

Squire Family Foundation

Instituição financiadora do projeto

Johns Hopkins - Center for Talented Youth

Instituição parceira criadora do material

Claretiano - Centro Universitário

Instituição parceira responsável pela divulgação do material no Brasil





SQUIRE FAMILY FOUNDATION

ORGANIZAÇÃO DA EDIÇÃO BRASILEIRA

Organizador: Edson Renato Nardi

CORPO TÉCNICO EDITORIAL DO CLARETIANO - CENTRO UNIVERSITÁRIO

Gerente de Material Didático: Rodrigo Ferreira Daverni

Preparação: Aline de Fátima Guedes • Camila Maria Nardi Matos • Carolina de Andrade Baviera • Cátia Aparecida Ribeiro • Elaine Aparecida de Lima Moraes • Josiane Marchiori Martins • Lidiane Maria Magalini • Luciana A. Mani Adami • Luciana dos Santos Sançana de Melo • Patrícia Alves Veronez Montera • Simone Rodrigues de Oliveira

Revisão: Eduardo Henrique Marinheiro • Filipi Andrade de Deus Silveira • Rafael Antonio Morotti • Vanessa Vergani Machado

Projeto gráfico, diagramação e capa: Bruno do Carmo Bulgarelli • Joice Cristina Micai • Lúcia Maria de Sousa Ferrão • Luis Antônio Guimarães Toloi • Raphael Fantacini de Oliveira • Tamires Botta Murakami

Videoaula: André Luís Menari Pereira • Bruna Giovanaz • Gustavo Fonseca • Marilene Baviera • Renan de Omote Cardoso

INFORMAÇÕES GERAIS

Título: Plano de Aula - Filosofia da Ciência

Formato: 210mm x 297mm

Páginas: 32 páginas

Edição: 1ª

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer meio ou forma sem a prévia autorização da Johns Hopkins - Center for Talented Youth e Squire Family Foundation - Advancing Philosophy Education

Copyright © Johns Hopkins - Center for Talented Youth e Squire Family Foundation - Advancing **Philosophy Education**

> 2020 Claretiano - Centro Universitário Todos os direitos reservados.

SUMÁRIO

CONTEÚDO

DIA 1 – O QUE É CIÊNCIA?	7
1. QUAL É A DIFERENÇA ENTRE CIÊNCIA, MATEMÁTICA E FILOSOFIA?	7
2. CIÊNCIA E CIÊNCIAS	9
3. REDUCIONISMO E UNIDADE DA CIÊNCIA	11
DIA 2 – EVIDÊNCIA E EXPLICAÇÃO	13
1. O QUE É EVIDÊNCIA?	13
2. EXPLICAÇÃO CIENTÍFICA	16
DIA 3 – EVIDÊNCIA E EXPLICAÇÃO	18
1. EXPLICAÇÃO CIENTÍFICA E MODELOS	
2. TIPOS DE MODELOS	
3. TIPOS DE MODELOS	
4. RAZÃO DOS MODELOS	21
5. REALISMO E INSTRUMENTALISMO	21
^	
DIA 4 – DETERMINISMO, CIÊNCIA E CIENTIFICISMO	24
1. PRINCÍPIO DA RAZÃO SUFICIENTE E CIENTIFICISMO	24
2. DETERMINISMO BIOLÓGICO	27
DIA 5 – ÉTICA E CIÊNCIA	20
1 ÉTICA DA CIÊNCIA	00
I FIII.Δ IIΔ (IFNI.IΔ	

PLANOS DE AULA

Esta série de planos de aula de Filosofia é composta pelos seguintes módulos:



APRESENTAÇÃO

Os estudantes muitas vezes pensam que ciência e filosofia são concorrentes, que poderiam pensar ou cientificamente ou filosoficamente sobre o mundo. Filosofia da ciência, portanto, parece uma coisa estranha para muitos estudantes. Mas a ciência usa uma metodologia empírica e uma argumentação racional para mudar e moldar a forma como vemos o mundo. Como tal, existem todos os tipos de questões filosóficas a serem feitas.

Algumas dessas questões são epistemológicas. A ciência parece nos dar boas razões para acreditar que entendemos como o mundo funciona. A ciência gera crenças e parece irracional rejeitar algumas delas. Qual é a base desse *status* epistemológico privilegiado que damos à ciência? Por que os resultados científicos têm uma posição especial em termos de crença razoável?

A resposta a essas questões parece residir na metodologia do inquérito científico. Todos ouviram o termo "método científico" e nós damos um tratamento especial aos resultados. Mas qual é o método científico e por que funciona para nos dar declarações sobre o mundo para o qual temos boas razões para acreditar? Que meios de raciocínio lógico são empregados? Como essa lógica interage com as observações empíricas? Usamos frequentemente termos em ciência como "hipótese", "teoria" e "evidência". O que eles significam exatamente? O que torna uma observação evidente uma teoria? Como as teorias nos dão hipóteses?

Um ponto de vista que examinaremos lida com argumentos de probabilidade. A ciência é o estudo de proposições contingentes, isto é, frases que podem ser verdadeiras ou falsas. Matemática é o estudo de frases que são verdades necessárias e, assim, estabelece a verdade através da prova. A ciência não prova nada, apenas dá boas razões para acreditar, o que dá uma probabilidade de suas consequências. Portanto, a evidência pode ser uma frase que faz com que uma hipótese provavelmente seja verdadeira (confirmação de evidências) ou uma frase que torne mais provável que seja verdade do que era antes de conhecermos a sentença (evidência de apoio). Essa consideração tem uma história longa e valorizada na filosofia da ciência, mas analisaremos alguns problemas aos quais ela dá origem.

Uma segunda abordagem que evita esses problemas considera que a evidência está relacionada à explicação científica. Queremos que a ciência não só nos dê crenças, queremos que use essas crenças para explicar o que vemos. Mas o que faz uma explicação boa? O que faz uma explicação científica? E o que faz uma explicação cientificamente boa? Examinaremos, também, algumas opiniões diferentes, que usem leis para explicar instâncias e que baseiem explicações científicas em modelos.

Enquanto a ciência trata a geração de crenças razoáveis sobre o mundo e, portanto, as questões epistemológicas são importantes, ela também gera questões metafísicas. Se temos uma teoria que funciona muito bem, isso significa que devemos acreditar que os termos que ela usa realmente se referem a coisas no universo, mesmo que não possamos vê-las? O realismo científico é a visão de que as entidades em uma teoria de sucesso devem acreditar que realmente existem. Átomos, forças, espaço curvo – todas essas coisas realmente povoam a realidade. A ciência, nessa visão, não nos diz apenas como as coisas funcionam, mas o que há. O instrumentalismo científico, por outro lado, argumenta que, se não for mensurável, não é real. As construções teóricas de teorias científicas são ficções úteis. São heurísticas acessíveis para visualizar coisas e para calcular resultados, mas não devemos pensar que eles realmente

existem. Nós sempre podemos eliminá-los para descobrir quais as previsões observáveis que a teoria faz, de modo que eles são titulares, parte da gramática da teoria, e não parte do conteúdo.

O sucesso da ciência fez com que alguns pensassem que a ciência deveria ser considerada o único meio de ganhar conhecimento sobre o universo. Essa visão é chamada de cientificismo. Algumas marcas de cientificismo argumentam que, para a ciência ser tão bem-sucedida como é, o universo deve ser um lugar bem-comportado, com regras definidas de comportamento, que podem ser definidas como as leis da natureza. Para que isso seja verdade, as leis devem ser capazes de determinar, completamente, como os sistemas físicos se desenvolverão ao longo do tempo. Tal determinismo tem ramificações profundas para nossas visões do universo e de nós mesmos.

A ciência não só tem efeitos epistemológicos e metafísicos, mas também possui resultados éticos. A ciência não só muda a forma como vemos e pensamos o mundo, ela muda a forma como vivemos nele. A ciência pode mudar a maneira como nos tratamos para o melhor e para o pior. Como tal, é importante dar aos alunos algum espaço para pensar fortemente sobre os dilemas éticos que são criados pelas novas maneiras de entender a natureza e as tecnologias que criamos dentro dela.

Referências

ACHINSTEIN, Peter. *Science Rules*: a historical introduction to scientific method. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2004.

GIMBEL, Steven. *Exploring the Scientific Method*: cases and questions. Chicago: University of Chicago Press, 2010.

STANFORD ENCYCLOPEDIA OF PHILOSOPHY. Disponível em: http://plato.stanford.edu. Acesso em: 16 mar 2019.

DIA 1 – O QUE É CIÊNCIA?

Conteúdo:	Método:
 Qual é a diferença entre ciência, matemática e filosofia? 	1. Discussão (15 minutos)
2. Ciência e ciências.	2. Trabalho em grupo – refletir e compartilhar (20 minutos)
3. Reducionismo e unidade da ciência	3. Discussão (15 minutos)

Orientações ao professor

O objetivo desta aula é extrair as intuições dos alunos sobre a natureza da ciência e aguçá-las, focalizando os tipos de questões que dizem respeito à ciência e à metodologia utilizada pelos cientistas. Na sequência, discutiremos as maneiras pelas quais a ciência difere da matemática e da filosofia, tanto no que ela faz como no modo que ela busca respostas.

Uma vez que temos uma noção do que a ciência é em geral, vamos recorrer às ciências particulares e examinar quais tipos de questões são consideradas em cada uma e quais questões filosóficas são levantadas nelas.

Finalmente, analisaremos a noção de unidade da ciência ou o que se denomina reducionismo. O reducionismo é a visão de que as ciências particulares são reduzidas de uma ciência mais geral, que eventualmente todos os conceitos da biologia, por exemplo, serão completamente traduzíveis na linguagem da química. A biologia como uma ciência separada deixará de existir e será incluída como um ramo da química aplicada. A unidade da ciência prevê o estudo de todos os fenômenos observáveis eventualmente desmoronar dentro da física – o que não podemos defender agora por uma simples questão de falta de compreensão, mas eventualmente toda a ciência será a física.

Objetivos e conceitos-chave

- Os alunos devem poder expressar claramente que a ciência é o estudo de questões empíricas com uma metodologia indutiva e poder distinguir questões científicas de questões não científicas.
- Os alunos devem poder articular e defender claramente uma posição sobre o reducionismo nas ciências.
- Conceitos-chave: proposições empíricas e não empíricas, evidências e provas, hipóteses e teorias, reducionismo.

1. QUAL É A DIFERENÇA ENTRE CIÊNCIA, MATEMÁTICA E FILOSOFIA?

Escreva "ciência", "matemática" e "filosofia" no quadro. Diga à turma que o que você quer trabalhar é uma declaração clara da diferença entre essas áreas. Peça aos alunos para lhe darem características essenciais de cada uma e anote-as abaixo da categoria designada.

Uma vez que a lista é criada, pergunte aos alunos se a diferença está no que os cientistas, matemáticos e filósofos estudam ou em como eles a estudam. Eles estudam o mesmo ou coisas diferentes? Eles se sobrepõem? Um matemático e um filósofo, um matemático e um cientista, ou um cientista e um filósofo podem fazer a mesma pergunta no princípio do seu trabalho?

Vasculhe as listas e descubra quais respostas se referem ao que cada um estuda e o que se refere a como cada um estuda. Apague as sugestões e escreva como títulos de linha "objeto

(o que)" e "método (como)". Peça aos alunos que tentem formular respostas para cada uma das áreas.

	Ciência	Matemática	Filosofia
Objeto (o que)			
Método (como)			

Matemática: o objeto da matemática é o conjunto de proposições que podem ser comprovadas (verificadas), mostradas serem necessariamente verdadeiras, dado um conjunto de axiomas que se supõe serem verdadeiros. Pense na geometria euclidiana. Se os axiomas e os postulados são o caso, pode-se comprovar que os ângulos internos de um triângulo somam 180°. Isso não é algo que pode ou não ser verdadeiro e simplesmente é verdade, mas é absolutamente e necessariamente verdadeiro. (Em outras palavras, são precisas e não proposições contingentes).

Os métodos da matemática são dedutivos, isto é, eles não o levam para além do alcance da entrada, mas necessariamente lhe dão resultados particulares. Você pode usar lógica dedutiva para provas ou determinados algoritmos para cálculos, mas os resultados serão rigorosamente determinados.

Filosofia: existem vários objetos de investigação filosófica. Um deles é o juízo de valor, ou seja, discussões sobre como as coisas deveriam ser, ao contrário de juízos factuais sobre como elas são. Questões de ética ou estética sobre o que é justo ou apenas tópicos para conversas filosóficas. Outro objeto de investigação são as questões de significado. Por exemplo, "Quando usamos a palavra 'espécie', como deveríamos determinar seus membros?" é uma questão filosófica. Uma vez que identificamos uma determinação, torna-se uma questão da ciência se dois organismos são da mesma espécie, mas o significado do termo, que vem em primeiro lugar, é uma questão filosófica. Por fim, temos as preocupações metodológicas que também são concernentes à filosofia. "Como os cientistas conectam evidências a hipóteses?" é uma questão filosófica, mas, se o aumento da incidência de câncer entre fumantes indica que o tabagismo causa câncer, é uma questão científica que pode ser discutida uma vez que a filosofia está feita.

A metodologia filosófica envolve argumentos – razões para uma conclusão (consulte a unidade de metodologia filosófica). Esses argumentos podem resultar da maneira como usamos palavras ou podem ter surgido a partir de intuições. Eles podem invocar fatos do mundo ou podem recorrer para o que o mundo pode ser. Os argumentos filosóficos esclarecem e categorizam, desenham distinções e fazem prescrições, mas não são diretamente testáveis em laboratório ou por observação direta. Isso extrapolaria os limites do argumento filosófico.

Ciência: a ciência se preocupa em entender como o mundo e seus vários sistemas funcionam. A ciência procura a causa para os fenômenos observáveis (descrevendo e explicando). O conteúdo da ciência é constituído por juízos contingentes – sentenças que podem ser verdadeiras e podem ser falsas. Ao contrário da matemática, a ciência examina coisas que poderiam ser qualquer número de maneiras diferentes e tenta descobrir de que maneira e por que isso funciona dessa maneira. Ao contrário da filosofia, o árbitro final dessas questões será algo empírico, algo que é capaz, em princípio, de ser observado (mesmo que não possamos observá-lo agora por razões tecnológicas ou mesmo se nunca possamos observá-lo por motivos históricos).

O método da ciência envolve a observação no seu núcleo. Observamos acontecimentos no mundo que nos rodeia, e esse é o ponto de partida da ciência. A partir daí, podemos formar hipóteses (proposições que explicariam a observação e que podem ou não ser verdadeiras), e, quando essas hipóteses são sustentadas em evidências (relatos de observações que nos oferecem uma ou mais razões para acreditar que a hipótese é verdadeira), podemos organizá-las

em teorias (sistemas de hipóteses a partir dos quais outros resultados observáveis podem ser derivados). As teorias, primeiro, são testadas considerando novas situações possíveis e determinando quais devem ser os efeitos observáveis provocados por essas situações, em seguida, levantam ou encontram um exemplo dessas situações e veem se a predição da teoria estava correta. Se for verdadeira, então temos evidências para a teoria. Caso contrário, temos contraevidências.

Evidência não é o mesmo que prova. A ciência não prova nada. Prova significa que o resultado é necessariamente verdadeiro, mas na ciência os resultados são sempre contingentes. Uma teoria, não interessa quão bem estabelecida esteja, pode revelar-se falsa no final. Isso não significa que não devemos acreditar nas teorias – acreditamos no que é provável que seja verdade, não apenas no que é absolutamente verdadeiro. Certifique-se de que os alunos NUNCA digam que a ciência prova X. A ciência, na melhor das hipóteses, fornece evidências e boas razões para acreditar em algo, mas nunca prova. Somente a matemática (ou lógica) prova algo.

2. CIÊNCIA E CIÊNCIAS

Divida os alunos em nove grupos. Atribua, aleatoriamente, a cada grupo uma das seguintes ciências: astronomia, física, química, biologia, psicologia, sociologia, economia, geologia e ciência política. Dê-lhes as questões associadas à sua ciência e peça a cada grupo para determinar se cada uma delas é: uma questão científica, uma questão matemática ou uma questão filosófica de sua disciplina. Peça-lhes que criem mais uma questão para cada categoria. Peça-lhes que definam sua ciência; sobre o que é o estudo?

Astronomia

- **1.** Os planetas aparecem no mesmo lugar no céu noturno todas as noites ou mudam a localização relativa às estrelas em uma determinada constelação?
- **2.** Dadas as observações que foram feitas, se pensarmos sobre o sol em repouso, qual a forma das órbitas dos planetas ao redor do sol?
- **3.** Se existirem bilhões de estrelas no universo e a probabilidade de uma determinada estrela possuir um planeta é de uma em cinco e a probabilidade de um planeta ter vida é um em quinhentos milhões, quantos planetas provavelmente são habitados?
- **4.** Que critérios devemos usar para considerar algo orbitando o sol como um planeta?
- **5.** Dados esses critérios, Plutão é um planeta?

Física

- **1.** Se os objetos acelerarem para a Terra a 9,8 metros por segundo e lançarmos uma maçã no alto do *Empire State Building*, quanto tempo levaria para ela atingir o chão?
- **2.** A gravidade é uma força que apenas atrai ou, semelhante ao magnetismo, também pode repelir certas coisas?
- **3.** Se duas teorias podem explicar todos os efeitos gravitacionais com a mesma exatidão de resultados a queda de maçãs, a rotação dos planetas, a deflexão da luz, todos eles mas uma diz que o espaço é curvo e a outra diz que o espaço é plano, elas são a mesma teoria ou não? Elas realmente dizem alguma coisa sobre o espaço ser curvo?
- **4.** Se um trem sem freios descendo uma colina de trinta graus a 500 pés de altura atinge outro trem de mesma massa em repouso na base da colina, o primeiro trem poderia avançar com o trem em repouso, ricochetear para trás do trem em repouso ou parar no ponto de impacto?
- **5.** Se a luz ricocheteia de um espelho no mesmo ângulo em que o atinge, o que acontece com a luz que atinge um espelho em um ângulo reto?

¹ Algumas pessoas pensam que a matemática é, de fato, parte da lógica!

Química

- 1. A água é duas partes de hidrogênio e uma parte de oxigênio, então, se você combinasse dois galões de hidrogênio e um galão de oxigênio, você obteria um galão de água ou três galões de água?
- 2. Se podemos usar o conceito de átomos para dar sentido a tudo o que observamos nas reações químicas, isso significa que os átomos realmente existem ou poderiam ser apenas uma maneira fácil de pensar sobre reações, mas, caso não existam, do que as coisas realmente são feitas?
- **3.** Considerando a pressão constante, o volume de um gás aumenta em proporção à sua temperatura e você pega um centímetro cúbico de oxigênio e aumenta de 100 graus para 200 graus. Quanto volume você tem?
- **4.** Em pressão constante, o volume de um gás aumenta em proporção à sua temperatura?
- **5.** Se o número atômico de um elemento é igual ao número de prótons do seu núcleo e um átomo de Urânio 238 tem 92 prótons antes de experimentar uma decomposição, pois perde dois deles no experimento, podemos concluir que o átomo com apenas 90 prótons permanece Urânio ou se torna um átomo de Tório?

Biologia

- 1. Todos os animais que têm coração também têm fígado?
- 2. Quando a vida começa?
- **3.** Se a taxa metabólica de um animal varia proporcionalmente à massa corporal considerando a influência energética ¾, quanto um tiranossauro pode comer a mais do que um tigre?
- 4. Qual a cor dos tiranossauros?
- 5. Os pássaros têm os dinossauros como parentes antigos?

Psicologia

- 1. Os alunos são mais propensos a lembrar um fato se o professor estiver na sala ou fora da sala durante uma prova?
- 2. Os sonhos de queda acontecem mais frequentemente em momentos de estresse?
- **3.** Se algo se tornar três vezes mais brilhante, só o vemos duas vezes mais brilhante. Se for nove vezes mais brilhante, vemos isso três vezes mais brilhante. Se uma luz se tornasse dezesseis vezes tão brilhante, quanto mais brilhante a perceberíamos?
- 4. Se você tem pensamentos recorrentes de matar alguém, você é uma pessoa ruim?
- **5.** Esta medicação permite que pessoas com depressão funcionem de forma semelhante a antes do início do episódio depressivo?

Sociologia

- 1. Se conceder às mulheres o direito ao voto reduz as taxas de natalidade em um terço na maioria das sociedades, e uma determinada sociedade tem uma taxa de natalidade que duplica a população cultural a cada vinte anos, quanto tempo essa cultura levaria para dobrar sua população se concedido às mulheres o direito de votar?
- 2. Um cunhado é um parente?
- 3. As taxas de suicídio em uma sociedade estão correlacionadas com o número médio de horas trabalhadas?
- **4.** Se a frequência na universidade é diretamente proporcional ao valor da propriedade na região, então, o que esperamos acontecer em uma região com uma taxa de frequência na universidade de 35% se as casas valorizassem 15% em uma década?
- **5.** Os programas de educação sexual nas escolas que focam apenas a abstinência sexual aumentam ou diminuem a ocorrência de gravidez entre adolescentes estudantes?

Economia

- **1.** Se você aumentar o preço de um item enquanto mantém um abastecimento constante, aumentará ou diminuirá a demanda por ele?
- 2. Um sistema em que a riqueza se transfere daqueles que a adquiriram para seus filhos, que nunca trabalharam para adquirir, é um sistema justo?
- **3.** Se as taxas de juros forem reduzidas enquanto a oferta monetária for mantida constante, o desemprego aumenta ou diminui?
- **4.** Se custar R\$ 10,00 para produzir um item e R\$ 5,00 para enviá-lo para o mercado, qual seria seu preço se você pudesse vender quinze por dia, cinco dias por semana, e você precisa de um lucro de R\$ 100,00 por semana?
- **5.** Se o proprietário de uma empresa pode ganhar mais dinheiro ao fazer com que seus trabalhadores trabalhem mais horas em vez de contratar mais funcionários, seria importante que esses funcionários tivessem famílias com crianças pequenas?

Geologia

- 1. As placas tectônicas da América do Norte e da Europa se movem umas em direção às outras ou umas se afastando das outras?
- **2.** Se a água escoa duas vezes mais rápido através de calcário do que através de granito e um lago com um fundo de granito levaria 1000 anos para secar, com a evaporação sendo reposta pela água da chuva, quanto tempo levaria para um lago cujo fundo é 30% calcário e 70% granito para secar?
- **3.** Quantos anos tem a Terra?
- **4.** A partir da existência de estratos de rocha, mostrou-se que a terra está mudando ou não é isso o que significa?
- 5. Os fósseis de trilobitas sempre se encontram no mesmo tipo de rocha?

Ciência Política

- **1.** Existe uma diferença na longevidade dos partidos políticos minoritários em sistemas parlamentares com representação proporcional em comparação com os sistemas *winner-take-all* (sistema político americano que habitualmente traduzem como "o vencedor leva tudo"). Em qual sistema um partido que recebe 50% + 1 recebe representação completa de um local?
- 2. Devemos ter o direito a uma linguagem totalmente livre sem restrições?
- **3.** Se duplicarmos o tempo em que as urnas estão abertas, aumentam-se os votos válidos em 10%. Sendo a participação média para uma eleição de um único dia de votação de 65%, qual é a expectativa de participação se os eleitores puderem votar por três dias?
- **4.** O voto é um dever em uma democracia?
- 5. As guerras civis são mais propensas a ocorrer em ditaduras ou em democracias?

Peça a todos os grupos que relatem seu trabalho à classe e expliquem por que categorizaram cada pergunta do modo que fizeram.

3. REDUCIONISMO E UNIDADE DA CIÊNCIA

O reducionismo é a posição filosófica de que diferentes ciências podem ser reduzidas umas às outras, ou seja, que certos campos científicos não requerem mais do que ferramentas de outro campo para responder a todas as suas questões. A unidade da ciência é a visão de que todas as ciências podem ser organizadas hierarquicamente de acordo com a ciência da qual se reduz.

Antes de discutir qualquer um desses termos, escreva todos os nomes das ciências dos diferentes grupos no quadro em ordem aleatória. Peça aos alunos que voltem aos seus grupos e organizem as ciências da mais geral a menos geral. As listas serão algo assim:

- Física
- Geologia
- Química
- Astronomia
- Biologia
- Psicologia
- Sociologia
- Ciência Política

Pergunte se existem fronteiras estritas entre as ciências ou sobreposições. Solicite exemplos do tipo: "física e química, ambas tratam de átomos; psicologia trata dos sistemas biológicos;..."

Tem-se argumentado que não existe apenas uma interconexão entre as ciências, mas, também, que podemos reduzir as ciências menos gerais para o mais geral. Em outras palavras, quando realmente lidamos com a psicologia, vemos que, de fato, não é nada além de descrever aspectos de um sistema biológico complexo, o que faz com que a psicologia se torne um ramo da biologia. Da mesma forma, a biologia será traduzível completamente em termos químicos e a biologia deixará de existir como um assunto separado. Em última análise, a reivindicação reducionista da unidade das ciências vai, como veremos, dizer que tudo é explicável exclusivamente em termos de um conjunto de leis básicas da física.

A visão antirreducionista não discorda que tudo é composto de matéria física, mas argumenta que cada ciência possui um nível de complexidade que não pode ser totalmente contabilizado no próximo nível mais geral. Da mesma forma que o xadrez de uma manta que nada mais é do que cores não é redutível a uma única conversa sobre cores. O padrão é o que diferencia as xadrezes. Da mesma maneira, as reações químicas envolvem apenas entidades físicas – átomos –, mas não são completamente compreensíveis em termos de propriedades atômicas. A evolução ocorre no nível da espécie, quando os membros de uma espécie interagem com o meio ambiente. Esses animais ou plantas são compostos por químicos que são compostos por átomos, mas as leis da física não serão responsáveis pela diminuição da população de alces quando uma seca causar a redução das áreas de boas pastagens.

Ou seria... se conhecêssemos o suficiente sobre as leis físicas reais? Algumas ciências se reduzem à outras? Podemos reduzir as ciências biológicas às ciências naturais? A vida é compreensível unicamente em termos químicos? São as ciências sociais – psicologia, sociologia, economia, ciência política – redutíveis à biologia ou existe algo diferente e especial nelas sobre a vida humana?

<u>DIA 2 – EVIDÊNCIA E EXPLICAÇÃO</u>

Conteúdo:	Método:
1. O que é evidência?	1. Discussão (20 minutos)
2. Falsificacionismo	2. Discussão (15 minutos)
3. O que é uma explicação científica?	3. Discussão (15 minutos)

Orientações ao professor

A evidência é a noção central para compreender como a ciência nos dá boas razões para acreditar em uma teoria. Mas o que exatamente queremos dizer quando falamos de evidências científicas? Os filósofos tentaram estabelecer com o passar do tempo uma explicação coerente da lógica que nos leva das observações à crença razoável.

O mais influente é o aumento no modelo de probabilidade, em que uma observação e é evidência para uma hipótese h se h é mais provável que seja verdade dado e. Examinaremos essa definição e um dos problemas levantados por ela, o assim chamado paradoxo do corvo.

Os filósofos tomaram três caminhos em face de vários desses "paradoxos de evidência". Um deles é tentar resolvê-los. Outra abordagem, a de Karl Popper, é tentar falar sobre ciência sem evidências. Um terceiro é dar uma descrição diferente da evidência, uma que reduz a evidência para um conceito diferente, a explicação científica. Vamos ver o que é uma explicação e se as explicações científicas são um tipo diferente de explicação de outras explicações.

Objetivos e conceitos-chave

- Os alunos devem ser capazes de interpretar provas de probabilidade e explicação das evidências científicas e seus problemas.
- Os alunos devem ser capazes de explicar o falsificacionismo de Karl Popper e determinar quando uma afirmação é falsificável.
- Conceitos-chave: evidência, equivalência lógica, falsificação, explicação, lei abrangente.

1. O QUE É EVIDÊNCIA?

Peça aos alunos que considerem o seguinte cenário: você entra no seu carro, gira a chave e nada acontece. Você quer saber por que seu carro não liga. Procura hipóteses; obtêm as óbvias, como "sem gasolina" e "sem bateria", mas também procura bizarras engraçadas. Escreva-as todas no quadro. Pergunte o que conta como prova para cada uma. Discuta por que cada evidência sugerida não constitui uma prova, mas sim uma base indutiva para a hipótese (procure explicações alternativas que também possam explicar a observação). Dado que temos uma sensação intuitiva sobre o que é uma evidência e como ela funciona, pergunte o que faz de uma observação uma evidência para uma hipótese dada.

Prova da probabilidade da evidência: a definição mais influente de evidência científica explorada pelos filósofos da ciência é uma noção ligada à probabilidade da verdade da hipótese. De acordo com essa prova (que ficou famosa pelas obras do filósofo Rudolf Carnap), existem diferentes noções de evidência que usamos e elas são exprimíveis em termos de declarações de probabilidade. A evidência conclusiva de qualquer relatório de observação faz com que a

hipótese mais provável não seja verdade, em notação matemática, isto é, $p(h/e) > \frac{1}{2}$, ou seja, se a probabilidade de h ser o caso dada a verdade de e é maior do que $\frac{1}{2}$, então, e é evidência de h. A evidência de apoio é uma noção mais fraca, em que a observação não tem que tornar uma hipótese provável verdadeira, apenas mais provável. Para colocar isso em notação matemática, p(h/e) > p(h), em outras palavras, a hipótese é mais provável de ser verdade, uma vez que o relatório de evidências é verdadeiro. Conhecendo a evidência, torna-se razoável ter maior confiança na verdade da hipótese. Isso não significa que tenhamos razões para pensar que a hipótese seja verdadeira, apenas mais razões para pensar que poderia ser.

Volte para a evidência sugerida (o caso do "carro que não liga") e determine qual seria a evidência conclusiva e qual seria a evidência de apoio.

As definições de probabilidade de evidência de Carnap são muito persuasivas porque parecem se adequar muito bem ao nosso juízo intuitivo. Mas os filósofos descobriram alguns problemas com elas.

Michael Jordan come Wheaties (famosa marca de cereal americano): o problema com a definição de alta probabilidade é que ela considera apenas a probabilidade de verdade da hipótese dada a evidência pretendida, mas essa probabilidade pode não ser afetada pela declaração de evidência. Considere a hipótese: "Michael Jordan não está grávido". Suponhamos que observemos a rotina matinal da grande estrela do basquete e observamos que ele come Wheaties no café da manhã todas as manhãs. Agora, as chances de que Michael Jordan não esteja grávido, dado que ele come Wheaties é superior a 50:50, mas certamente não queremos dizer que sua escolha de cereais no café da manhã é uma evidência de que ele não está grávido. Se a hipótese tiver alta probabilidade de iniciar, qualquer sentença teria que contar como confirmação de evidência.

Parece que precisamos de alguma garantia de que existe alguma relação entre a hipótese e a observação que consideramos como evidência. Talvez seja necessário que ambas tornem a hipótese mais provável e mais verossímil. Isso faria com que a confirmação de evidência dependesse da definição de evidência de apoio. Mas, a adição na prova de probabilidade pode suportar o peso?

O Paradoxo do Corvo

O filósofo da ciência Carl Hempel encontrou um resultado inquietante para esta prova. Ele começa por estabelecer duas condições básicas sobre a evidência em que ambas pareçam verdadeiras.

- 1. Critério de Nicod: os exemplos são evidências de generalizações. Se você quer apoiar a hipótese de que todas as pessoas na escola têm narizes, qual seria sua evidência? Relatar as pessoas na escola que têm um nariz no rosto. Cada observação de outro humano provido de nariz no prédio ou no terreno seria uma evidência de sua hipótese.
- 2. Condição de equivalência: se duas sentenças são logicamente equivalentes, ou seja, se forem formas diferentes de dizer exatamente a mesma coisa, então qualquer evidência para uma sentença é evidência para a outra. Se uma pessoa afirma que hoje é 1º de fevereiro e outra pessoa diz que é o primeiro dia do segundo mês, então todas as evidências que apoiam a afirmação da primeira pessoa também aceitam a da segunda pessoa.

Ambas as condições parecem obviamente verdadeiras. Certamente, seria absurdo negar qualquer uma delas.

Mas Hempel ressalta que uma coisa estranha acontece quando os adicionamos ao aumento de probabilidade da definição de evidência de apoio. Considere a frase: "Todos os corvos são pretos". É uma generalização sobre um certo tipo de pássaro. O que seria uma evidência disso? De acordo com o critério de Nicod, cada observação de um corvo preto seria outra evidência disso. Não há problema nisso, é exatamente o que esperamos.

Agora considere a condição de equivalência. Qual seria uma maneira logicamente equiva-

lente de dizer "Todos os corvos são pretos"? Bem, qualquer sentença da forma "Todos os A são B" é equivalente ao seu contrapositivo, "Todos os não B são não A". Se todos os escoteiros são meninos, então todos os que não são um menino não são um escoteiro. Se todos os solteiros não são casados, todas as pessoas casadas não são solteiras. Se todas as rosas não são flores, então tudo que não é uma flor não será uma rosa. Mas isso significa que "Todos os corvos são pretos" é equivalente a "Todas as coisas não pretas não são corvos".

Assim, parece que não há nada muito estranho até que voltemos ao critério de Nicod. O que conta como evidência de "Todas as coisas não pretas não são corvos"? É uma generalização universal, então os exemplos contam como evidências. Cada coisa não preta que não é um corvo seria evidência. Toda vez que você olha um pedaço branco de giz, grama verde ou calça azul, você tem provas de que todas as coisas não pretas não são corvos. Mas pela condição de equivalência, porque as duas sentenças são logicamente equivalentes, você tem, de fato, muitas e fortes evidências de que todos os corvos são pretos. Olhe ao redor da sala e aponte cada coisa que não é um preto e não corvo. Você parece ter incríveis quantidades de evidências sem olhar para um único pássaro. O filósofo Nelson Goodman satirizando disse: "A chance de ser capaz de investigar teorias ornitológicas sem ter que sair na chuva é tão atraente que sabemos que deve haver alguma complicação nisto".

Mas qual é a complicação? Uma vez que isso é resultado da adição das duas condições na definição de probabilidade, parece que temos quatro possibilidades: a) rejeitar o critério de Nicod, b) rejeitar a condição de equivalência, c) rejeitar o incremento na definição de probabilidade, d) morder a isca e admitir que a observação de um pato branco é, de fato, evidência de que todos os corvos são negros. Os filósofos sugeriram cada uma dessas possibilidades. Qual é a melhor ideia?

Falsificasionismo

Um filósofo que propôs uma sugestão ainda mais radical foi Karl Popper. Problemas como os casos de cereais e corvos continuarão aparecendo, pensou Popper. O problema é com a noção de evidência em si. Se nos livrarmos da evidência, então nos livraremos das preocupações.

O que a ciência sem evidência parece? Ela é muito parecida com o boxe. Há sempre um campeão dos pesos pesados reinante, um lutador naquela classe de peso que é o melhor do mundo. Mas isso não significa que o campeão seja para sempre o melhor boxeador. Chegará um dia em que ele será nocauteado por alguém que se tornará o novo campeão. Não há nada absoluto e fixo sobre isso, apenas que ele venceu o antigo campeão para ganhar o cinturão. E uma vez que ele tem isso, o que ele deve fazer? Lutar contra todos os desafiantes. Se alguém pensa que é forte o suficiente para derrubar o campeão, deve enfrentar o adversário e vencê-lo, para ficar com o cinturão. Ao vencer, ele não recebe nada de novo, só consegue continuar sendo campeão até perder.

Da mesma forma, na ciência, argumenta Popper, há desafios para as hipóteses: são previsões que a hipótese faz. Como o campeão, se a hipótese falhar, se a predição não se tornar realidade, então sabemos que a hipótese é falsa. Perde completamente seu *status*. Mas, até que a hipótese possa ser mostrada falsa com uma predição imperfeita, ela nunca pode ser mostrada verdadeira ou provavelmente verdadeira. Não pode ser mostrada verdadeira porque a ciência não provou nada (é o que discutimos na última vez), mas também não pode ser provável que seja verdade. Como o campeão do boxe, sabemos que algum dia será derrubada. As hipóteses científicas são sempre eventualmente eliminadas na evolução histórica da ciência. Eventualmente será substituído por algo novo, diferente e melhor. Por isso, sabemos que não é verdade. Mas se ainda não foi derrubado, ainda é o campeão e ainda merece ser celebrado.

Para ser uma adversária, ou seja, ser uma declaração científica, Popper argumenta, deve ser falsificável, isto é, deve ser possível que seja falsa. Para dizer que uma hipótese ou teoria é científica, precisamos ser capazes de dizer claramente o que é que podemos observar que tornaria falsa a teoria ou a hipótese. Não estamos dizendo que é falsa, apenas o que a tornaria falsa. Nós temos três noções diferentes que precisam ser mantidas separadas:

- Falso: não é o acontecimento na realidade.
- Falsificável: possível que seja/tenha sido falso.
- Falsificado: provado não ser o que acontece na realidade.

Uma sentença é falsa quando não é verdade para o mundo. Todas as sentenças falsas são falsificáveis. Mas nem todas as sentenças falsificáveis são falsas. "Todos os compêndios degradam quando abandonam a realidade" é verdade, mas é falsificável. Pode ser de outra forma. O que o tornaria assim, um exemplo de um compêndio incompatível com a realidade que não foi abandonado. É falsificável porque podemos dizer o que teríamos que ver para torná-lo falso, mesmo que não o possamos e nunca o vejamos. É falsificável, mas não foi falsificado.

Considere as seguintes sentenças e determine quais são falsificáveis e quais não são. Para aquelas que são falsificáveis, o que as falsificaria?

- 1. Os cães são mamíferos. (Falsificável se os cachorros fossem vistos sem pele, sem parir filhotes e cuidar deles).
- 2. Mamíferos são mamíferos. (Infalsificável).
- **3.** O princípio é um marciano. (Falsificável evidência de propriedades essencialmente humanas e de antepassados nascidos no planeta Terra).
- **4.** Todas as ações humanas são egoístas. (Infalsificável qualquer ação altruísta pode ser explicada em termos de resultados autointeressados, por exemplo, sentimentos internos de satisfação, melhora da reputação, recompensa monetária. Como você sempre consegue algum benefício, a sentença é infalsificável e, por isso, não científica).

Uma vez que você tenha uma afirmação falsificável, torna-se uma questão de investigação científica. Ela precisa ser desafiada. Você olha para todos os exemplos falsificadores, as coisas que a tornariam falsa e você as testaria. Quando passa num teste, não é mais provável de ser verdadeira, o teste não é evidência, apenas corrobora a hipótese. Quando uma hipótese fica cada vez mais corroborada, ela se torna a campeã de seu mundo lógico.

Os verdadeiros campeões, porém, são os que lutaram contra os adversários mais difíceis. Então, também é esse o caso na ciência. Popper argumenta que as melhores teorias científicas, as que devemos realmente comemorar são aquelas que possuem os mais possíveis exemplos de falsificação: as que mais predizem são aquelas que têm o maior risco. A ciência é sobre ousar e buscar teorias maximamente falsificáveis e que são corroboradas ao máximo. (Este é um aspecto interessante da abordagem de Popper que você pode querer discutir com uma turma. A maioria das pessoas pensa que a ciência deve ser muito conservadora e queremos teorias que provavelmente serão verdadeiras. Devemos propor hipóteses que tenham a maior probabilidade inicial de serem verdadeiras e tentar aumentar sua probabilidade através das observações. Popper diz que a ciência deve ser sobre fazer afirmações ousadas que são muito falsificáveis e, portanto, que tenham probabilidades iniciais baixas. Qual deve ser nosso objetivo na ciência, evitar o erro ou ser ousado? Isso conversa bem com o debate sobre ética de crenças na unidade da filosofia da religião).

2. EXPLICAÇÃO CIENTÍFICA

Se Popper estiver certo, a ciência pode nos dizer o que é falso, mas nunca nos dá razão para pensar que entendemos qualquer coisa. Ele resolve os problemas da evidência, mas parece desistir do verdadeiro objetivo e meta da ciência. Mas como podemos salvar a noção de evidência dos problemas que vimos? Parece que tanto os casos do cereal como o do corvo dependem da conexão das sentenças que são irrelevantes para as hipóteses e que são obrigadas a dizer que são evidências. Talvez precisemos de uma nova prova que exija esse tipo de relevância. Mas que tipo de conexão faria isso? Parece que precisa haver uma conexão explicativa. A ingestão de cereais não explica por que Michael Jordan não está grávido, sendo um homem. É por isso que não pensamos que seja evidência. Talvez o conceito de evidência exija explicação.

Mas o que significa explicar? Volte aos exemplos com o carro que não liga. Por que pensamos que a frase "ficou sem gasolina" explica por que o carro não ligou? Porque ela especifica um mecanismo. Isso atribui uma causa para o efeito. Toda explicação é determinada por mecanismos causais?

Considere um livro sem apoio que caiu da mesa. O que explica sua queda? A resposta óbvia é "gravidade", mas o que é gravidade? A força que causa a queda das coisas não funciona porque, então, temos uma circularidade. Talvez apenas precisemos responder ao que é a gravidade. Mas o que é a gravidade além da força que causa a queda das coisas? Quando Newton foi perguntado, ele simplesmente disse: "Não formulo hipóteses", em outras palavras, eu não sei, isso simplesmente funciona desse modo.

Assim, um mecanismo causal não parece ser porque a gravidade, de forma importante, explica a queda do livro. Uma sugestão é que as explicações científicas podem ser diferentes de outros tipos de explicações. Explicações científicas, alguns argumentam, envolvem leis científicas, leis abrangentes. Uma lei cobre uma observação se a observação for um elemento da lei, se fosse verdade. Se "todas as pessoas têm narizes" é uma suposta lei da natureza, e você é uma pessoa, então a lei abrange você. Diz que você tem um nariz. E se alguém pergunta por que você tem um nariz, agora você pode citar essa lei como uma explicação científica.

"Por que Michael Jordan não está grávido?" você pergunta. "Porque ele come cereal", sugiro. Em outras palavras, eu tenho uma lei que diz que todos os comedores de cereais não ficam grávidos. Se essa lei fosse verdadeira, ela abrangeria Michael Jordan e, assim, explicaria seu estado biológico. Mas, embora seja uma possível explicação, é uma explicação ruim porque a lei que uso é comprovadamente falsa. Mostre-me uma pessoa grávida que come cereal e a lei foi falsificada. Explicações que dependem de leis abrangentes precisam que as leis utilizadas nas explicações sejam provavelmente verdadeiras. Uma hipótese provavelmente é verdade quando se tem evidências para apoiá-la, porém, precisávamos da lei para criar uma explicação para o que é evidência em primeiro lugar. Temos outro problema: a circularidade.

Então, o que, afinal, é evidência científica? Aqui temos uma pergunta que os filósofos da ciência continuam a discutir.

DIA 3 - EVIDÊNCIA E EXPLICAÇÃO

Conteúdo:	Método:	
1. Explicação científica e modelos	2. Discussão (15 minutos)	
3. Tipos de modelos	4. Exercício em dupla (10 minutos)	
5. Razão dos modelos	6. Discussão (5 minutos)	
7. Realismo e Instrumentalismo	8. Debate (15 minutos)	

Orientações ao professor

Um dos objetivos e das finalidades da ciência é explicar. Uma das ferramentas que os cientistas usam para explicar os fenômenos é um modelo. Um modelo é uma representação de um sistema usando outra coisa que é estruturalmente similar, mas é mais fácil de trabalhar. Vimos que havia perguntas quando usamos as leis como o mecanismo operacional em explicações científicas porque precisamos saber quando temos boas razões para acreditar que a lei provavelmente é verdadeira. Não temos tanta preocupação com os modelos porque os modelos não são verdadeiros ou falsos, eles são melhores ou piores. Um modelo melhor é aquele que tem uma similaridade mais relevante ao sistema a ser explicado, que é mais útil em uma maior variedade de situações. Mas a ciência não pretende apenas contar histórias sobre como podemos pensar nos sistemas, queremos saber como eles realmente funcionam. Que partes de nossos modelos científicos devemos acreditar realmente existir? Qualquer um? Isto é o que os filósofos chamam de debate realismo/instrumentalismo. Numa teoria científica que seja extremamente bem-sucedida, devemos atribuir realidade a algum de seus elementos?

Objetivos e conceitos-chave

- Os alunos devem ser capazes de explicar o que é um modelo, discutir e distinguir os diferentes tipos de modelos que os cientistas usam.
- Os alunos devem poder articular claramente a diferença entre realismo e instrumentalismo.
- Conceitos-chave: modelo, modelo de escala, modelo analógico, modelo matemático, realismo científico, instrumentalismo.

1. EXPLICAÇÃO CIENTÍFICA E MODELOS

Começamos a pensar em relatos de explicação científica. Um dos registros que consideramos foi a visão da lei de abrangência em que um fenômeno é cientificamente explicado se houver uma suposta lei da natureza que abranja a instância observada. Vimos que havia algumas preocupações referentes a isso.

Um segundo registro da explicação científica se afasta das leis como o mecanismo de explicação e usa, em vez disso, a noção de modelos. Os cientistas usam modelos o tempo todo e, nessa forma de pensar, um fenômeno pode ser explicado cientificamente se tivermos um modelo para ele.

O que é um modelo? Peça à turma para obter exemplos e escreva-os no quadro. Você provavelmente terá: modelos de aviões, modelos de roupas, modelos de computador etc. Pergunte o que os tornam modelos? Qual é a característica essencial de um modelo? Um modelo é uma representação, isto é, algo diferente daquele que está sendo modelado, mas que possui importantes semelhanças estruturais. Um modelo de avião não é um avião (pelo menos não é o modelo modelado, mesmo que possa voar), mas é muito diferente de um modelo de caminhão de bombeiros. Para que algo seja um modelo de avião, precisa ter certas semelhanças, precisa parecer um avião. (O exemplo a seguir foi traduzido do original, em inglês, mas é importante que o professor adapte a exemplificação ao contexto dos alunos). Qual é a diferença entre os vários modelos de aviões que se constrói aos 6 anos de idade, modelo de avião criativo, e aqueles que se constrói aos 14? 35? Os modelos são apenas diferentes ou são melhores que outros? O que torna um modelo melhor ou pior?

Como podemos usar um modelo para explicar? Pense em um modelo de locomotiva. Que tipo de perguntas sobre trens reais você poderia explicar com isso? A que tipo de perguntas sobre a comunidade do *design* você poderia responder com ele? A que tipo de questões econômicas você poderia responder com isso?

2. TIPOS DE MODELOS

Existe uma variedade de tipos de modelos em ciência. Cada um tem diferentes usos e propriedades.

Modelos de escala

Estes são modelos que pretendem representar a estrutura de um sistema, mas são construídos em uma escala diferente da real para torná-lo evidente para seres do nosso tamanho. Às vezes, os modelos são reduzidos – considere os modelos do sistema solar em que o sol é do tamanho de uma bola – ou ampliados – na química orgânica, os alunos representam moléculas complexas com traços e bolas, as bolas de várias cores que representam átomos de diferentes tipos e os traços que representam ligações covalentes mantendo os átomos juntos em uma molécula.

Modelos analógicos

Muitas vezes, os cientistas percebem que o sistema investigado é muito parecido com outro sistema que conhecemos muito. Podemos pensar que a eletricidade flui através de um fio como se fosse água fluindo através de uma mangueira. A pressão da água é a tensão, a taxa de fluxo é a corrente, e colocar o polegar sobre o final é como aumentar a resistência. Essa analogia nos permite visualizar o novo sistema de uma forma mais familiar.

Modelos matemáticos

• Nós pensamos nas equações de uma teoria como sentenças que são verdadeiras ou falsas. Mas poderíamos pensar nelas como modelos. Ao invés de modelos materiais nos quais representamos o sistema investigado por algum outro sistema material – por exemplo, uma mangueira cheia de água ou traços e bolas –, nos modelos matemáticos representamos objetos com termos matemáticos e as relações entre eles com operações matemáticas. Podemos deixá-los como equações ou programá-los para criar modelos de computador nos quais podemos inserir condições para ver como o sistema se desenvolveria. Pense na previsão do tempo. Os meteorologistas usam modelos computacionais complexos para determinar a probabilidade de chuva.

Peça aos alunos para formarem duplas e solicite que categorizem os seguintes modelos:

- 1. Ratos de laboratório no teste de eficácia para uma medicação destinada a humanos.
- 2. O modelo do sistema solar do átomo em que o núcleo é como a estrela e os elétrons são como os planetas em órbita.
- **3.** A lei do gás perfeito PV = nRT, que estabelece a relação entre pressão, volume e temperatura de um gás.
- **4.** Carros e manequins de teste simulam colisão nas paredes para medir a segurança de uma determinada marca de carro.

- 5. Um globo.
- **6.** As equações de Einstein para a relatividade, que conecta a distribuição de massa e energia com a curvatura do espaço.
- **7.** Uma instrução no planetário (observatório), que demonstra o que procurar no céu noturno neste mês.
- **8.** A lei de Galileu, que diz o quão longe e rápido um objeto está caindo se você aponta a altura inicial e a velocidade.
- 9. Os resultados de uma ressonância magnética examinando uma parte do corpo de alguém.

Como podemos usar um modelo para explicar? Pense em um modelo de locomotiva. Que tipo de perguntas sobre trens reais você poderia explicar com isso? A que tipo de perguntas sobre a comunidade do *design* você poderia responder com ele? A que tipo de questões econômicas você poderia responder com isso?

3. TIPOS DE MODELOS

Existe uma variedade de tipos de modelos em ciência. Cada um tem diferentes usos e propriedades.

Modelos de escala

Estes são modelos que pretendem representar a estrutura de um sistema, mas são construídos em uma escala diferente da real para torná-lo evidente para seres do nosso tamanho. Às vezes, os modelos são reduzidos – considere os modelos do sistema solar em que o sol é do tamanho de uma bola – ou ampliados – na química orgânica, os alunos representam moléculas complexas com traços e bolas, as bolas de várias cores que representam átomos de diferentes tipos e os traços que representam ligações covalentes mantendo os átomos juntos em uma molécula.

Modelos analógicos

Muitas vezes, os cientistas percebem que o sistema investigado é muito parecido com outro sistema que conhecemos muito. Podemos pensar que a eletricidade flui através de um fio como se fosse água fluindo através de uma mangueira. A pressão da água é a tensão, a taxa de fluxo é a corrente, e colocar o polegar sobre o final é como aumentar a resistência. Essa analogia nos permite visualizar o novo sistema de uma forma mais familiar.

Modelos matemáticos

• Nós pensamos nas equações de uma teoria como sentenças que são verdadeiras ou falsas. Mas poderíamos pensar nelas como modelos. Ao invés de modelos materiais nos quais representamos o sistema investigado por algum outro sistema material – por exemplo, uma mangueira cheia de água ou traços e bolas –, nos modelos matemáticos representamos objetos com termos matemáticos e as relações entre eles com operações matemáticas. Podemos deixá-los como equações ou programá-los para criar modelos de computador nos quais podemos inserir condições para ver como o sistema se desenvolveria. Pense na previsão do tempo. Os meteorologistas usam modelos computacionais complexos para determinar a probabilidade de chuva.

Peça aos alunos para formarem duplas e solicite que categorizem os seguintes modelos:

- Ratos de laboratório no teste de eficácia para uma medicação destinada a humanos.
- 2. O modelo do sistema solar do átomo em que o núcleo é como a estrela e os elétrons são como os planetas em órbita.
- **3.** A lei do gás perfeito PV = nRT, que estabelece a relação entre pressão, volume e temperatura de um gás.
- 4. Carros e maneguins de teste simulam colisão nas paredes para medir a segurança de uma

determinada marca de carro.

- **5.** Um globo.
- **6.** As equações de Einstein para a relatividade, que conecta a distribuição de massa e energia com a curvatura do espaço.
- 7. Uma instrução no planetário (observatório), que demonstra o que procurar no céu noturno neste mês.
- **8.** A lei de Galileu, que diz o quão longe e rápido um objeto está caindo se você aponta a altura inicial e a velocidade.
- 9. Os resultados de uma ressonância magnética examinando uma parte do corpo de alguém.
- 10. O modelo arquitetônico de um prédio.

4. RAZÃO DOS MODELOS

Os modelos são úteis, mas como fazemos ciência com eles? A resposta é que nós traduzimos de uma linguagem para outra. Começamos com um sistema que queremos entender. Encontramos o que acreditamos ser um modelo apropriado. Em seguida, traduzimos o mundo real para o modelo a fim de descobrir quais elementos do sistema real se conectam a quais elementos no sistema modelo. Agora podemos levantar perguntas sobre o modelo que respondemos no idioma do modelo. Depois, traduzimos essa conversa do idioma do modelo para discutir com o sistema real e temos uma previsão de que podemos entrar no laboratório ou no campo e testar. Se esse processo nos traz mais e mais previsões bem-sucedidas, aceitamos o modelo. Mas se as previsões que o modelo oferece não são confirmadas por nossas observações, dizemos que o modelo é falho e se procura um modelo melhor.

Considere os dez modelos no exercício acima. Como eles podem ter sucesso como modelos e como eles podem falhar? Que previsões testáveis podemos fazer com eles?

5. REALISMO E INSTRUMENTALISMO

Quando avaliamos um modelo, não podemos dizer que seja verdadeiro ou falso, mas que é uma representação melhor ou pior do sistema que está sendo modelado. Utilizamos a previsibilidade do modelo como medida disso. Mas, por não podermos dizer que os modelos são verdadeiros ou falsos, ficamos com um problema. Quando olhamos para a ciência para explicar como ocorre um fenômeno, não queremos apenas uma imagem bonita, queremos saber como as coisas realmente são e como as coisas realmente funcionam. Então a questão é: se pensarmos teorias como conjuntos de modelos, quais partes dos modelos devemos considerar reais? Qualquer uma delas?

O realismo científico é a visão de que nossas melhores teorias científicas representam a forma como o universo realmente é. As teorias científicas não apenas fazem afirmações sobre o modo como as coisas funcionam, mas também declaram o que é ou não real. As coisas mencionadas na teoria devem referir-se a partes reais do próprio mundo.

As teorias científicas são geralmente modelos matemáticos compostos por três tipos de termos. Um tipo de termo é o de quantidades observáveis, coisas como distâncias que podemos medir. O outro tipo são os termos matemáticos, partes do idioma das equações que precisamos por razões gramaticais; considere o sinal de igualdade (=). Ninguém pensa que é para apontar para qualquer coisa no mundo, é apenas parte do que precisamos para ser capazes de fazer matemática. O terceiro tipo é o que chamamos de termos teóricos. Estes são termos que não são mensuráveis diretamente, mas podem ser calculados.

Considere a lei da gravitação universal de Newton:

Os m são as massas de dois objetos e o r é a distância entre eles. Estas são quantidades mensuráveis e todos concordam que são reais. Existem coisas que têm massa e que estão no espaço, o qual as separa entre si. Nada é estranho ou controverso aqui.

Então temos o sinal negativo. Isso mostra que a gravidade é uma força atrativa, ou seja, que a atração dos objetos é "um para o outro", não se distanciando um do outro. O chamado vetor unitário é apenas uma indicação de que a direção da força está ao longo da linha que liga as duas massas. Assim como o sinal de igualdade, não é uma quantidade, nem pretende ser, apenas nos ajuda a ver a direção em que a atração age. Então temos o sinal de igual, que novamente é apenas mais uma gramática matemática. G é apenas uma constante, um número destinado a fazer as unidades funcionarem corretamente. Nada disso é destinado a reconhecer coisas no universo, mas são ferramentas para nos ajudar a dizer coisas sobre o universo.

Assim, temos a , a força gravitacional. Ela não é algo que pode ser medido. Podemos medir a aceleração de um objeto que cai. Podemos medir a distância de uma mola a partir da qual uma coisa está suspensa. Podemos medir o peso. Mas não podemos medir a própria força. É real? A própria força é uma coisa ou é apenas uma parte da teoria utilizada para inferir previsões? Quem é mais confiável, as quantidades mensuráveis como a massa ou a maquinaria matemática, como o sinal de igualdade?

Os realistas científicos argumentam que termos teóricos como a força se referem a algo real. Se uma teoria usa esses termos para fazer previsões e com o passar do tempo as previsões se tornam corretas, então certamente deve haver algo nelas. Parece um milagre que a teoria simplesmente faça previsões perfeitas todas as vezes com termos fictícios em papéis centrais na teoria. O sucesso da teoria é um indicativo de que ela pintou uma imagem precisa. As partes do modelo que não são diretamente observáveis ainda devem corresponder a partes do sistema que estão sendo modeladas.

Os instrumentalistas científicos, por outro lado, argumentam que esses termos são mais como termos matemáticos. Eles são elementos, engrenagens na máquina teórica que a ajudam a funcionar, mas não pretendem ser pensados como realmente reais. Um instrumentalista poderia examinar a força gravitacional na lei universal de gravitação de Newton e dizer que tudo isso significa que podemos usá-la em outras equações para inferir relações entre termos observáveis que são testados. Considere, por exemplo, a segunda lei do movimento de Newton,

De acordo com a qual qualquer força implicada em um objeto faz com que o objeto acelere proporcionalmente à sua massa. Se o objeto for uma caneta perto da Terra, então poderemos usar essas duas leis para calcular o que Newton prevê que a aceleração da caneta seria se a deixasse cair:

Dividindo a massa da caneta, m_1 , obtemos

A equação obtida é uma relação que envolve exclusivamente termos observáveis e matemáticos. Nós sempre podemos eliminar os termos teóricos através do cálculo. Na verdade, é o que fazemos para criar as previsões da teoria. Como tal, argumentam os instrumentistas, os termos teóricos não são necessários, são apenas um auxílio. Eles não fazem parte do mundo, apenas parte do modelo que usamos para descrevê-lo. Quando os estudantes de química usam as bolas e os traços para construir modelos de moléculas, as diferentes bolas que representam átomos diferentes são coloridas. Mas isso é apenas para tornar mais fácil reconhecer qual bola é supostamente o elemento. Ninguém está dizendo que os átomos de hidrogênio são realmente brancos e os átomos de hélio são realmente vermelhos. Não faz parte do modelo que se destina a ser representativo, apenas útil ao modelador. Do mesmo modo, afirmam os instrumentistas, as noções teóricas como as forças não são reais, apenas ficções úteis.

Considere os próprios átomos. Pergunte aos alunos se eles acreditam que os átomos são reais. Peça-lhes para considerar o por quê. Divida os estudantes aleatoriamente em dois grupos. Atribua a um à visão realista e a outro a visão instrumentista. Peça a cada grupo para selecionar um porta-voz e apresentar o argumento mais forte para o lado do debate atômico. Peça a cada porta-voz o melhor argumento do seu lado, e abra-o para obter respostas. Após o debate, pergunte se alguém mudou seu pensamento? Pergunte aos que acreditam que existem átomos em que fundamentos eles acham que seu realismo é justificado?

DIA 4 – DETERMINISMO, CIÊNCIA E CIENTIFICISMO

Conteúdo:	Método:	
 O princípio da Razão Suficiente e Cientificismo. 	1. Leitura (10 minutos)	
2. Teoria do Caos	2. Leitura (5 minutos)	
3. Teoria Quântica e Variáveis Ocultas	3. Leitura (20 minutos)	
4. Determinismo Genético e Mental	4. Discussão (15 minutos)	

Orientações ao professor

A realidade dos termos teóricos é uma questão metafísica levantada pela ciência, outra é a questão do determinismo. Se pudermos desenvolver leis científicas que governem o funcionamento do universo, isso significa que o universo funciona de maneira constante? O futuro é determinado pelas leis da ciência e pelo atual estado do universo? O futuro está descoberto? As coisas podem ser diferentes do que serão? É apenas pela nossa falta de conhecimento de como as coisas são feitas que elas parecem indeterminadas para nós? Existe uma diferença entre sistemas físicos como caixas de bolas de ping pong e seres humanos? Estamos biologicamente determinados? Precisamos ser a pessoa que nossos genes nos dizem que devemos ser? Nosso cérebro é apenas um objeto material sujeito às leis da física e, portanto, completamente determinado?

Objetivos e conceitos-chave

- Os alunos devem ser capazes de explicar o princípio da razão suficiente, a crença central do cientificismo e a forma como a ciência e o cientificismo diferem.
- Os alunos devem ser capazes de explicar por que a teoria do caos não envolve aleatoriedade, a mecânica quântica pode, e por que alguns pensam que não.
- Os alunos devem poder expressar argumentos bem fundamentados sobre o determinismo biológico.
- Conceitos-chave: princípio de razão suficiente, cientificismo, teoria do caos, equação estatal, superposição, variáveis ocultas, determinismo biológico.

1. PRINCÍPIO DA RAZÃO SUFICIENTE E CIENTIFICISMO

Gottfried Leibniz postulou o que ele chamou de "Princípio da Razão Suficiente", isto é, "nada acontece sem uma razão." Cada evento tem uma explicação. Nós vemos sombras disso mais cedo na história filosófica. Tomás de Aquino, por exemplo, em suas provas para a existência de Deus afirma que todo efeito tem uma causa. Se pensarmos que a causa é a razão da coisa e que, citando a causa, estamos explicando o surgimento do efeito, então diríamos que, pelo princípio de uma razão suficiente, tudo pode ser explicado.

Se alguém quiser defender o princípio de uma razão suficiente, então também deve ser capaz de dizer claramente o que faz uma razão suficiente. Para Leibniz, como ele argumentou em um longo debate com Isaac Newton, algumas razões suficientes são o tipo de coisa a que nossos sistemas científicos podem nos levar, mas outras razões suficientes são sobrenaturais. A vontade de Deus, por exemplo, pode ser razão suficiente.

O sucesso da ciência na contabilização de mais e mais conceitos abstratos e na previsão de fenômenos cada vez mais abrangentes – alguns dos quais nunca teríamos sonhado em procurar sem as teorias que os predisseram – levaram alguns pensadores a acreditar que razões suficientes só podem ser razões naturalistas, ou seja, o tipo de razões que obtemos da ciência. A crença de que a ciência é a única fonte de crença razoável sobre o universo e que o universo é completamente descritível em termos unicamente científicos é a visão chamada "cientificismo".

Do século XVII ao XIX, os adeptos do cientificismo muitas vezes realizavam uma visão metafísica chamada determinismo. O determinismo é a visão de que o futuro é predeterminado, que tudo no universo acontece como deve acontecer. O futuro não pode ser diferente do que será, assim como o passado não poderia ter sido, somente como foi.

Certamente, alguns fenômenos são deterministas. Se você pegar um novo baralho de cartas e simplesmente dar uma mão de pôquer para dois jogadores, o primeiro jogador sempre vencerá com um *flush* de espadas terminado por ás e o segundo jogador sempre perderá com um *flush* de espadas terminado por rei. As cartas saem da caixa na ordem, começando com o ás de espadas em baixo e, como consequência, os resultados da mão de pôquer não são incertos. Mas agora suponha que embaralhamos as cartas uma vez e, em seguida, distribuímos a mão para os dois jogadores. O resultado dessa mão está predeterminado? Suponha que conheçamos todos os detalhes do embaralhamento, por exemplo, quantas cartas em cada mão, quanta pressão de cada uma, quão rígidas são as cartas. É aleatório ou determinado? Podemos fazer algo para que o jogo não seja determinado?

Para um pensador determinista cientificista, existem leis da ciência que determinam completamente a ordem das cartas, uma vez que conhecemos todas as variáveis, e assim estará completamente determinado quem receberá a mão vencedora. Além disso, tudo no universo é como aquele baralho de cartas. Se ao menos soubéssemos as leis, poderíamos determinar completamente todo o futuro.

Teoria do caos

Podemos nos perguntar se o novo campo da teoria do caos introduziria aleatoriedade no universo de uma maneira científica. A resposta é não. Ao contrário do nome, o caos não significa aleatoriedade. Existem equações deterministas que regem os sistemas caóticos; são equações muito sensíveis às condições iniciais, ou seja, uma pequena alteração em uma variável resulta em uma grande mudança no sistema.

Considere alguém que dirige à escola, zona cheia de crianças pequenas. Se você sair para a escola com bastante antecedência, passa por todas as paradas de ônibus antes de o ônibus chegar lá. Como resultado, você chega à escola em, digamos, dez minutos. Mas se você saiu mais tarde, você acabará atrás do ônibus por algumas paradas, enquanto aguarda as crianças embarcarem, sentarem e o ônibus arrancar novamente. A viagem levará mais de dez minutos agora, pois você precisa esperar. E, se você sair tão tarde que o ônibus já chegou à escola para deixar as crianças, então a viagem será de dez minutos novamente.

Inicialmente, temos um sistema não caótico. Se você sair meia hora antes do ônibus, então, saindo dez segundos depois te fará chegar à escola dez segundos depois. Mas se você estiver atrasado cerca de dez segundos ao invés de estar na frente do ônibus, então temos um sistema caótico. A hora que você sai determina completamente se a viagem terá dez ou quinze minutos, mas a grande diferença entre os tempos de viagem é resultado de uma pequena diferença nos tempos de saída.

Teoria quântica

Um lugar onde a aleatoriedade parece influenciar na ciência é na mecânica quântica. A mecânica quântica é uma teoria que se desenvolveu a partir do estudo do átomo. Todas as teorias físicas começam com o que chamamos de "variáveis de estado". Estas são quantidades cujos valores descrevem o estado de algum sistema. Se eu quisesse entender o comportamento de uma caixa de bolas de ping pong, eu precisaria conhecer suas massas, posições e velocidades

em um determinado momento. O que diferencia essas propriedades de outras propriedades, por exemplo, a cor das bolas, o dia da semana ou o nome de solteira da mãe da pessoa que observa, é que elas aparecem no que os cientistas chamam de "equações de estado", as regras matemáticas que governam como as bolas de ping pong se movem dentro da caixa.

Na mecânica quântica, a equação de estado é chamada de equação de Schrödinger, em homenagem ao físico austríaco Erwin Schrödinger. Tem uma variável de estado representada pela letra grega psi, ψ, e geralmente é referida como a "função de onda" porque a equação de Schrödinger tem a forma da equação que governa o comportamento de todos os tipos de ondas. Mas o que é a medida ψ e o que está fazendo à ondulação? Não há uma boa resposta para qualquer uma dessas perguntas, então Einstein levou a chamar a "função psi", recusando-se a atribuir o nome de "onda" a algo que não merecia.

O que é estranho sobre a mecânica quântica é que ψ não é uma única quantidade mensurável. Deve ser fixada nos termos de outras coisas mensuráveis, por exemplo, posição ou impulso. O que é mais estranho ainda é que não é um valor único para essa quantidade observável, mas uma combinação matemática de todo valor possível dessa quantidade observável multiplicada por um coeficiente, um número entre zero e um. Em outras palavras, se nós medimos ψ para algum objeto em termos de posição, então ψ é uma combinação de todas as posições possíveis que o objeto poderia ocupar (sim, poderia ser uma lista infinita) com uma fração entre zero e um ligada a ela. A equação de Schrödinger descreve como essa combinação matemática evolui ao longo do tempo e é determinista. Se você me fornece a combinação de coeficientes e valores para ψ a qualquer momento e uma descrição da situação física (ou seja, a energia potencial com a qual a partícula interage), posso determinar de forma completa e exclusiva os coeficientes e valores para ψ em qualquer tempo, ligando-o à equação de Schrödinger.

O problema é que nunca observamos algo nesse estado combinado, que os físicos chamam de estado "superposto". Nós sempre achamos que ele tem exatamente um valor de, digamos, a localização. Se estamos falando sobre o envio de um fóton de luz em duas fendas, uma à esquerda e uma à direita, quando não olhamos para ver qual fenda o fóton passa, a equação de Schrödinger diz que está em uma combinação de esquerda e direita. Acontece que, por causa do padrão alternativo de bandas claras e escuras que podem ser vistas em uma tela colocada do outro lado das fendas, sabemos que, de fato, ele precisava estar nesse estado de combinação que passasse por ambas as fendas esquerda e direita simultaneamente. Isso ocorre porque a única maneira que esse padrão é gerado é ter mais de uma onda interferindo entre si e, uma vez que existem duas fendas, cada uma deve ser a origem de uma onda de luz.

Mas quando olhamos para ver qual fenda um fóton passa, digamos, colocando um fotodetector no sistema, nunca estará no estado superposto. O fóton sempre atravessará à esquerda
ou à direita e o perímetro revelado desaparecerá da projeção, substituído por uma série de
flashes aleatórios – o que seria de se esperar se cada fenda enviasse partículas como uma
espingarda se os projéteis saíssem um a um. A equação de Schrödinger assegura com absoluta segurança até o momento em que olhamos para algo, em que ponto o sistema abandona
inexplicavelmente sua combinação superposta e colapsa instantaneamente em um dos valores
observáveis. Então, a equação de Schrödinger é uma lei da natureza que só se aplica ao universo quando não estamos olhando para isso. Isso não está bem com os princípios das crenças
cósmicas de Einstein.

Mas piora, porque quando o sistema colapsa em um único valor observável a partir de sua combinação de valores superpostos, não temos absolutamente nenhuma maneira de saber qual deles será. Aqui está a aleatoriedade. Temos um evento inteiramente imprevisível, aparentemente governado por uma regra absolutamente não determinista. Isto não quer dizer que não há apostas melhores e piores. Os coeficientes entre zero e um que são ligados aos valores na combinação acabam por nos dar a probabilidade de encontrá-lo com esse valor observável. Se pensarmos em nosso fóton e as duas fendas, podemos ajustá-lo para que os coeficientes prevejam que metade do tempo passará pela fenda esquerda e metade do tempo pela da fenda direita, mas em qualquer observação dada, não há absolutamente nenhuma maneira de saber o que será. Esta é a probabilidade irredutível na mecânica quântica.

Esta afirmação de probabilidade irredutível incomoda algumas pessoas, talvez ninguém estivesse mais incomodado (pelo menos mais notoriamente incomodado) que Albert Einstein.

A teoria da relatividade de Einstein obrigou revisões substanciais nas noções básicas da física, mas algo que continuou da mesma forma foi que as equações que Einstein postulava eram deterministas. Conecte um conjunto de valores para as variáveis de estado e as equações de estado determinam completamente como elas mudam ao longo do tempo. Isso não foi acidental. Einstein acreditava que o universo funcionava assim e que a ciência bem-sucedida tinha que refletir isso.

Como tal, a mecânica quântica não foi bem-sucedida de acordo com Einstein. Bom, foi bem-sucedida até onde foi, mas não foi longe o suficiente. Esses elementos aleatórios desapareceriam, afirmou Einstein, uma vez que tínhamos uma teoria quântica completa. Havia variáveis de estado adicionais que não sabíamos medir. Especificando tais variáveis ocultas, afirmou, criaríamos uma nova e melhorada teoria da mecânica quântica que seria completamente determinista.

Então, Einstein está certo? O mundo físico deve se comportar deterministicamente? Pode haver aleatoriedade na física? Qualquer aleatoriedade é o resultado de nossa falta de conhecimento – como tirar na moeda (cara ou coroa) ou jogar pôquer com cartas embaralhadas – ou o próprio mundo é aleatório do seu jeito?

2. DETERMINISMO BIOLÓGICO

O caso muda se mudarmos de física para biologia? Há dois lugares na biologia em que vemos o determinismo levantar a cabeça – determinismo genético e determinismo psicológico.

Sabemos que muitas coisas sobre nós estão determinadas por nossos genes. Pais altos tendem a ter filhos altos. Você não terá olhos azuis, a menos que o gene recessivo seja transmitido pelos dois lados da sua família. Certas doenças têm componentes genéticos ou mesmo causas genéticas diretas. Mas e as nossas personalidades? O quanto de quem somos é determinado pelos nossos genes? Algumas pessoas são geneticamente predispostas a ter temperamentos rudes? Em caso afirmativo, essas pessoas são mais propensas a serem violentas? Teriam maior probabilidade de cometer crimes? Algumas pessoas são geneticamente predispostas a serem gentis e pacientes? Nós escolhemos estar raivosos ou empáticos quando outros estão sofrendo perto de nós? Algumas pessoas são naturalmente mais carinhosas?

Se existe um componente genético, como nós somos responsáveis? Se alguém está predisposto ao alcoolismo, podemos considerar a doença como resultado de uma escolha livre no caso de essa pessoa se tornar viciada? Quanto de quem somos é predeterminado por nossa maquiagem genética, algo completamente fora do nosso controle?

Mas podemos prosseguir com a questão do determinismo um passo adiante. O que pensamos é resultado dos estados do nosso cérebro. Mas o cérebro é um objeto físico sujeito às leis da química e da física. Mudar a química cerebral com medicação muda o que o cérebro pensa. Mude o cérebro de alguém estimulando-o com um impulso elétrico no lugar certo e conseguirá causar a sensação de sentir o cheiro de bolachas com pedaços de chocolate recém-tiradas do forno sem que elas existam. Então, se a física e a química nos dão teorias que são deterministas – determinadas entradas determinam completamente as saídas – isso significa que nossos cérebros e, portanto, nossas mentes, estão completamente determinados também? Em caso afirmativo, isso significa que somos apenas robôs programados que pensam ter livre arbítrio? A vontade livre significa que há algo não físico na mente, que o cérebro não é apenas a mente, mas que existe algo como uma alma que não está atrelado pelas leis da física? Se você deseja adotar a visão do cientificismo, você é forçado a negar que temos livre arbítrio? Os dois podem ser conciliados? Em caso afirmativo, como?

Prática/dever de casa

Prepare os debates (veja a próxima lição).

DIA 5 – ÉTICA E CIÊNCIA

Conteúdo:	Método:
1. Ética da Ciência	1. Debates (50 minutos)

Orientações ao professor

A ciência não é apenas uma busca abstrata de conhecimento conceitual. A ciência e a consequente tecnologia que ajuda a criar têm ramificações extremamente importantes para a forma como os seres humanos vivem. A ciência nos dá ferramentas, mas cabe a nós decidir como usá-las. As questões éticas que resultam da ciência contemporânea devem ser cuidadosamente consideradas para criar um mundo no qual os seres humanos possam florescer.

Objetivos e conceitos-chave

- Os alunos devem ser capazes de enquadrar argumentos em ambos os lados de um problema e expressar um argumento de forma clara e convincente.
- Conceitos-chave: genoma, neurofarmacologia cosmética, ciência pública, modificação genética.

1. ÉTICA DA CIÊNCIA

Divida a turma em dez grupos, designando aleatoriamente a cada grupo argumentar a favor ou contra as questões a serem debatidas. Cada grupo tem cinco tarefas para realizar em dez minutos: (1) selecionar alguém para fazer o discurso de abertura, (2) selecionar alguém para contraditar, (3) elaborar o argumento mais forte a favor de sua posição, (4) trabalhar o argumento mais forte contra a sua posição, e (5) elaborar uma resposta a esta posição. Seria vantajoso escolher os grupos antes da aula de hoje para dar-lhes a chance de fazer alguma pesquisa.

Volte a juntar a turma e começar os debates. Os discursos de abertura não podem durar mais de 90 segundos e as contradições não mais de 60. Após a refutação final, os membros da turma que não participaram desse debate votarão em duas questões: primeira, quem ganhou o debate, ou seja, em qual equipe o argumento foi mais persuasivo, quem fez um argumento convincente; e segunda questão: independente do seu primeiro voto, qual pensamento fornece a resposta correta para essa questão. Certifique-se de que os alunos compreendam que essas duas questões não estão conectadas. Você pode premiar uma equipe que argumentou contra sua visão preferida, se acreditasse que eles fizeram um trabalho melhor.

Questão 1 – As empresas privadas deveriam ser capazes de patentear genes?

Agora podemos decodificar o genoma dos organismos, em outras palavras, compreender o mapa do código genético para entender quais genes estão associados a quais funções, quais são marcadores para certas doenças e quais os que mantêm o segredo para tratamentos para várias doenças. A informação contida em nossos genes é extremamente poderosa e, se totalmente desenvolvida, poderia ajudar muitas pessoas que poderiam ficar muito doentes ou morrerem desnecessariamente.

Tais curas seriam extremamente lucrativas para as empresas de biotecnologia que as desenvolveriam. Conhecer uma porção do genoma humano em detalhes é o passo-chave no desenvolvimento de terapias genéticas que poderiam ajudar a libertar a humanidade de doenças horríveis que estão conosco há milênios. Mas as empresas são mais propensas a realizar pesquisas se tiverem garantidos direitos exclusivos para a pesquisa. Se eles tiverem que competir contra outros pesquisadores, então, eles podem perder a corrida e todo o tempo e o dinheiro investido equivaleria a nada.

Assim, as empresas de biotecnologia argumentam que qualquer coisa que descubram sobre o genoma humano – a sequência de genes em todas as pessoas – deve ser algo que possam patentear, algo que elas possam manter em segredo e ninguém mais possa usar. O conhecimento científico sobre seus genes deveria se tornar sua propriedade privada apenas para seu uso. É somente assim que o maior uso da informação será feito, dizem elas.

As empresas privadas deveriam ter permissão para patentear informações sobre genes humanos?

Questão 2 - Neuropsicofarmacologia cosmética

Nós desenvolvemos drogas que afetam o cérebro de maneiras incríveis. Sabemos que o equilíbrio de substâncias químicas chamadas neurotransmissores pode causar ou aliviar problemas como a depressão clínica. Esses medicamentos têm a capacidade de mudar radicalmente como uma pessoa com uma doença psicológica pode viver sua vida.

Mas eles também podem afetar as maneiras pelas quais uma pessoa sem doença psicológica pode viver sua vida. O psiquiatra Peter Kramer fala de uma paciente dele que não estava deprimida, não tinha nenhuma doença mental, era simplesmente uma pessoa tímida. Essa era apenas a personalidade dela. Mas quando ela tomou a medicação Prozac, sua personalidade mudou. Ela tornou-se mais extrovertida, mais agressiva, mais disposta a falar e procurar o centro das atenções. Ela tinha um emprego em uma empresa de vendas e essa nova personalidade lhe permitiu fazer um trabalho melhor, vender mais, pois parecia melhor do que outras pessoas no escritório e, consequentemente, conseguir uma promoção. Isso a ajudou a conseguir encontros e se divertir mais neles. Mas isso ocorreu porque ela estava tomando uma medicação para um problema que ela não tinha.

Devemos ter a possibilidade de usar medicamentos que alterem a química do nosso cérebro apenas porque gostamos dos resultados? Os medicamentos devem ser utilizados apenas para curar doenças?

Questão 3 - Ciência pública

Quando o sociólogo Peter Burawoy se tornou presidente da Associação Americana de Sociologia, ele fez um discurso no qual defendeu o que chamou de "sociologia pública", ou seja, os sociólogos não devem apenas fazer ciência por causa da ciência, mas devem orientar sua ciência para fins políticos, para tornar o mundo melhor para as pessoas como considerarem conveniente. Os cientistas, argumenta Burawoy, têm uma responsabilidade moral, uma vez que veem uma injustiça ou um problema iminente para tentar consertar, usando sua ciência e sua posição como cientista para influenciar mudanças positivas.

Outros afirmam que essa postura compromete a ciência. A ciência deve ser objetiva e, se os cientistas estão inseridos pessoalmente nos debates sobre tudo, desde o aquecimento global até a pobreza global, então, a ciência deixa de ser ciência, tornam-se uma advocacia. O poder da ciência está em sua capacidade de conceder relatos imparciais e factuais de como as coisas são e não de como deveriam ser. Se você tiver uma imagem de como eles deveriam estar, isso poderia colorir as lentes pelas quais você faz sua análise científica.

Mas se alguém vê como as coisas são e não são como deveriam ser, não deveria fazer algo a respeito? Isso prejudica sua capacidade de ser um bom cientista?

Questão 4 – Homens em Marte?

A NASA vem contemplando uma missão para construir um observatório espacial em Marte por décadas. O voo espacial tripulado é extremamente caro, e algo como uma missão de Marte programada para estabelecer uma estação habitável em outro planeta exigiria recursos tremendos que quase monopolizariam os recursos da NASA. Quando fomos para a lua na década de 1960, esse acontecimento capturou a imaginação de uma geração inteira de jovens que continuaram a aspirar carreiras na ciência, engenharia e campos tecnológicos de todos os tipos. Os problemas técnicos de levar as pessoas através do espaço foram resolvidos através do desenvolvimento de tecnologias que encontraram usos inesperados e benéficos na Terra.

Mas empreender tal missão criaria oportunidades para muitas outras ciências. O voo espacial não tripulado não é apenas mais barato, mas considerando a grande quantidade de instrumentos a ser alavancados, que retornam muito mais informações do que as pessoas jamais conseguiriam. O voo espacial tripulado ganha as manchetes, mas o mais rotineiro voo espacial não tripulado permite aos cientistas publicar mais artigos científicos com ciência de ponta.

O que é melhor para a ciência, a muito mais cara, mas exibicionista missão a Marte ou gastar os recursos fazendo muitas outras pesquisas que ninguém provavelmente ouvirá falar?

Questão 5 - É melhor viver através do conhecimento da química?

As lojas precisam apenas dizer aos consumidores que os alimentos que comem foram alterados biologicamente ou quimicamente se houver evidências significativas de que isso representa um risco para a saúde. As maçãs ou o milho que você compra no supermercado podem ou não ser geneticamente modificados. Você nunca saberia disso porque eles não precisam e não querem dizer isso a você. O termo "geneticamente modificado" preocupa algumas pessoas e as lojas temem que isso afugentará seus clientes que disseram em pesquisas preferir ter variedades naturais de frutas e vegetais. Mas eles também preferem aqueles que se parecem mais redondos ou simétricos, mais brilhantemente coloridos e mais firmes. Estas são propriedades que a modificação genética pode produzir.

Algumas pessoas se preocupam com que os testes em alimentos geneticamente modificados não tenham sido suficientes e que a exposição a longo prazo terá consequências negativas para a saúde humana. Outros se preocupam com o fato de que as plantas geneticamente modificadas escapam dos campos dos agricultores e afetam o ambiente mais amplo em que essas plantas não são parte natural, infiltrando-se como espécies invasoras. Outros simplesmente pensam que os consumidores merecem informações completas sobre o que estão comprando.

Então, as lojas devem dizer aos consumidores se seus alimentos são geneticamente modificados se não houver evidência científica de que seja prejudicial para sua saúde?