

# E = mc<sup>2</sup> no YouTube: uma análise baseada na teoria da semiformação

E = mc<sup>2</sup> on YouTube: an analysis based on the theory of semi-formation

Joyce Luzia Chaves Dutra<sup>1\*</sup>, Wellington Pereira de Queirós<sup>1</sup>, Clair de Luma Capiberibe Nunes<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências do Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Bloco V – Rua Ufms - Vila Olinda– CEP 79070-900 - Campo Grande, MS, Brasil.

\*Email: [joyce.dutra@ufms.br](mailto:joyce.dutra@ufms.br)

Recibido el 30 de septiembre de 2022 | Aceptado el 24 de octubre de 2022

## Resumo

Diante do enorme acesso a informação que vivenciamos na era digital, muitas pessoas buscam se informar e estudar por meio da internet. "E = mc<sup>2</sup>" é a equação mais famosa da física, mas ainda é mal compreendida por grande parte do público. E devido a isto, algumas pessoas buscam a plataforma de vídeos YouTube, um dos principais sites da internet, para tirar as dúvidas sobre a equação e sua história. O objetivo deste trabalho é analisar onze vídeos brasileiros disponíveis na plataforma YouTube sobre a relação massa-energia. Para esta análise nos baseamos no conceito de Semiformação, ou Semicultura (Halbbildung), definido por Theodor W. Adorno. Com a análise foi possível constatar que a maioria dos vídeos contribui para o processo de semiformação dos sujeitos, pois apresenta conceitos equivocados e mal desenvolvidos acerca da relação massa-energia.

**Palavras chave:** Teoria crítica; Semiformação (Halbbildung); Ensino de ciências; Teoria da relatividade restrita; Relação massa-energia.

## Abstract

In front of the enormous access to information that we experience in the digital age, many people seek information and study through the internet. "E = mc<sup>2</sup>" is the most famous equation in physics, but it is still poorly understood by a large part of the public. Some people turn to the video platform YouTube, one of the main sites on the internet, to clear up doubts about the equation and its history. The objective of this work is to analyze eleven Brazilian videos available on the YouTube platform about the mass-energy relationship. For this analysis we are based on the concept of Semiformation, or Semiculture (Halbbildung), defined by Theodor W. Adorno. With the analysis it was possible to verify that most of the videos contribute to the process of semi-formation of the subjects, as they present mistaken and poorly developed concepts about the mass-energy relation.

**Keywords:** Critical theory; Semiformation (Halbbildung); Science teaching; Special theory of relativity; Mass-energy relation.

## I. INTRODUÇÃO

A plataforma de vídeos YouTube, lançada em 2005 e adquirida pela Google em 2006, é um dos sites mais acessados de toda a internet. Com milhares de usuários no mundo inteiro, o aplicativo permite o compartilhamento de vídeos sobre os mais diversos temas. O diferencial do YouTube é que ele não é apenas uma videoteca mundial, mas possibilita aos usuários criarem um perfil e publicarem seus próprios vídeos originais.

\*\* Nome Civil: Ricardo Capiberibe Nunes, a autora é Travesti

A produção autoral de vídeos tornou-se muito comum na última década e os vlogs, ou vídeo blogs, se popularizaram na plataforma. A sensação de que os usuários têm o poder de escolher o que querem assistir contribuiu para a fama do site. Uma edição da revista Time, publicada no final de 2006 destaca em sua capa o sucesso do YouTube e afirma que, no mundo tecnológico, o público é quem controla a era da informação (Grossman, 2006).

A produção de vídeos *para* o YouTube tornou-se um negócio lucrativo, uma vez que existe a política de monetização que paga os produtores de conteúdo mais famosos do site, aqueles que atraem mais acessos para a plataforma do monopólio Google. Hoje, existe uma variedade de temas presentes no YouTube, desde vídeos sobre turismo, moda, cinema, entretenimento, como vídeo-aulas e vídeos informativos sobre determinados conteúdos científicos, como a física moderna, por exemplo.

Estão disponíveis, no site, diversos vídeos que abordam a Teoria da Relatividade e a equação  $E = mc^2$ ; devido a influência que o YouTube possui, não é raro encontrarmos estudantes que buscam o site para se informar ou tirar dúvidas sobre um dos assuntos mais comentados da ciência. Entretanto, a disponibilidade da informação não garante a sua qualidade e, por isso, é preciso ter cautela.

A relação massa-energia, apesar da fama da equação, tem sido abordada de maneira equivocada nos livros como mostram os trabalhos de Ostermann e Ricci (2004) Nunes e Queirós (2020, 2022) e Martins (1989, 2012). Os equívocos conceituais cometidos durante a explicação da equação promovem um ensino incorreto e confuso do conteúdo.

Diante disso, ao buscar informação, o estudante pode encontrar semiformação no YouTube. Semiformação ou Semicultura (Halbbildung)<sup>1</sup>, é a teoria desenvolvida pelo filósofo crítico Theodor Adorno que norteia este trabalho. O objetivo é analisar os vídeos presentes na plataforma YouTube, que tratam sobre a relação massa-energia. A seguir apresentamos alguns aspectos da relação massa-energia, da Teoria da Semiformação, a metodologia e os resultados da análise.

## II. APONTAMENTOS HISTÓRICOS E CONCEITUAIS SOBRE A RELAÇÃO MASSA-ENERGIA

Embora a relação massa-energia tenha se tornado um símbolo da Teoria da Relatividade Especial e de Albert Einstein, o surgimento dessa equação precede tanto à Relatividade quanto a Einstein (Fadner, 1989, Martins, 1989, 2015). A relação massa-energia surgiu em decorrência de estudos sobre a dinâmica do elétron. Posteriormente, essa tradição de pesquisa foi incorporada à recém-aparecida Teoria da Relatividade Especial, a partir dos trabalhos de Poincaré, Einstein, Minkowski e Planck (Martins, 2015).

O primeiro registro histórico dessa equação ocorreu em 1900, em um trabalho de Poincaré, intitulado *O Princípio da Reação na Teoria de Lorentz* (Poincaré, 1900; Fadner, 1989, Martins, 2015). Naquela ocasião, parecia que a eletrodinâmica de Lorentz era inconciliável com o Princípio da Ação e da Reação (e, por conseguinte, com a Conservação do Momento Linear). Lorentz sugeriu que a nova mecânica deveria abrir mão desse princípio (Poincaré, 1908), porém, Poincaré acreditava que seria possível realizar uma conciliação. Assim, em 1900, Poincaré, tomando como ponto de partida o princípio da relatividade<sup>2</sup>, mostrou que se a radiação se comportasse como um fluido sutil, com centro de massa e cuja inércia fosse medida pela razão de sua energia  $E$  pela velocidade da luz ao quadrado  $c$ , então seria possível preservar o princípio da reação na teoria de Lorentz. Posteriormente, parece que Poincaré abandonou essa concepção em favor da rejeição do princípio da conservação do momento (Poincaré, 1908).

Em 1904, F. Hasenöhl, a partir dos estudos de M. Abraham sobre a pressão da radiação em espelhos em movimento, mostrou que uma caixa cheia de radiação apresentava uma resistência maior à mudança de movimento caso esta caixa estivesse sem radiação (Fadner, 1989, Martins, 1989, 2015). Hasenöhl também estabeleceu a relação entre a inércia adicional e a energia da radiação, porém, cometeu um erro de cálculo e chegou ao valor incorreto (Martins, 2015). Esse erro foi corrigido, em 1905, por Abraham, e reconhecido pelo próprio Hasenöhl: a inércia adicional era  $4/3 E/c^2$  (Ives, 1962, Fadner, 1989, Martins, 2015). Nesse mesmo ano, Poincaré mostrou que o equilíbrio do elétron sofrendo distensões eternas, como no caso da caixa cheia de luz, exigia a existência de pressões negativas que resultava em uma redução da inércia em um fator de  $1/3$  (Martins, 2015). Assim, se uma caixa estivesse cheia de radiação, haveria um aumento de  $4/3 E/c^2$  e uma redução de  $1/3 E/c^2$ , devido às pressões de Poincaré, de forma que o aumento líquido de inércia seria de  $E/c^2$ .

Em 1905, após a publicação dos trabalhos de Abraham, Hasenöhl e Poincaré, Einstein “mostrou” que esta equação era uma consequência do Princípio da Relatividade. Colocamos a palavra “mostrou” em aspas, porque em 1907, Planck contestou a dedução de Einstein, mostrando que ela era válida apenas como aproximação de primeira ordem (Planck,

<sup>1</sup> Bildung é uma palavra alemã usada para designar tanto formação quanto cultura

<sup>2</sup> “O princípio da relatividade, segundo o qual as leis dos fenômenos físicos devem ser idênticas, esteja o observador em repouso, esteja o observador em movimento de translação uniforme; de modo que não temos, nem podemos ter, nenhum meio de discernir se somos ou não levados por tal movimento”. (Poincaré, 1904, p. 306, tradução nossa)

1907; Ives, 1952). Porém, a objeção mais séria foi apresentada por Ives (1952) que argumentou que Einstein cometeu uma *petição de princípio* e por isso a dedução não era válida. Nesse trabalho, Ives argumenta que as deduções válidas são aquelas propostas por Poincaré e Hasenöhrl. Em defesa de Einstein, Stachel e Torretti (1982), mostraram que a dedução de Einstein é localmente válida.

Além dos problemas sintáticos, discutidos por Planck (1907), Ives (1952) e Stachel e Torretti (1982), a abordagem de Einstein ainda apresenta problemas semânticos. Enquanto Poincaré, Hasenöhrl e Abraham estudaram casos singulares e se limitaram a fazer inferências sobre eles, Einstein partiu de um caso singular e afirmou que suas consequências eram universais (Martins, 2015). Pode-se dizer que Einstein deu um “salto lógico” e as consequências foram percebidas por Planck (1907) que mostrou que esta equação não é uma lei geral. Para sistemas extensos submetidos a pressões, deve-se usar uma nova relação: a relação massa-entalpia (Martins, 2015). Sabemos, também, que esta relação não se aplica à energia potencial elétrica (Martins, 1989, 2015).

Além dessas inadequações, surgiram outros problemas semânticos: difundiu-se a ideia de que esta equação estabelecia uma transformação de massa (ou, matéria) em energia (e vice-versa) ou uma equivalência entre massa e energia. Todas estas interpretações são equivocadas (Martins, 2012). Tanto a sintaxe da equação como a gramática da teoria da relatividade não autorizam derivar tais conclusões. Se tal conclusão fosse sintática e semanticamente possível, poderíamos inferir que outras relações, como a Lei de Planck, também estabelecem o intercâmbio ou a equivalência entre grandezas distintas.

*Vale a pena comparar a equação  $E = mc^2$  da relatividade com a relação  $E = hf$ , da teoria quântica. Por que motivo, no segundo caso, ninguém fala em equivalência entre energia e frequência, ou transformação de energia em frequência? Nos dois casos temos uma constante universal ( $c$  ou  $h$ ) relacionando duas grandezas físicas, que são proporcionais. Essas duas equações são exatamente da mesma natureza. Nenhuma delas estabelece nem equivalência nem possibilidade de transformação de uma coisa na outra.* (Martins, 2012, p. 128)

Portanto, a forma que nos parece mais adequada para se ler essa equação é: “*algumas formas de energia apresentam uma inércia dada por  $E/c^2$* ”. Desta forma recupera-se o caráter restrito e evita-se inferências sobre intercâmbio e equivalência entre massa e energia.

Em síntese, a partir dessa breve exposição, alegamos que as abordagens sobre a relação massa e energia são insatisfatórias, do ponto de vista histórico, quando omitem informações sobre o seu desenvolvimento e se restringem apenas ao trabalho de Albert Einstein, e serão inadequadas, do ponto de vista conceitual, quando afirmam a possibilidade de transformação de energia em massa e vice-versa ou uma equivalência entre essas grandezas. Infelizmente, não são raras as ocorrências desses erros na literatura e em livros que abordam o tema (Nunes, Queirós, 2020, 2022). Acreditamos que essas ocorrências estejam associadas a um fenômeno conhecido como “semiformação” e que discutiremos na próxima seção.

### III. A TEORIA DA SEMIFORMAÇÃO

O filósofo frankfurtiano Theodor W. Adorno (1903-1969) promoveu a crítica à organização do sistema capitalista bem como os usos da cultura nesse sistema. Autor de uma das principais obras do século XX, a “Dialética do Esclarecimento”, publicada em 1947 em parceria com Max Horkheimer, trata de temas ainda atuais como a discriminação, o racismo, a exploração da natureza e a ideologia presente nos meios de comunicação (Adorno; Horkheimer, 1985).

Outro conceito desenvolvido por Adorno, e que norteia esta análise, é o de semiformação ou semicultura (*halbbildung*). O filósofo destaca que, por vivermos em uma sociedade dominada pela Indústria Cultural, toda nossa cultura está convertida em semicultura (Adorno, 2010). E essa organização propicia a heteronomia, a alienação e o conformismo.

Consideramos o YouTube também como um elemento da indústria cultural, pois, como destaca Duarte (2014) a maior parte das características da indústria cultural “*permanece a mesma, ainda que as condições políticas e econômicas do mundo e os pressupostos tecnológicos da cultura de massas tenham se modificado radicalmente*” (Duarte, 2014, p.38). Semelhante à TV e ao cinema, o YouTube também visa o lucro e oferece, de acordo com os interesses do público, uma variedade de conteúdos padronizados.

Como explica Maar (2003) a semiformação reflete a ordem cultural-ideológica do capital. A semiformação seria uma “*determinada forma social da subjetividade socialmente imposta por um determinado modo de produção em todos os planos da vida*” (Maar, 2003). Segundo Adorno, aquilo que é “*entendido e experimentado medianamente* -

*semientendido e semiexperimentado - não constitui o grau elementar da formação, e sim seu inimigo mortal*" (Adorno, 2010, p.29). Em outras palavras, a semiformação não pode ser vista como um nível anterior até a formação, mas o oposto, já que carrega elementos que penetram na consciência de forma descontextualizada, confusa e até mesmo supersticiosa (Adorno, 2010). O autor ainda pontua que durante o processo de semiformação, os conteúdos estão coisificados, pois se tornam mercadoria da formação cultural. A coisificação, destaca como, nas sociedades capitalistas, as coisas são hipervalorizadas e fetichizadas. Para Adorno (2021), ocorre ainda a coisificação da consciência, em que as relações sociais se assemelham às relações entre as coisas. A semiformação garante a consciência coisificada, onde não há autonomia, reflexão ou criatividade e os sujeitos tornam-se apáticos e passivos. A coisificação da consciência é justamente o que a formação deveria combater.

Dessa forma, a semiformação associa-se ao fenômeno das *fake News* (desordem informativa), pois como destacam Lacerda e Di Raimo (2019), para atrair o público, o discurso desinformador faz uso de uma figura de autoridade, como um policial, um médico ou um jornalista, para disseminar teorias da conspiração que instigam o pânico generalizado, invocam mitos, desejos e um conflito entre bom e mau, herói e vilão. Além disso, em uma notícia falsa, a interpretação já vem pronta (Lacerda; Dias Di Raimo, 2019), está dada no texto e é consumida de forma imediata. Isto se relaciona com o que Adorno e Horkheimer (1987) destacam sobre o modo com o qual a indústria cultural oferece a interpretação de uma obra de maneira rápida, decodificada, padronizada e resumida, o que pode levar à semiformação.

Assim, infelizmente muitas pessoas buscam se informar pela internet, e por meio dos vídeos do YouTube, mas desconhecem os perigos da semiformação. Por esta razão, é necessário um olhar crítico sobre que tipo de informação e qual discurso está sendo vinculado nesses vídeos, pois como aponta Adorno (2010, p.29), *"a única possibilidade de sobrevivência que resta à cultura é a autorreflexão crítica sobre a semiformação"*. Esta foi a motivação de nossa pesquisa e cujos pormenores são descritos nas próximas seções.

#### IV. METODOLOGIA

A Teoria da Semiformação desenvolvida por Adorno também auxilia no processo metodológico da pesquisa, uma vez que os aspectos da indústria cultural e da semiformação destacados pelo autor estão presentes no YouTube.

Foram analisados 11 vídeos sobre a relação massa-energia que estão disponíveis no YouTube. A busca se deu por meio das palavras chave: *E = mc<sup>2</sup>*, *massa-energia* e *relação massa-energia*. Os critérios de seleção foram: vídeos brasileiros publicados nos últimos 10 anos, que possuíssem um número de visualizações superior a 10.000 e que explicassem a relação massa-energia.

Estabelecemos duas categorias para orientar a análise: *Semiformação da relação massa-energia*, que busca analisar a forma como a relação é abordada nos vídeos e *A semiformação presente nas concepções de ciência e cientista*, que procurou observar quais visões de ciência e cientista estão expostas nos vídeos. Utilizamos para a análise, como descrito nas seções anteriores, os conceitos de semiformação e indústria cultural de Adorno (1985, 2010, 2021), bem como estudos históricos e conceituais sobre a relação massa-energia. A Tabela I a seguir destaca os vídeos analisados.

**TABELA I.** Vídeos do Youtube analisados. Fonte: autores (2022)

Vídeo	Título	Link	Visualizações	Ano
1	Teoria da relatividade de Albert Einstein	<a href="https://youtu.be/qD7tvSBlkpY">https://youtu.be/qD7tvSBlkpY</a>	901.973	2015
2	O que E = mc <sup>2</sup> significa?	<a href="https://youtu.be/FRX63cCdFeU">https://youtu.be/FRX63cCdFeU</a>	255.601	2016
3	E = mc <sup>2</sup> está incompleta	<a href="https://youtu.be/E5_RH3h-OeE">https://youtu.be/E5_RH3h-OeE</a>	120.774	2013
4	O que é E = MC <sup>2</sup>	<a href="https://youtu.be/2-DugbA91M4">https://youtu.be/2-DugbA91M4</a>	98.877	2016
5	E = mc <sup>2</sup> [4- Relatividade]	<a href="https://youtu.be/mQHDYtsBz7c">https://youtu.be/mQHDYtsBz7c</a>	55.556	2014
6	Teoria da Relatividade especial ou restrita	<a href="https://youtu.be/13mHPXD8BHo">https://youtu.be/13mHPXD8BHo</a>	40.071	2019
7	O que significa E = mc <sup>2</sup> ?	<a href="https://youtu.be/PPOM3xuHcvs">https://youtu.be/PPOM3xuHcvs</a>	36.168	2015
8	E = M.C2 Saiba o que é	<a href="https://youtu.be/8VlzNKbjhql">https://youtu.be/8VlzNKbjhql</a>	33.142	2018
9	E = mc <sup>2</sup> explicado	<a href="https://youtu.be/hNk2q2-yshw">https://youtu.be/hNk2q2-yshw</a>	29.327	2022
10	Massa relativística – relação massa energia	<a href="https://youtu.be/hV94lu8RLwk">https://youtu.be/hV94lu8RLwk</a>	14.096	2019
11	Aula 12.7 - Teoria da Relatividade	<a href="https://youtu.be/3UXdanB52nl">https://youtu.be/3UXdanB52nl</a>	13.601	2014

## V. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foi possível observar a popularidade e o alcance dos vídeos pelo número de visualizações. Alguns vídeos pretendem explicar o conteúdo em menos de cinco minutos e, na seção de comentários, é possível notar que o público aprova e agradece pelas explicações oferecidas. Entretanto, a maioria dos vídeos analisados apresenta conceitos errôneos sobre a relação massa-energia e concepções imprecisas sobre o desenvolvimento da teoria e do trabalho científico. Detalhamos abaixo as análises feitas de acordo com cada categoria.

### A. Semiformação da relação massa-energia

Duas observações devem ser feitas a respeito dos vídeos analisados. A primeira é sobre abordagens que estão conceitualmente equivocadas. Dos onze, oito vídeos, a saber: [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10] e [11], afirmam que massa e energia são a mesma coisa e, por esse motivo, é possível transformar massa em energia. Trata-se de um equívoco, infelizmente muito comum e que aparece em livros didáticos e especializados em Teoria da Relatividade Restrita como destacam os trabalhos de Ostermann e Ricci (2004), Nunes e Queirós (2020, 2022) e Martins (2012). Sobre a noção errônea de que massa e energia são a mesma coisa, Martins (2012, p.124-125) afirma:

*É fácil de ver, no entanto, que massa e energia não são nomes diferentes para uma mesma coisa. São grandezas físicas que são definidas e medidas de modos independentes. Em princípio, podemos medir a massa de um corpo, depois fornecer-lhe ou retirar-lhe energia (por exemplo, por passagem de calor) e medir novamente sua massa. Os processos de medida de massa e de energia são totalmente independentes, e podemos testar se as variações de massa e energia são proporcionais ou não, se dependem do tipo de energia fornecida, e se obedecem à relação quantitativa  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ . Essa relação foi confirmada, por exemplo, no estudo de reações nucleares. É claro que, na prática, não conseguimos fazer esse tipo de teste em experimentos de laboratório ordinários porque as variações de massa seriam inferiores à sensibilidade de nossos instrumentos.* (Martins 2012, p. 124-125)

Nos vídeos [10] e [11] são apresentados exercícios para calcular a quantidade de massa convertida em energia. No vídeo [7] afirma-se que energia e massa são nomes diferentes para a mesma coisa e que a velocidade da luz ao quadrado é uma taxa de câmbio entre massa e energia. O vídeo [8] comete o mesmo erro ao dizer que  $c^2$  é o fator de conversão entre massa e energia e compara com a conversão entre quilômetros em metros. Sobre esse equívoco comum, Martins (2012) explica que assimilar os conceitos de energia com radiação e massa com matéria é incoerente, pois:

*Se matéria e massa fossem o mesmo conceito, não poderíamos falar sobre a variação de massa de uma determinada quantidade de matéria, quando essa matéria é acelerada. Da mesma forma, não se deve identificar os conceitos de energia e radiação. A radiação tem energia, mas um corpo material também tem energia.* (Martins, 2012, p. 127)

Ostermann e Ricci (2004) destacam que a noção de que massa e energia são a mesma coisa é uma interpretação simplista da relação massa-energia. Diferente do que é comumente afirmado, o trabalho publicado por Einstein nunca mencionou uma possibilidade de conversão entre massa e energia. No artigo publicado em 1905, intitulado “A inércia de um corpo depende do seu conteúdo energético?”, Einstein afirma que “A massa de um corpo é uma medida de seu conteúdo energético; se a energia muda em  $L$ , a massa sofre uma alteração igual à  $L/9 \cdot 10^{20}$ , se a energia for medida em ergs, e a massa em gramas”<sup>3</sup> (Einstein, 1905, p. 641, tradução nossa).

O vídeo [2] é o único que destaca, logo no início, a impossibilidade de conversão entre massa e energia; os vídeos [2] e [7] apresentam a forma original da equação:  $m = E/c^2$  e explicam que a intenção da equação era compreender o conceito de massa; o vídeo [3] faz uma análise interessante ao afirmar que a equação  $E = mc^2$  é uma generalização e não serve para todos os casos. Martins (1989), ao destacar a revisão feita por Max Planck da relação de Einstein, salienta que  $E = mc^2$  não é geral e só vale para sistemas que não estão expostos a tensões e pressões. Os vídeos [3] e [5] afirmam, de maneira simples e sem muitos detalhes, que a maneira completa seria considerar o momentum na equação. O segundo problema que evidenciamos em todos os onze vídeos analisados é que eles promovem um tipo de divulgação científica que Fourez (1995) chama de “efeito vitrine”.

<sup>3</sup> “Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energieinhalt; ändert sich die Energie um  $L$ , so ändert sich die Masse in demselben Sinne um  $L/9 \cdot 10^{20}$ , wenn die Energie in Erg und die Masse in Grammen gemessen wird”.

*[Este tipo de divulgação] consiste em uma operação de relações públicas da comunidade científica, que faz questão de mostrar ao “bom povo” as maravilhas que os cientistas são capazes de produzir. Um bom número de transmissões televisivas ou artigos de vulgarização possuem esse objetivo. A finalidade dessa vulgarização não é transmitir um verdadeiro conhecimento, já que ao final da transmissão a única coisa que se sabe com certeza é que não se compreende grande coisa. Esse tipo de vulgarização confere um certo “verniz de saber”, mas, na medida mesmo em que não confere um conhecimento que permita agir, dá um conhecimento factício; é um saber que não é, propriamente falando, nenhum, já que não é poder.* (Fourez, 1995, p. 221)

Em outras palavras, essa abordagem não cumpre os requisitos para a formação (building) do sujeito, mas para uma semiformação, pois ao construir uma imagem fetichizada da ciência, ela acaba por se converter naquilo que alegam combater: a superstição e o mito (Adorno, 2010). Os vídeos [4], [8], [9], [10] e [11] garantem que vão explicar, em um vídeo curto e de maneira simples, a relação entre massa e energia. Em seu texto, Adorno (2010) destaca como a indústria cultural lucra com a semiformação, pois com o intuito de atingir o maior número de pessoas, estimula a reprodução de versões resumidas, de maneira precária, de conceitos da ciência. Assim, o sujeito que consome este material, sente-se satisfeito, pois tem a sensação, falsa, de estar bem-informado sobre os assuntos científicos, isto é, de estar plenamente inserido em uma determinada cultura, quando na verdade, partilha de uma semicultura.

## B. A semiformação presente nas concepções de ciência e de cientista

Partindo da análise realizada, foi possível perceber em alguns vídeos uma concepção limitada sobre a ciência e o trabalho científico. Os postulados de Einstein são apresentados de forma desordenada no vídeo [1] e o vídeo [9] define que Einstein estabeleceu o limite da velocidade da luz. O termo gênio é atribuído a Einstein nos vídeos [1] e [5]; apenas os vídeos [5] e [6] destacam trabalhos e pesquisas anteriores à Einstein, entretanto, o cientista é considerado o principal responsável pela Teoria da Relatividade em todos os vídeos. Dessa forma, os vídeos trazem uma visão individualista e positivista da ciência, que ainda é muito difundida e contribui para noções problemáticas sobre o trabalho científico. A noção de gênio deve ser combatida pois define que o cientista é um indivíduo melhor do que os outros (Alves, 1991) e, por isso, a ciência só pode ser feita por pessoas seletas e mais desenvolvidas. O vídeo [5] destaca Einstein como um dos maiores gênios da história e seus cálculos como truques de mágica revolucionários. Martins (2005, 2015) combate esta visão simplista da ciência ao defender que a ciência deve ser compreendida como um trabalho coletivo e não instantâneo. O trabalho desenvolvido por Einstein não surgiu por acaso, mas com base em estudos dos trabalhos de muitos outros pesquisadores.

Essas abordagens também promovem a semiformação, denunciada por Adorno (2010), porque fetichizam a ciência, convertendo-a em uma entidade mística e atemporal, que oculta os traços de construção histórica e social. Assim, a ciência passa ocupar o papel do divino e os cientistas, seus sacerdotes, donde alguns são santificados e recebem o título de gênio. A expressão *vocação* recupera seu significado original, de um chamado divino, uma tarefa designada por Deus a poucos escolhidos. Assim, o mundo se divide entre os seres humanos comuns e o pequeno grupo de *gênios*, cuja inteligência superior é incompreensível, e apenas podemos, por meio de um esforço, captar alguns fragmentos de seu pensamento. Trata-se de uma concepção que estimula a produção de crença científica, ao invés de conhecimento científico<sup>4</sup>.

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos vídeos, foi possível constatar que o YouTube, enquanto meio de comunicação da Indústria Cultural, possui um acervo com diversos vídeos brasileiros sobre a famosa equação  $E=mc^2$ , e pelo número de visualizações, são bem populares. Entretanto, poucos vídeos abordam os conceitos de maneira correta e eficiente, pois a maioria carrega expressões estereotipadas e explica a relação massa-energia de maneira errônea e equivocada, o que acarreta consequências desastrosas para o ensino de física.

Além dos problemas conceituais, os vídeos apresentam erros históricos, uma vez que a tendência é fazê-los cada vez mais curtos e resumidos, o que destaca o caráter semiformador destas mídias. Com o interesse em se manter informado, estar a par dos assuntos importantes, como a famosa equação, o indivíduo busca transformar tudo aquilo

<sup>4</sup> “Há uma importante distinção entre conhecimento científico e crença científica. Ter conhecimento científico sobre um assunto significa conhecer os resultados científicos, aceitar esse conhecimento e ter o direito de aceitá-lo, conhecendo de fato (não através de invenções pseudo-históricas) como esse conhecimento é justificado e fundamentado. Crença científica, por outro lado, corresponde ao conhecimento apenas dos resultados científicos e sua aceitação baseada na crença na autoridade do professor ou do “cientista”. A fé científica é simplesmente um tipo moderno de superstição. É muito mais fácil adquiri-la que o conhecimento científico – mas não tem o mesmo valor.” (Martins, 2006, p. XXVI).

que é mediato em imediato. (Adorno 2010). O interesse em aprender de maneira mais rápida e fácil é uma das principais características do contexto de semiformação e que propicia a disseminação do “efeito vitrine” na divulgação científica.

Como acreditamos que as mídias digitais e as informações nas redes sociais vão continuar exercendo grande influência sobre a população e diante do atual contexto de desinformações e negacionismo científico, consideramos que não bastam apenas novas pesquisas sobre a forma como os conceitos científicos são abordados na internet. É necessário um trabalho de base tanto na educação básica quanto na formação docente. Defendemos que é necessário estimular os docentes a participarem da produção de conteúdo de divulgação científica que se oponha ao “efeito vitrine”, isto é,

*[Uma divulgação científica que] visa conferir às pessoas um certo poder. Esse tipo de vulgarização fornece às pessoas um certo conhecimento, de maneira que elas possam dele se servir. Assim, há como difundir uma informação relativa às centrais nucleares a fim de permitir à população local escolher com melhores fundamentos se ela quer ou não uma central nuclear. Ou, por outro lado, há meios de dar aos pacientes conhecimentos médicos suficientes para que eles possam determinar se aceitam ou não determinado tratamento. Pode-se também produzir um curso sobre a eletricidade que permita compreender o funcionamento de um fusível. Esse tipo de vulgarização científica confere um verdadeiro conhecimento, no sentido de que a representação do mundo por ele fornecida permite agir. Ajuda também os não-especialistas a não se sentirem inteiramente à mercê dos especialistas. (Fourez, 1995, p. 221)*

Assim, tanto na educação básica quanto na superior, vídeos que apresentam incongruências conceituais e promovem a semiformação, não só podem, como devem ser problematizados. Por isso, ao assistir vídeos no YouTube, é importante questionar quais são as mensagens e os interesses condutores que os permeiam? Que tipo de visão promovem sobre a ciência? Qual imagem está sendo construída sobre o cientista?

Possíveis respostas a essas questões nos estimulam a pensar em caminhos para minimizar a disseminação de informações tão precárias na internet. Como destaca Adorno (2010), a auto-reflexão crítica é uma possibilidade de combate à semiformação e, neste sentido, é importante desenvolver atividades educativas para reflexão. Um outro caminho interessante é que no processo formativo de professores de física, haja o fomento de discussões com vídeos do YouTube, como por exemplo da relação  $E = mc^2$  e se problematize, por meio de discussões conceituais e históricas, o discurso dos divulgadores das informações, levando, assim, os estudantes a promoverem reflexões acerca da natureza da formação dos conceitos e conhecimentos científicos. A ideia é desenvolver estratégias pedagógicas nos diversos níveis de ensino, para incentivar os alunos a analisar o discurso utilizado, verificar as fontes, a origem e quem o produziu. Acreditamos que combater a desinformação também é divulgar a boa informação. Além disso, é necessário construir e divulgar notícias, textos e vídeos bem desenvolvidos, com fontes confiáveis, baseados em um discurso científico, histórico, problematizador e ético.

## REFERÊNCIAS

Adorno, T. W. (2010). Teoria da Semiformação. In: Pucci, B., Zuin, A., Lastória, L. A. C. N. (orgs). *Teoria Crítica e Inconformismo: novas perspectivas de pesquisa*. Autores Associados.

Adorno, T. W. (2021). *Educação e Emancipação*. Paz e Terra.

Adorno, T. W ,Horkheimer, M. (1985). *Dialética do esclarecimento: fragmentos filosóficos*. Zahar.

Atech-Info.  $E = M.C^2$  (2018). Saiba o que é. *YouTube*, 26 mai 2018. Disponível em: <https://youtu.be/8VlzNKbjhqI> Acesso em: 4 set 2022.

Brasil Escola. (2019). Teoria da Relatividade Especial ou Restrita. *YouTube*, 15 fev 2019. Disponível em: <https://youtu.be/13mHPXD8BHo> Acesso em: 4 set 2022.

Como é bom ser nerd. (2022).  $E = mc^2$  explicado. *YouTube*, 31 ago 2022. Disponível em: <https://youtu.be/hNk2q2-yshw> Acesso em: 4 set 2022.

Duarte, R. (2014). *Indústria Cultural e meios de comunicação*. WMF Martins Fontes.

Einstein, A. (1905). Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? *Annalen der Physik*, 323(13), 639–641.

Física Total. (2019) Massa relativística – relação massa energia. *YouTube*, 4 abr 2019. Disponível em: <https://youtu.be/hV94lu8RLwk> Acesso em: 4 set 2022.

Fadner, W. L. (2008). Did Einstein really discover “ $E = mc^2$ ”? *Am. J. Phys.* 56(2), 114-122.

Fourez, G. (1995). *A Construção das Ciências: Introdução à Filosofia e a Éticas das Ciências*. São Paulo: Editora Unesp.

Grossman, Lev. (2006). *You - Yes, You - Are TIME's Person of the year*. Disponível em: <http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,1570810,00.html>

HuffPost Brasil. (2015). O que significa  $E = mc^2$ ? *YouTube*, 6 ago 2015. Disponível em: <https://youtu.be/PP0M3xuHcvs> Acesso em: 4 set 2022

Ives, H. (1952) Derivation of the Mass-Energy Relation. *Journal of the Optical Society of America*, 42(8), 540-543.

Lacerda, G. H. Dias Di Raimo, L. C. F. Se tá na Internet é verdade. *PERcursos Linguísticos*, 9(22), 179-199.

Maar, W. L. (2003). Adorno, semiformação e educação. *Educação & Sociedade*, 24, 459-476.

Martins, R. A. (1989). A Relação Massa-Energia e Energia Potencial. *Cad.Cat.Ens,Fís.*, 15, 265-300.

Martins, R. A. (2005). Física e História. *Ciência e Cultura*, 57(3), 25-29.

Martins, R. A. (2006). Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. In: Silva, C. C. (ed.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física. pp. XVII-XXX.

Martins, R. A. (2012). Teoria Relatividade Especial. Livraria da Física.

Martins, R. A. (2015). *A Origem Histórica da Relatividade Especial*. Livraria da Física.

Minuto da física. (2013).  $E = mc^2$  está incompleta. *YouTube*, 30 mai 2013. Disponível em: [https://youtu.be/E5\\_RH3h-OeE](https://youtu.be/E5_RH3h-OeE) Acesso em: 4 set 2022.

Nunes, R. C., Queirós, W. P. (2020). Doze mitos sobre a Teoria da Relatividade que Precisamos Superar. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(2), 531-573.

Nunes, R. C. Queirós, W. P. Cunha, J. A. R. (2022). Conceito de massa e a relação massa-energia no conteúdo de relatividade especial em livros didáticos de física. *Revista De Enseñanza De La Física*, 34(1), 9–21.

Ostermann, F., Ricci, T. S. F. (2004). Relatividade restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 21(1), 83-102.

Papo de primata. (2014).  $E = mc^2$  Relatividade. *YouTube*, 29 set 2014. Disponível em: <https://youtu.be/mQHDYtsBz7c> Acesso em: 4 set 2022.

Planck, M. (1907). Zur Dynamik bewegter Systeme *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 29, 542-570

Poincaré, H. (1900). La théorie de Lorentz et le principe de réaction. *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles*, 5, 252-278.

Poincaré, H. (1904). L'état et l'avenir de la Physique mathématique. *Bulletin des Sciences Mathématiques*, 28, 302-324.

Poincaré, H. (1908). La dynamique de l'électron. *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 19, 386-402.

---

Ponto em comum. (2016). O que  $E = mc^2$  significa? *YouTube*, 20 dez 2016. Disponível em: <https://youtu.be/FRX63cCdFeU>  
Acesso em: 4 set 2022.

Portal da ciência. (2015). Teoria da relatividade de Albert Einstein. *YouTube*, 4 out 2015. Disponível em: <https://youtu.be/qD7tvSBkpy> Acesso em: 4 set 2022.

Scientia TV. (2014). Aula 12.7 - Teoria da Relatividade. *YouTube*, 22 out 2014. Disponível em: <https://youtu.be/3UX-danB52nl> Acesso em: 4 set 2022.

Stachel, J. Torretti, R. (1982). Einstein's First Derivation of Mass–Energy Equivalence. *Am. J. Phys.* 50(2), 760-763

TV Brasil. (2016). O que é  $E = MC^2$ . *YouTube*, 13 jun 2016. Disponível em: <https://youtu.be/2-DugbA91M4> Acesso em: 4 set 2022.