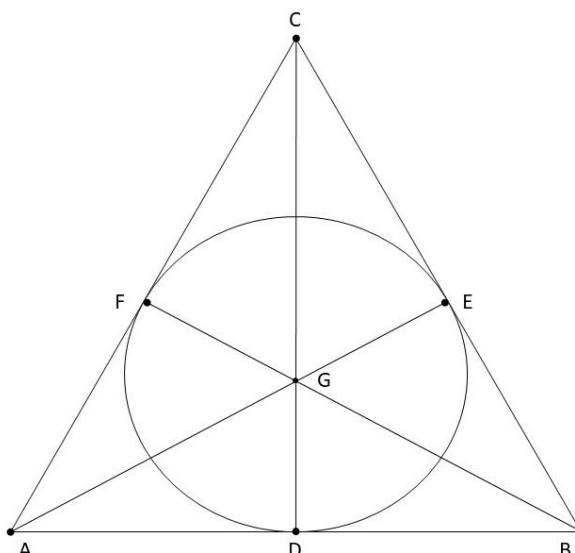
A partir desses axiomas ele explica que é possível construir três teorias, T_0 , T_1 e T_2 . Assim, ele considera que T_0 é composta pelos axiomas A1–A3; T_1 é T_0 mais o axioma A4; e, T_2 é T_0 mais o axioma A5. Ele faz três apontamentos sobre essas três teorias, no que diz respeito as suas propriedades e relações lógicas:

Cada uma das três teorias é consistente; nenhuma contradição pode ser nelas deduzida. Em segundo lugar, T_1 e T_2 são mutuamente inconsistentes; pode-se deduzir uma contradição se acrescentarmos A5 a T_1 . Em terceiro lugar, tanto T_1 quanto T_2 implicam T_0 ; todos os teoremas de T_0 são também claramente teoremas das outras duas teorias (VAN FRAASSEN, 2007, p. 85)

O que van Fraassen quer destacar com esse exemplo é que a essas propriedades e relações lógicas foram dadas definições sintáticas exatas, mas esse não precisa ser o único caminho, pois elas também “possuem correlatos nas relações que podem ser expressas em termos daquilo que a teoria diz, sobre o que ela versa, e sobre a possível interpretação daquilo a que ela diz respeito” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 85). Podemos entender essas relações, que podem ser expressas em termos do que a teoria diz, como estruturas. Se uma estrutura satisfaz os axiomas de uma teoria T, então podemos considerá-la um modelo de T (VAN FRAASSEN, 2007). Um exemplo disso, mencionado por van Fraassen, é a Geometria dos Sete Pontos (G_7P), que satisfaz os axiomas de T_1 e, por consequência os axiomas de T_0 , por isso podemos considerá-la um modelo de T_1 e de T_0 (Figura 4).

que parece evidente. Ex.: o todo é maior do que as partes; duas quantidades iguais a uma terceira são iguais entre si” (JAPIASSÚ, MARCONDES, 2008, p. 23-24).

Figura 4 - Geometria dos sete pontos



Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

E o que os modelos nos oferecem que as definições sintáticas exatas não podem nos oferecer? ora, pela lógica T_1 e T_2 são mutuamente inconsistentes e não há o que fazer a respeito disso, já que “os axiomas de T_1 só podem ser satisfeitos por estruturas finitas; os de T_2 , contudo, apenas por estruturas infinitas, tais como o plano euclidiano” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 87). No entanto, é importante notar que a G_7P , modelo de T_1 , foi representada em um triângulo euclidiano na Figura 4. Isso significa que, embora sejam inconsistentes, T_1 e T_2 são isomórficas, isto é, a “geometria dos sete pontos é isomórfica a certa figura plana euclidiana, ou, em outras palavras, ela pode se encaixar no plano euclidiano” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 87). Essa relação entre as teorias T_1 e T_2 é caracteristicamente semântica. Para van Fraassen, há relações interessantes, como essa acima, entre teorias que não são acessíveis à luz da abordagem sintática, apenas à luz da abordagem semântica.

Ainda, outra ideia importante mencionada pelo autor, relacionada aos modelos, é a força lógica de uma teoria. Para ele, há uma relação inversamente proporcional entre os modelos e a força lógica, isto é, “quanto menos modelos possui uma teoria, mais forte (logicamente) ela é!” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 127).

Assim, para van Fraassen, a alternativa à imagem sintática de uma teoria é

[...] apresentar uma teoria, em primeiro lugar, identificando uma classe de estruturas como seus modelos. [...] [na] abordagem semântica, a linguagem utilizada para expressar a teoria não é nem básica, nem

única; a mesma classe de estruturas bem poderia ser descrita de maneiras radicalmente diferentes, cada uma das quais com suas próprias limitações. Os modelos ocupam o centro da cena (2007, p. 88)

Uma questão importante para ser destacada da citação acima é a afirmação de que os modelos de uma teoria podem ser descritos de maneiras radicalmente diferentes. O que isso significa exatamente? o que um modelo pode ser? um desenho? um objeto? uma expressão matemática? há limites para essas descrições? Van Fraassen me parece tentar esclarecer alguma questão semelhante, já que ele reserva um espaço para explicar que o uso da palavra modelo, na discussão em questão, advém da lógica e da metamatemática e que o seu uso se refere “a estruturas específicas, nas quais todos os parâmetros relevantes possuem valores específicos” (p. 88). Com base nessa última citação, algumas questões como as seguintes poderiam ser feitas: isso seria um tipo de descrição de modelo? aquela que pode ser descrita de forma radicalmente diferente ou é uma ideia geral de modelo que é comum à todas as “descrições radicalmente diferentes”? Para mais, o que são essas estruturas específicas e como podemos identificar seus parâmetros e valores específicos? E, ainda, se a G_7P é um modelo, o que é a sua estrutura, quais são seus parâmetros, relevantes e irrelevantes, e, se houver, seus valores específicos?

Apesar de não responder essas perguntas, exatamente, em seu texto, ele ressalta que o uso que ele faz da palavra modelo é “um tanto diferente” daquele feito pelos cientistas:

“O modelo de Bohr do átomo”, por exemplo, não se refere a uma única estrutura. Ele se refere, ao contrário, a um tipo de estrutura, ou classe de estruturas, todas elas compartilhando certas características gerais. Pois, nesse uso, se pretende que o modelo de Bohr se ajuste a átomos de hidrogênio, átomos de hélio, e assim por diante (VAN FRAASSEN, 2007, p. 88)

Para ele, o modelo utilizado pelos cientistas pode ser chamado de modelo-tipo e, caso, “certos parâmetros sejam deixados sem especificação na descrição de uma estrutura, será mais exato dizer [...] que descrevemos uma estrutura-tipo” (2007, p. 88). Com base nessa distinção, Dutra (2005) considera razoável pressupor que “[...] ‘modelo’ se refere a estruturas matemáticas, como aquelas que permitem interpretar uma linguagem de primeira ordem, ou seja, o que se costuma denominar modelo matemático” (p. 205). Entretanto, apesar de fazer essa diferenciação, van Fraassen

também diz que “os usos de ‘modelo’ na metamatemática e nas ciências não estão tão distantes um do outro como se disse algumas vezes” (2007, p. 88). Em relação à esse posicionamento de van Fraassen, Dutra (2005) destaca que

[...] [ele] não deixa claro, de fato, se o uso do termo “modelo” na abordagem semântica coincide com aquele dos lógicos, em oposição ao uso dos cientistas. Ao contrário, sugere uma aproximação entre os dois sentidos — aproximação que, por sua vez, não é de forma alguma explicada (p. 215).

Vale destacar que em seu trabalho Dutra discute diferentes concepções de modelo em filosofia da ciência, e no que se refere a G_7P , chamada por van Fraassen de um modelo de T_1 , ele evidencia que

[...] ela não é nem um modelo matemático no sentido usual da semântica para as linguagens de primeira ordem, nem um modelo no sentido ordinário¹⁴, tal como discutimos na seção anterior. De fato, em última instância, a G_7P se aproxima mais dos modelos nômicos, dos cientistas, que dos modelos matemáticos ou semânticos dos lógicos (DUTRA, 2005, p. 217).

Mais especificamente, os modelos nômicos são modelos que comparam comportamentos de dois sistemas. Nesse caso, os sistemas seriam a geometria finita e a geometria euclidiana. Contudo, embora essa identificação com outro tipo de modelo, feita por Dutra, não seja o foco desse trabalho, chama a atenção o fato de que um dos exemplos dados por van Fraassen daquilo que seria um modelo, não se parece com o aquilo que ele sustenta ser um modelo.

Apesar disso, no trabalho de Bezerra (2011), a G_7P aparece entre os exemplos de modelos instanciais, que são considerados por ele como modelos metamatemáticos ou lógicos, como se segue em sua explicação abaixo

Por outro lado, um modelo no sentido ii (metamatemático ou lógico) é uma interpretação verdadeira de um conjunto de enunciados. Ou seja, trata-se de uma estrutura que confere significado às sentenças e também satisfaz as sentenças [...] Dado que a ideia presente na noção lógica de modelo é precisamente a de ser um exemplo, um caso ou uma instância de uma estrutura abstrata geral, essa noção de modelo

¹⁴ Esse termo é usado para se referir aos modelos no “sentido ordinário dos cientistas”, mais especificamente, os modelos icônicos. Tais modelos são chamados assim porque fazem a comparação entre as características físicas entre dois sistemas (DUTRA, 2005).

pode também ser chamada de instancial (BEZERRA, 2011, p. 588-589).

Diante disso, podemos perceber que há diferentes interpretações a respeito da ideia de modelo de van Fraassen no livro “A Imagem Científica”. Enquanto Dutra (2005) não identifica a G_7P como um modelo metamatemático ou lógico, Bezerra (2011) inclui a G_7P como um exemplo desse tipo de modelo.

Ainda, segundo van Fraassen, os modelos detêm partes que podem representar diretamente os fenômenos observáveis, a essas partes ele chama de subestruturas empíricas. Com base nessas subestruturas, é possível determinar a força empírica de uma teoria, e de modo semelhante à força lógica, há uma relação inversamente proporcional entre a quantidade de subestruturas empíricas e a força empírica da teoria. Mas, o que são, exatamente, essas subestruturas empíricas?

No capítulo em que van Fraassen discute o conceito de adequação empírica, *Salvar os fenômenos*, ele não apresenta uma definição precisa do que seria essa subestrutura. Em contrapartida, há uma série de exemplos de física por meio dos quais van Fraassen discute conceitos importantes, certamente, o conceito de subestrutura empírica está entre eles. Contudo, o fato desse conceito aparecer entrelaçado à exemplos torna difícil a tarefa de defini-lo. Apesar disso, apresentarei aqui aquilo que é possível destrinchar dos exemplos.

No que diz respeito a mecânica geral de Newton, van Fraassen destaca que “o que é observado é sempre algum movimento relativo; um movimento aparente é um movimento em relação a um observador” (p. 90) e que, além disso, a teoria newtoniana sustenta que podemos identificar esses movimentos aparentes como a diferença entre os movimentos verdadeiros. Nesse caso, ele entende os movimentos aparentes como “estruturas relacionais definidas por meio da medida de distâncias relativas, intervalos de tempos, e ângulos de separação” (p. 90) e os denomina como aparências. No que se refere à diferença entre os movimentos verdadeiros, ele a entende como uma estrutura definida “em termos das relações relevantes entre localizações absolutas e tempos absolutos, que são as partes apropriadas dos modelos de Newton” (p. 90) e que se pretende que seja uma representação exata das aparências, portanto, a intitula como subestrutura empírica.

Em relação à mecânica quântica, van Fraassen apresenta o que ele denomina como “axiomas da teoria quântica” e discute como esse conjunto de proposições não

parece com os axiomas com os quais os lógicos estão habituados. Eles são os seguintes:

- A1 A todo estado puro corresponde um vetor e a todos os estados puros de um sistema, um espaço vetorial de Hilbert.
- A2 A todo observável (magnitude física) corresponde um operador hermitiano nesse espaço de Hilbert.
- A3 Os valores possíveis de um observável são os autovalores de seu operador correspondente.
- A4 O valor esperado do observável A no estado W é igual à trilha $Tr(AW)$ (VAN FRAASSEN, 2007, p. 124)

Para van Fraassen “eles formam uma descrição claramente direta de uma família de modelos, mais uma indicação sobre o que deve ser tomado como subestruturas empíricas” (2007, p. 123).

Assim, o caso me parece ser o seguinte: de um lado, temos um determinado fenômeno que foi estudado e, a partir, desse estudo, em posse dos relatos experimentais, se concluiu que A . Chamaremos A de aparências. Do outro lado, temos um modelo, de uma teoria T , no qual foi definida uma estrutura com a finalidade de ser uma representação exata de A . Essa estrutura é definida em termos dos conceitos relevantes da teoria T . Chamaremos essa estrutura de subestrutura empírica.

Não obstante, embora os relatos experimentais e as aparências já tenham sido mencionados nos exemplos anteriores, nos quais dei atenção especial ao conceito de subestrutura empírica, ainda precisamos discutir exatamente o que esses relatos experimentais e aparências são de fato, ou se pretende que sejam.

Retomando o exemplo da mecânica geral de Newton, van Fraassen chama de aparências as “estruturas relacionais definidas por meio da medida de distâncias relativas, intervalos de tempos, e ângulos de separação” (2007, p. 90). Nesse caso, a relação entre relatos experimentais e aparências me parece ficar muito clara: as aparências são determinadas a partir das medidas, isto é, da experimentação.

Dessa maneira, podemos entender os relatos experimentais como a “parte bruta” do processo de investigação de um fenômeno, aquela na qual são feitas inúmeras medidas e testes, que resultam em uma série de dados, a partir dos quais se constroem extensos relatórios. No tocante à “parte fina”, podemos entendê-la como aquela parte do relatório na qual os dados foram compilados e que, com base neles, se chegou a determinados resultados e conclusões. Assim, a parte bruta seriam os relatos experimentais e a parte fina as aparências.

Há um exemplo de adequação empírica, como retratada por van Fraassen em *The Scientific Image*, que vale ser destacado nessa seção:

Com o intuito de esclarecer um pouco mais esse conceito (de adequação empírica), apresentarei um exemplo. Suponha uma teoria T, dada por $x = (a/2)t^2$. Note-se que se trata, efetivamente, de uma teoria: temos uma família de modelos determinada pelos parâmetros x , a e t . Fixando-se um valor para o parâmetro a , temos um tipo de modelo T. Atribuindo-se valores para os demais parâmetros, temos uma subestrutura empírica desse (tipo de) modelo. Por outro lado, as aparências são obtidas, a partir de relatos observacionais, relacionando, com base em medições experimentais, as variáveis relevantes estipuladas pela teoria T (velocidade de um corpo em relação ao tempo, por exemplo). Ou seja, enquanto as aparências resultam de medidas observacionais, as subestruturas empíricas são obtidas por instâncias a partir da teoria (embora, evidentemente, sejam passíveis de teste posterior)” (BUENO, 1999, p. 68-69)

Acredito que esse exemplo¹⁵ pode contribuir para esclarecer os conceitos discutidos até então (adequação empírica, subestruturas empíricas, relatos experimentais e aparências). Em tal caso, o que é entendido como uma teoria são as equações físicas. Já as incógnitas contidas nessas equações, são interpretadas como parâmetros. O ato de fixar um parâmetro é semelhante aquele de tornar uma variável constante e ao se atribuir valores para os demais parâmetros, se está, na verdade, realizando um cálculo. O resultado desse cálculo gera uma subestrutura empírica, com a qual se espera que as aparências se encaixem, por meio de um isomorfismo. Essas aparências não são os próprios relatos experimentais, mas são produzidas a partir deles. Assim, “a adequação empírica de uma teoria, intuitivamente, depende da relação existente entre ‘consequências empíricas’ da mesma com os ‘dados observacionais’” (BUENO, 1999, p. 69).

Para encerrar essa seção e tornar isso mais claro, vou construir um exemplo, passo a passo. Imaginemos que temos uma teoria T, dada pela equação horária da posição

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (\text{Equação horária da posição})$$

¹⁵ Embora Bueno tenha apresentado esse exemplo, ele o referencia à Chiappin (1999, p. 68).

A partir dessa teoria temos uma família de modelos determinada pelos parâmetros x , x_0 , v_0 , a e t . Podemos dizer que, quando determinamos $v_0 = 0$ estamos criando um modelo de T, qual seja:

$$x = x_0 + \frac{at^2}{2} \quad (\text{Modelo de T})$$

Esse é caso de quando sabemos que a velocidade inicial de um determinado corpo é zero. Assim, podemos determinar $x_0 = 0$, que se justifica se o corpo passa a se movimentar a partir de um ponto que foi determinado como sendo 0; uma aceleração qualquer, como $a = 10 \text{ m/s}^2$; um tempo qualquer, como $t = 10 \text{ s}$. O último parâmetro, que nesse caso é x , será determinado a partir dos outros.

$$x = 0 + \frac{10(10)^2}{2}$$

$$x = 500 \text{ m} \quad (\text{Subestrutura empírica de T})$$

Isso é o que nos diz a teoria T, tal como foi modelada e definida sua subestrutura empírica. Entretanto, para dizermos que a teoria T é empiricamente adequada, precisamos saber se as aparências são isomórficas à subestrutura empírica de T. As aparências, como bem colocado por Bueno, são resultado das medidas observacionais. Para declarar adequação empírica, nesse caso, seria necessário que todo corpo que tivesse velocidade inicial igual a 0, partisse de um ponto determinado como 0, com aceleração de 10 m/s^2 , em 10 s , percorresse 500 m . Dessa forma, as aparências poderiam se encaixar na subestrutura empírica do modelo da teoria T. A partir desse momento, me parece fazer todo o sentido se referir a uma teoria como uma “família” de modelos, tendo em vista a quantidade de modelos que poderiam ser criados a partir da teoria T.

4.2 Adequação empírica x verdade

Como a adequação empírica se distingue do conceito de verdade? Para responder essa questão, primeiro, destaco que meu objetivo aqui não é destrinchar o

conceito de verdade tal como feito com o conceito de adequação empírica, mas, sim, discutir a diferença entre sustentar um ou outro como critério para aceitar uma teoria científica.

Para ilustrar a diferença entre esses critérios, imaginemos uma teoria E sobre os fenômenos elétricos de atração e repulsão. Considere que essa teoria postula entidades inobserváveis, como por exemplo, os elétrons. É razoável pensar que um relato experimental sobre esses fenômenos incluiria informações sobre os procedimentos empregados e as “respostas” observadas, como as anotações abaixo:

1. Atritei uma caneta de plástico em meu cabelo;
 2. Aproximei essa caneta de alguns papéis picados;
 3. Os papéis se moveram em direção a ela;
 4. Um papel grudou na caneta e, mesmo ao movimentá-la, manteve-se grudado por alguns segundos;
 5. Aproximei outra caneta, também de plástico, sem atritar em meu cabelo, desses papéis picados;
 6. Os papéis não se moveram, tampouco grudaram nela.
- Uma caneta de plástico, devidamente atritada, atrai pequenos papéis.

As anotações de 1–6, representam, nesse caso, o relato experimental. Já a anotação posterior é aquilo que se pode concluir sobre o relato, isto é, é aquilo que podemos dizer sobre o que foi observado, representando as aparências. Agora, suponha que há um modelo, da teoria E, que possui uma subestrutura empírica capaz de se ajustar a essas aparências. Como sabemos, essa teoria E, vai explicar esse fenômeno recorrendo a entidades inobserváveis, como os elétrons. Nesse caso, se tivéssemos que aceitar a teoria E, qual a diferença entre optar pela verdade ao invés da adequação empírica?

Ao optarmos pela verdade, do ponto de vista do empirismo construtivo, estamos nos comprometendo com a existência das entidades postuladas pela teoria E, isto é, os elétrons. Tendo em mente que eles são tidos como entidades inobserváveis, o comprometimento não é apenas com a existência de uma determinada entidade, mas com uma entidade que é inobservável. Isso significa que ao afirmar a verdade da teoria E estamos concordando que aquilo que ela postula

existe de fato no mundo, que “ela possui um modelo que é uma réplica fidedigna de nosso mundo, em todos os detalhes” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 129).

Por outro lado, ao optarmos pela adequação empírica, estamos nos comprometendo apenas com a verdade a respeito daquilo que é observável. Por parte do van Fraassen, na “A Imagem Científica”, não há nenhuma restrição no desenvolvimento das teorias que as proíba de postular entidades inobserváveis, o ponto é que, caso a teoria envolva essas entidades, não é necessário aceitar a teoria como verdadeira, pois é suficiente aceitá-la como empiricamente adequada. Já no caso em que nos referimos “apenas sobre o que é observável, os dois procedimentos resultam no mesmo. Pois, nesse caso, a adequação empírica coincide com a verdade” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 134), ou seja, quando a teoria envolver somente entidades observáveis, sustentar a adequação empírica da teoria é o mesmo que sustentar a verdade dela.

Dessa forma, o que o empirismo construtivo quer evitar, é a afirmação de verdade sobre entidades inobserváveis, ou seja, afirmar que as entidades inobserváveis postuladas pelas teorias científicas de fato correspondam a algo no mundo. Van Fraassen deixa isso muito claro quando diz que deseja “apenas ser agnóstico sobre a existência dos aspectos inobserváveis do mundo descrito pela ciência” (2007, p. 135). Para o empirista construtivo, se a teoria E possui, ao menos, um modelo que contenha uma subestrutura empírica, na qual se encaixam todas as aparências, os fenômenos observáveis foram salvos e a teoria é empiricamente adequada.

Entretanto, embora se vá além da evidência disponível com uma afirmação de verdade acerca de uma teoria científica, também se excede esse limite com uma afirmação de adequação empírica. De um lado, essa linha é cruzada pelo comprometimento com a existência de entidades inobserváveis; do outro, pela necessidade de todas as aparências se encaixarem em uma subestrutura empírica. Van Fraassen está ciente de que “arriscamos o pescoço” nos dois casos, ele evidencia que

[...] a adequação empírica vai muito além do que podemos saber em qualquer tempo dado. (Todos os resultados de medição nunca são incluídos; eles nunca vão estar todos incluídos; e, em qualquer caso, não vamos medir tudo aquilo que pode ser medido) (2007, p. 129)

Retomando o exemplo do início dessa seção, as aparências originadas do relato experimental, dizem respeito aquilo que foi observado naquele momento. Quando reivindicamos adequação empírica para a teoria E, nos comprometemos com a exigência de que todas as aparências se encaixam na subestrutura empírica do modelo de E. É aqui, portanto, que a adequação empírica vai além da evidência disponível. Todavia, ainda há uma diferença “a afirmação da adequação empírica é muito mais fraca que a afirmação da verdade, e nos restringirmos à aceitação nos livra da metafísica” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 129).

Por último, é importante ressaltar que optar pela adequação empírica não configura, de modo algum, um descaso com o conceito de verdade. Como mencionado anteriormente, a adequação empírica envolve o conceito de verdade, embora, o relacione apenas àquilo que é observável. Além disso, não há problema algum com a afirmação “é verdade que a teoria X é empiricamente adequada”, já que ela significa somente que uma teoria cumpriu com o requisito de isomorfismo entre subestrutura empírica e aparências. O foco não é abandonar o conceito de verdade, mas, sim, oferecer um critério que seja suficiente para se sustentar ao aceitar teorias científicas.

5 CONCLUSÃO

Inicialmente, fiz uma apresentação da obra “A Imagem Científica”, ressaltando seu objetivo principal e a organização dos assuntos envolvidos em cada capítulo. Em seguida, dediquei um espaço para uma breve introdução às discussões centrais, presentes na primeira tese de van Fraassen, a respeito da relação entre teoria científica e o mundo empírico. Tais discussões envolveram questões sobre o que é o realismo científico e o empirismo construtivo, quais são as virtudes das teorias científicas, a polêmica distinção entre aquilo que é observável e aquilo que é inobservável e os papéis da teoria e da experimentação na ciência. Por último, abordei em duas partes, o conceito de adequação empírica de van Fraassen.

Em relação à primeira, inicialmente tratei do conceito de adequação empírica de modo geral. Após isso, esclareci os pormenores envolvidos, isto é, o que eram os modelos, as subestruturas empíricas, os relatos experimentais e as aparências. No que se refere aos modelos, encontrei nos trabalhos desenvolvidos por Dutra (2005) e Bezerra (2011) auxílio para interpretar a concepção de van Fraassen. No capítulo em que me debrucei, van Fraassen não deixa claro que tipo de modelo, de fato, está sendo discutido no seu trabalho. A Geometria dos sete pontos é um bom exemplo. Apesar de van Fraassen afirmar que o uso do termo modelo provém da lógica e da metamatemática, Dutra interpreta a G_7P como um tipo de modelo nômico, em oposição àquele que van Fraassen sustenta, enquanto Bezerra utiliza a G_7P como exemplo de modelo instancial, que significa metamatemático ou lógico. Em relação às subestruturas empíricas, van Fraassen não apresenta uma definição precisa do que elas seriam. Para delineá-las, mesmo que minimamente, fiz uso dos exemplos apresentados por van Fraassen e, a partir deles, interpretei o que elas seriam de modo geral. O mesmo movimento foi feito no que diz respeito aos relatos experimentais e as aparências. Ademais, na tentativa de esclarecer todos esses conceitos, me apoiei em um exemplo apresentado por Bueno (1999) sobre a adequação empírica. Com base em seu exemplo, construí um outro exemplo, passo a passo, identificando cada um dos conceitos discutidos.

No tocante à segunda parte, me dediquei em distinguir o uso do conceito de verdade como critério do uso do conceito de adequação empírica como critério para aceitar teorias científicas. Tendo isso em mente, propus um exemplo e discuti as consequências de se aceitar uma teoria científica como verdadeira e, em contraponto,

como empiricamente adequada. Todavia, também comentei sobre como os dois tipos de afirmações vão além da evidência disponível e, por conta disso, como a escolha por uma ou outra ainda é problemática. Para utilizar as palavras de van Fraassen, nos dois casos “arriscamos nossos pescoços”.

REFERÊNCIAS

- BEZERRA, V. A. Estruturas conceituais e estratégias de investigação: modelos representacionais e instanciais, analogias e correspondência. **Scientiae Studia**, v. 9, n. 3, p. 585-609, 2011.
- BUENO, O. **O Empirismo Construtivo: Uma Reformulação e Defesa**. Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência. Campinas: Unicamp, 1999. 343 p.
- DUTRA, L. H. de A. **Introdução à teoria da ciência**. 4 ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2017. 194 p.
- DUTRA, L. H. de A. Os modelos e a pragmática da investigação. **Scientiae Studia**, v. 3, n. 2, p. 205-232, 2005.
- JAPIASSÚ, H.; MARCONDES, D. **Dicionário básico de filosofia**. Rio de Janeiro: Zahar, 2008. 309 p.
- MONTON, B.; MOHLER, C. Constructive Empiricism. In: **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. (Summer 2017 Edition). Edward N. Zalta (ed.). Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2017/entries/constructive-empiricism/>>. Acesso em: 04 dez. 2019.
- MORAES, A. O. de. **O empirismo construtivo de Bas C. van Fraassen e o problema da explicação científica**. 2008. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Departamento de Filosofia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- MUSGRAVE, A. Constructive empiricism versus scientific realism. **The Philosophical Quarterly**, v. 32, n. 128, p. 262-271, 1982.
- SCHWINDEN, L. F. **O empirismo construtivo de Bas van Fraassen e a questão da observabilidade na ciência**. 2003. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Departamento de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- VAN FRAASSEN, B. C. **A Imagem Científica**. Tradução de Luiz Henrique de Araújo Dutra. São Paulo: UNESP: Discurso Editorial, 2007. 374 p.