

Considerations about the colors of the rainbow and the symbolism of the number seven in the works of Isaac Newton

Considerações sobre as cores do arco-íris e o simbolismo do número sete nos trabalhos de Isaac Newton

Janaina da Silva Seraphim¹, Isabel Cafezeiro²

¹ Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

² Universidade Federal Fluminense

janaina.seraphim@ufrj.br, isabelcafezeiro@gmail.com

***Abstract.** The present work aims to investigate the proposal of seven colors for the rainbow in the works of Isaac Newton as well as its motivations, both experimental and cultural, for this accomplishment. It will be seen that the suggestion of seven colors has influence of facts that can be considered extra scientific, often erased from the history of science and when cited are aimed at distinguishing the archaic and symbolic past from the modern and scientific present.*

***Keywords.** Rainbow. Spectrum. Isaac Newton. Seven colors. Symbolism*

Resumo. O presente trabalho tem como objetivo investigar a proposta de sete cores para o arco-íris nos trabalhos de Isaac Newton bem como as suas motivações, tanto experimentais quanto culturais, para tal feito. Ver-se-á que a sugestão de sete cores possui influência de fatos que podem ser considerados extra científicos, frequentemente apagados da história da ciência e quando citados são com o objetivo de distinguir o passado arcaico e simbólico do presente moderno e científico.

Palavras-chave. Arco-íris. Espectro. Isaac Newton. Sete Cores. Simbolismo.

Recebido: 25/04/2022 Aceito: 04/07/2022 Publicado: 05/07/2022

DOI:10.51919/revista_sh.v1i0.357

1. Introdução

Pode-se dizer que o arco-íris faz parte da cultura humana. Quem não sabe que o arco-íris tem sete cores? Encontram-se representações dele por todos os lugares, desde em livros infantis, bandeira de movimento e em produtos comerciais. Há unanimidade quanto as cores utilizadas para representá-lo, talvez você tenha até aprendido a recitá-las na escola.

É sabido desde a antiguidade que a luz proveniente do Sol se apresentava em uma distribuição de cores semelhantes à de um arco-íris ao passar por um prisma, mas foi no século XVII que o fenômeno recebeu uma explicação que perdura até os dias atuais. O fenômeno de decomposição da luz por um prisma foi estudado por Isaac Newton (1643–1727), que também analisou a recomposição da luz ao passar por um segundo prisma. A palavra *spectrum* [espectro] foi utilizada pela primeira vez para se referir ao conjunto das cores obtidas com o prisma (SILVA e MARTINS, 1996), que varia do vermelho, situado em uma das extremidades, ao violeta, situado na outra extremidade – o que é conhecido como o espectro visível atualmente.

Newton também foi o responsável por sugerir e nomear as sete cores do arco-íris que permeiam a mídia, o ensino básico e as diferentes formas de expressão – apesar de a ciência moderna já ter indicado que o arco-íris apresenta uma infinidade contínua de cores definidas por comprimentos de onda precisos, isto é, há uma série contínua de comprimentos de onda no arco-íris e, portanto, seria, do ponto de vista da ciência moderna, incoerente distinguir e representar o arco-íris por apenas sete cores. Quais as motivações e os passos científicos que levaram Newton ao estabelecimento de sete cores? E em especial *aquelas sete cores*?

2. Newton e a decomposição da luz

O fenômeno de refração da luz, observado em um arco-íris, por exemplo, foi explicado por Newton em meados do século XVII. Em seu primeiro artigo publicado em 1672 nas *Philosophical Transactions of the Royal Society*. No artigo, Newton observa as cores produzidas após a passagem da luz por um prisma retangular. Ele não foi o primeiro a realizar tal experimento e tinha consciência disso, nomes como René Descartes (1596-1650), Robert Boyle (1627-1691), Francesco Maria Grimaldi (1618-1663) e Robert Hooke (1635-1703) já haviam discutido sobre a formação do espectro colorido após a passagem da luz por um prisma (SILVA e MARTINS, 1996). O fato que remete à relevância das observações levantadas por Newton é que, os trabalhos anteriores possuíam um caráter apenas qualitativo a respeito do fenômeno, a nova explicação apresentada em 1672 oferece o aprofundamento matemático “que faltava”.

A “surpresa” que fora observada no experimento e que motivara os estudos, é apresentada em tradução de Cibelle Silva e Roberto Martins (1996):

Tendo escurecido meu quarto e feito um pequeno buraco na minha janela para deixar entrar uma quantidade conveniente de luz do Sol, coloquei meu Prisma em sua entrada para que ela [a luz] pudesse ser assim refratada para a parede oposta. Isso era inicialmente um divertimento muito prazeroso: ver as cores vívidas e intensas assim produzidas; mas depois de um tempo dedicando-me a considerá-las mais seriamente fiquei surpreso por vê-las em uma forma oblonga que, de acordo com as leis aceitas da Refração, esperava que deveria ter sido circular (NEWTON, 1672 apud SILVA e MARTINS, 1996, p. 315).

Newton não deixa claro nesse artigo o motivo pela qual ele esperava que a macha luminosa formada após o feixe de luz passar pelo prisma fosse circular e não alongada. A explicação foi apresentada em um artigo posterior.

Os experimentos realizados levaram Newton à conclusão de que os raios de luz diferem em grau de refrangibilidade e em sua composição, motivo pela qual eles exibem cores diferentes. Portanto, as cores não seriam mais compreendidas como uma qualificação da

luz alteradas por refrações ou reflexões, como era acreditado na época. As cores deveriam ser compreendidas como propriedades originais e inatas que são diferentes nos diversos raios (SILVA e MARTINS, 1996; KUMAR, 2006). Ele ainda afirma que, o mesmo grau de refrangibilidade sempre pertence a mesma cor e vice-versa – é sabido que esta afirmação só se aplica ao caso de cores simples (ou puras) mas não foi apontado por ele em seu trabalho.

Apesar da impossibilidade do grau de refrangibilidade ser modificado por refração, pela reflexão ou por qualquer outra causa observada por ele, Newton, defende que podem ser feitas transmutações aparentes de cores, através da mistura de diversos tipos de raios. Nestas misturas, não é mais observada cada cor separadamente, mas sim uma cor intermediária originada pela composição das cores iniciais. E, portanto, se por refração, por exemplo, os raios da mistura forem separados, serão observadas cores diferentes da cor da composição, estas cores não são geradas novamente, mas apenas se fazem aparentes por serem separadas ao sofrerem o fenômeno de refração, no caso. De tais apontamentos, segue-se a proposição de que a luz branca é composta por luzes de várias cores.

A natureza da luz branca foi o fato mais surpreendente constatado, pois não há nenhum tipo de raio que sozinho possa exibi-la. Isto é, para Newton, “ela é sempre composta, e para a sua composição são necessárias todas as cores primárias citadas anteriormente misturadas numa proporção devida” (NEWTON, 1672 *apud* SILVA e MARTINS, 1996).

Disso, portanto vem que a brancura é a cor usual da luz, pois a luz é um agregado confuso de raios dotados de todos os tipos de cores, como elas [cores] são promiscuamente lançadas das várias partes dos corpos luminosos [...] se houver uma devida proporção de ingredientes, mas se algum predominar a luz deve tender para aquela cor, como acontece na chama azul do enxofre (NEWTON, 1672 *apud* SILVA e MARTINS, 1996, p. 322).

Com essa série de explanações apresentadas no artigo publicado em 1672 Newton, portanto, aponta uma explicação para as cores que são produzidas pelo prisma. Como os raios que constituem a luz branca incidente possuem diferentes graus de refrangibilidade, possuirão, assim, refrações diferentes e serão separados e dispersados de uma forma oblonga, em uma sucessão ordenada, do de menor grau de refração (o vermelho) ao com maior grau de refração (o violeta). Sobre as cores dos corpos, conclui-se que, os corpos são variamente qualificados a refletir um tipo de luz mais do que outro.

Em 1672, Newton complementou a "demonstração" da composição da luz branca com seu *experimentum crucis*. Nesse experimento fez a luz solar passar por um prisma e seu espectro colorido incidir num anteparo com um pequeno furo que permitia a passagem de um feixe de luz de uma única cor; esse feixe atravessou um segundo prisma e, após ser refratado por ele, incidiu num segundo anteparo. Girando o primeiro prisma foi possível selecionar a cor a ser refratada pelo segundo. Newton observou que o segundo prisma não produzia novas mudanças nos raios coloridos e que raios de cores diferentes eram refratados de ângulos diferentes (SILVA, 1996).

A publicação desse trabalho causou certa polêmica na época. Robert Hooke e Christiaan Huygens (1629-1695), por exemplo, apresentaram críticas à hipótese de Newton. Diante de tais críticas, Newton deixou os estudos sobre a óptica por quase trinta anos, foi somente

após a morte de Robert Hooke, em 1704, que Newton publicou a sua teoria completa no livro *Opticks* [Óptica]¹ (SILVA, 1996).

O impacto do *Opticks* praticamente se igualou ao do causado pelos *Principia*, nem tanto por ser uma obra revolucionária como esta última, mas por ter sido escrita em inglês, exigir menor conhecimento matemático do que os *Principia*, utilizar uma grande quantidade de argumentos experimentais e ser acessível ao grande público. [...] [a obra] contém uma ampla discussão de tópicos da óptica - associação entre cor e refrangibilidade, teoria das cores, interferência e difração e, até mesmo, discussões sobre mecânica - existência de um éter universal, ação de forças à distância - além de ser considerada um modelo de rigor experimental (SILVA, 1996, p. 2-3).

O livro de 1704 não traz muitas novidades, mas por se tratar de uma obra acessível, foi responsável por popularizar o trabalho de óptica de Newton. O filósofo natural teve bastante tempo para amadurecer as suas discussões e estendeu a descrição, obtida através da observação do espectro prismático, para a descrição do arco-íris, tornando-se o responsável por postular que o arco-íris é formado por “sete cores”.

Há algo de “curioso” nesse trabalho que merece atenção. Parece coexistir no trabalho de Newton dois modos de representação (LÉVY-LEBLOND, 2009). Na primeira parte do trabalho, ao descrever e realizar observações sobre os procedimentos experimentais realizados com o prisma, Newton só se refere a cinco cores, as cores laranja e índigo não aparecem nesse momento. Na proposição II, ao se referir ao terceiro experimento, por exemplo, Newton diz: “Essa imagem [Figura 1] ou espectro PT era colorida, sendo vermelha em seu final menos refratado T, e violeta em seu final mais refratado P, e amarelo, verde e azul nos espaços intermediários” (NEWTON, 1704, p. 33, tradução nossa).

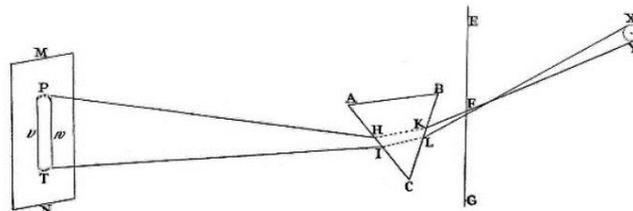


Figura 1. Representação feita por Newton referente ao terceiro experimento da proposição II.

Fonte: Newton (1704, p. 27).

Logo em seguida, no quarto experimento, as cores observadas ainda seguem sendo apenas cinco: “[...] observei que o comprimento de sua imagem refratada era muitas vezes maior do que sua largura, e que a parte mais refratada dela parecia violeta, a menos refratada vermelha, as partes do meio azuis, verdes e amarelas em ordem” (NEWTON, 1704, p. 33, tradução nossa).

Em seguida, no sétimo experimento – que mostra que a luz branca ao ser refratada por um prisma forma um espectro composta por várias cores, tais cores são refratadas em quantidades diferentes devido aos seus diferentes graus de refrangibilidade –, ao passar da descrição empírica para a descrição teórica, Newton dá ao espectro sete cores:

¹ Durante esse intervalo, em 1687, Newton publicou a obra mais importante de sua vida, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* [Princípios Matemáticos da Filosofia Natural]. É nessa obra em que ele postula as suas famosas três leis do movimento.

Encontramos, portanto, em Newton, dois pontos de vista, quer se trate de descrição e teorização. Enquanto se limita a ver e descrever, ele se contenta com cinco cores e não recorre de forma alguma às cores híbridas, que são o laranja e o índigo. Mas, assim que teoriza e procura dividir o espectro, classificar suas cores, ele distingue sete cores – e de repente se vê obrigado a denominá-las e convocar um termo que é no mínimo pouco comum, o índigo, uma vez que, na época, o seu aparecimento na língua é bastante recente (LÉVY-LEBLOND, 2009, p. 64-65).

Newton sabia da continuidade do espectro e, mesmo com pleno conhecimento da contradição entre o que observara e de sua descrição teórica, ele classificou o espectro como sendo composto por apenas sete cores separadas e ainda estendeu essa descrição para o arco-íris.

3. Sobre as sete cores e seu simbolismo

Antes de Newton, durante a Antiguidade e em parte da Idade Média, o arco-íris era descrito através de representações ternárias (com três cores) e quaternárias (com quatro cores) (LÉVY-LEBLOND, 2009). As retinas dos seres humanos possuem três pigmentos coloridos, o que faz com que a visão das cores tenha como base um sistema tricromático, o que provavelmente justificaria o fato das primeiras representações do arco-íris serem representações ternárias. A representação quaternária, de vista da capacidade perceptiva dos humanos, ainda parece natural, pode-se especular que com o passar do tempo e a familiaridade com o arco-íris, os humanos poderiam começar a distinguir uma nova cor no arco-íris. Entretanto, o recorte de específicas sete cores não pode ser justificado apenas com base na visão humana e sua capacidade de percepção:

É possível estudar como nosso sistema perceptivo recorta o espectro colorido, diretamente no nível neurobiológico, sem ser tributário das representações culturais (por exemplo, experimentando com crianças de alguns meses ou testando *in situ* as reações neurofisiológicas). Constata-se então que o cérebro opera um recorte espontâneo muito mais em quatro cores que em sete. Portanto, existe, ao mesmo tempo, no nível físico, uma continuidade perfeita das nuances coloridas e, no nível perceptivo, uma classificação numérica, que, enquanto não for recuperada pela língua e pela cultura, é essencialmente quaternária, correspondendo às zonas do espectro caracterizadas como “vermelho”, “amarelo”, “verde-azulado”, “violeta” – em francês (LÉVY-LEBLOND, 2009, p. 60).

Ao apenas relatar o que observava com os seus olhos, Newton realiza a delimitação de cinco cores (uma a mais da representação quaternária, é importante frisar, algo que poderia ser considerado como um “avanço natural” da percepção humana sobre as cores do arco-íris), mas ao teorizar o que relatou, por que sugere a delimitação de sete cores?

As duas últimas cores (laranja e índigo) foram adicionadas para que o número de cores primárias fosse sete, em analogia às setes notas musicais (NEWTON, 1704; SILVA e MARTINS, 1996; LÉVY-LEBLOND, 2009). As proporções desiguais das áreas indicadas por Newton (Figura 2) é explicada de acordo com os intervalos sonoros na qual ele faz equivalência: as quatro cores principais (vermelho, amarelo, verde e azul) são equivalentes aos tons inteiros, as cores secundárias (laranja e violeta) são equivalentes aos meios-tons e o índigo é equivalente a um meio-tom menor.

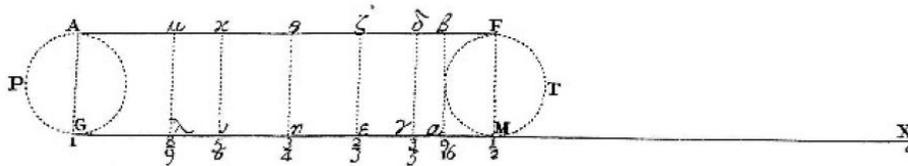


Figura 2. A divisão das sete cores feitas por Newton.

Fonte: Newton (1704, p. 127).

As iniciativas para relacionar a música com temas filosóficos-científicos não nascem com Newton, desde pelo menos o século VI a. C., quando Pitágoras viu uma “geometria na vibração das cordas” e “música no espaçamento das esferas” (SOBEL, 2006), existiram iniciativas dessa natureza. A escritora Dava Sobel aponta algumas dessas iniciativas ao longo da história da astronomia:

Pitágoras acreditava que a ordem cósmica obedecia às mesmas regras e proporções matemáticas que os tons de uma escala musical. Platão retomou a ideia dois séculos depois, em *A República*, onde introduziu a memorável expressão “música das esferas” para descrever a melodiosa perfeição dos céus. Platão também falou da “harmonia celestial” e do “magnífico coro” – termos que lembram canções angélicas, embora refiram-se especificamente à polifonia inaudível do giro dos planetas (SOBEL, 2006, p. 144).

Johannes Kepler (1571-1630), responsável pela sugestão das órbitas elípticas dos planetas que influenciara diretamente as ideias de Newton, também seguiu a aparente tradição dos astrônomos e relacionou a música com o movimento dos planetas. Influenciado por Nicolau Copérnico (1473-1543) que falou de uma “dança dos planetas” ao propor seu modelo heliocêntrico, Kepler em *Hamonices Mundi* (de 1619), ao elaborar a sua terceira lei do movimento planetário, expandiu a voz dos planetas de notas simples para melodias curtas onde os tons representavam as velocidades orbitais diferentes dos planetas ao longo de suas órbitas (SOBEL, 2006; WEINBERG, 2015). “Sinto-me arrebatado e possuído por um êxtase impronunciável diante do espetáculo divino da harmonia celeste”, escreveu Kepler. ‘Houvesse ar nos céus e ouviríamos música – real e verdadeira’” (SOBEL, 2006, p. 145). Cabia a Newton agora indicar a “harmonia das cores”? Se fosse possível escutar o arco-íris o som também deveria ser de uma música real e verdadeira? “Os gigantes” por trás de Newton pareciam acreditar que sim, não haveria por que não continuar com a tradição pitagórica e sugerir uma relação entre as sete notas musicais e as cores.

A cor índigo parece indicar mais uma influência cultural de sua teorização. O nome da cor índigo faz referência à planta *indigofera tinctoria*, popularmente conhecida como anil. Ela apresenta uma cor azulada escura, mais comumente referida por anil ou azul índigo e é bastante utilizada para a elaboração de corantes, obtidos através da fermentação de suas folhas. Na época o aparecimento do termo “índigo” na língua era recente e fora influenciado pela importância econômica do índigo na indústria inglesa de tingimento (LÉVY-LEBLOND, 2009). Acredita-se que tal importância econômica do índigo no momento da elaboração do trabalho de Newton tenha ajudado para a escolha de tal cor para o preenchimento da sétima vaga das “sete cores do arco-íris”. Mas essa própria “tradição” entre os filósofos naturais vem de um contexto maior:

É o sete dos dias da semana (a da Criação), do Setentrião (as sete estrelas da Ursa Maior), das Maravilhas do Mundo, dos pecados capitais, do Apocalipse – e não nos esqueçamos das botas de sete léguas do Gato de Botas, nem dos irmãos do Pequeno Polegar; é o Sete Babilônico que continua presente em nossas representações simbólicas há quase três mil anos (LÉVY-LEBLOND, 2009, p. 66).

As obras de Newton (diferentemente das obras “newtonianas”) mesclam alquimia, teologia e física, mas de forma indissociáveis, certamente ele não via essas três facetas em seus trabalhos, essa divisão é feita de forma anacrônica. Ele não estava interessado em produzir teorias físicas, os cientistas atuais que atribuíram este objetivo às suas obras e isso é feito extirpando todas as considerações que atualmente são compreendidas como “não científicas” de seus trabalhos. De acordo com Lévy-Leblond (2009):

É a mão de Deus agindo no mundo que ele [Newton] quer ver, e o formalismo matemático não é senão um meio de passagem para um conhecimento superior, para ir da física a uma *metafísica* ou até mesmo uma mística. Por isso não é de surpreender que esse elemento mitológico, o Sete, se encontre afinal no interior de seu trabalho (LÉVY-LEBLOND, 2009, p. 67, grifo do autor).

De acordo com Ana Gouveia (2019), as ideias de Newton apresentavam uma descrença na carga subjetiva da cor devido ao forte caráter matemático presente no seu trabalho, algo que viria a ser criticado. A citar um exemplo, Goethe (1749-1832) apresentou resistência a cor como elemento objetivo e apontou a presença de aspectos subjetivos no ato de agir dos cientistas frente às suas próprias investigações. Em termos atuais, este debate é “resolvido” atribuindo diferentes áreas para dar conta destes “diferentes” aspectos: a física da cor busca dar conta das propriedades objetivas, atribuindo um comprimento de onda a cada “pedaço” do espectro – não é necessário assim a preocupação com os nomes dados à elas, o que interessa é o número característico atribuído ao comprimento de onda; já a fisiologia é quem vai se dedicar às discussões sobre as percepções da cor (KUMAR, 2006).

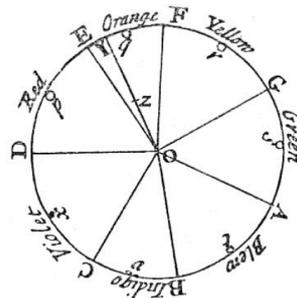


Figura 3. Disco de Newton: “O centro O e Raio OD, descrevem um círculo ADF, e distingue a circunferência em sete Partes DE, EF, FG, GA, AB, BC, CD, proporcionais aos sete tons musicais ou Intervalos do oito sons, Sol, la, fa, sol, la, mi, fa, sol, contidos em um oitavo, isto é, proporcional ao Número 1/9, 1/16, 1/10, 1/9, 1/16, 1/16, 1/9” (NEWTON, 1730, p. 154, tradução nossa).

Fonte: Newton (1704, p. 154).

4. Considerações Finais

Diferentemente de autores como Weinberg (2015) que ao narrar as “teorias científicas dos percussores da ciência moderna” – como as elaboradas por Kepler e Newton – indicam a existência destes simbolismos – como o da inserção aparentemente sem significado experimental-científico das melodias orbitais dos planetas e o da estipulação de sete cores para o arco-íris – como uma divisão da identidade destes “precursores” entre a “velha tradição poética e filosófica mais antiga” (WEINBERG, 2015, p. 221) e o “novo mundo da ciência que estava nascendo” (WEINBERG, 2015, p. 221), não se pretende defender que esses filósofos naturais viviam com a alma dividida entre dois mundos, e ainda que o segundo seria uma superação do primeiro.

Defende-se um rompimento com esta ideia de uma constante modernidade suplantando um passado arcaico. Teriam os cientistas almas libertas para tudo o que têm de moderno e acorrentadas ao que ainda conservam do passado arcaico? Bruno Latour (2010) indica uma outra forma de encarar estas questões:

Tentariamos seguir, de preferência, em um determinado período, a *lista dos seres* aos quais os cientistas se sentem *apegados* e que se esforçam para *recombinar*, para levar em conta a multiplicidade das *injunções contraditórias* que sua época parece lhes impor. A encenação mudaria em um instante. As almas não estariam mais divididas entre a vinculação e a desvinculação; isso não faria sentido algum. Tais almas teriam obrigatoriamente seus vínculos, suas ligações, mas se esforçariam para *unir de outra forma* os elementos disjuntos quando eles se tornam pouco a pouco incompatíveis entre si (LATOUR, 2010, p. 111-112, grifos do autor).

O abandono da forma de narrar o feito destes nomes da filosofia natural como grandes revoluções científicas é condição necessária para uma abordagem com o viés sugerido por Latour (2010). Ao deixar de lado tais narrativas “passariamos de um cosmos a *outro cosmos*, em que os seres antigos, tanto quanto os novos, teriam sido *rearranjados* de forma gradual” (LATOUR, 2010, p. 112, grifos do autor) e não mais seria necessário empurrar para debaixo do tapete o motivo pela qual fala-se em sete cores do arco-íris e não três, quatro ou cinco, por exemplo². De brinde ainda livrariamos a história das ciências desse anacronismo que insiste em transformar as pessoas do passado em percursos de um futuro que não conheciam e em direção ao qual não tendiam.

Agradecimentos

Agradeço à Professora Isabel Cafezeiro e aos colegas pelas trocas que veem sendo realizadas na disciplina Humanidades Científicas. Este trabalho germinou de nossas discussões.

Referências bibliográficas

GOUVEIA, Ana. E. D. Nem luz nem sombra: considerações sobre a instabilidade da penumbra e uma trajetória em pintura, 2019.

KUMAR, Arvind. Newton's Contributions to Optics. **Reson**, n. 11, p. 10-20, 2006.

LATOUR, Bruno. **Cogitamus**: seis cartas sobre as humanidades científicas. Tradução de Jamille Pinheiro Dias. 1ª (2016). ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

LÉVY-LEBLOND, Jean-Marc. **A velocidade da Sombra**: nos limites da ciência. Tradução de Maria Idalina Ferreira. Rio de Janeiro: DIFEL, 2009.

NEWTON, Isaac. **Opticks or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections, and Colours of Light**. The Fourth (1730). ed. London: Printed for William Innys at the West-End of St. Paul's, 1704.

SILVA, Cibelle C. **A teoria das cores de Newton**: um estudo crítico do Livro I do Opticks. Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas.

² Sobre tais discussões e o esforço de apagamento do “simbólico” da identidade de grandes filósofos naturais, ver Bruno Latour, *Cogitamus: seis cartas sobre as humanidades científicas*, São Paulo: Editora 34, 2010, p. 107-116.

SILVA, Cibelle. C.; MARTINS, Roberto. D. A. A 'Nova teoria sobre luz e cores' de Isaac Newton: uma tradução comentada. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, p. 313-327, 1996.

SOBEL, Dava. **Os Planetas**. Tradução de Carlos Afonso Malferrari. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

WEINBERG, Steven. **Para explicar o mundo: a descoberta da ciência moderna**. Tradução de Denise Bottmann. 1^a. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.