

# **AVALIAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÉVIO SOBRE A FÍSICA QUÂNTICA DE PESSOAS EM MEIO WEB: UMA ANÁLISE UTILIZANDO ESCALA LIKERT E ALFA DE CRONBACH**

*EVALUATION OF PRIOR KNOWLEDGE ABOUT QUANTUM PHYSICS AMONG WEB USERS: AN ANALYSIS USING LIKERT SCALE AND CRONBACH'S ALPHA*

Rafaelle da Silva Souza<sup>1</sup>, Gabriel Adriano de Jesus Reis<sup>2</sup>

Recebido: setembro/24 - Aprovado: dezembro/24

**RESUMO:** Essa pesquisa tem como objetivo avaliar o conhecimento prévio de estudantes do Ensino Médio e discentes (e egressos) da Graduação sobre Física Quântica, utilizando um questionário online com perguntas de múltipla escolha e Escala Likert. Realizada ao longo do segundo semestre de 2023, a coleta de dados alcançou 173 respostas, predominantemente de participantes com formação até o Ensino Médio e idade entre 14 e 25 anos. A análise dos dados, utilizando o coeficiente alfa de Cronbach e o Ranking Médio, revelou alta consistência nas respostas e um conhecimento razoável dos conceitos fundamentais da Física Quântica, porém lacunas de compreensão em aspectos mais complexos. Os participantes reconheceram a aplicabilidade tecnológica da Física Quântica, especialmente na medicina e expressaram preocupação com os impactos sociais do uso inadequado dos conceitos, como o charlatanismo. Os resultados destacam a importância da educação científica e tecnológica em Física Quântica para uma compreensão mais sólida e precisa. Recomenda-se investimentos em divulgação científica acessível, bem como abordagens regulatórias para mitigar os riscos associados ao mau uso dos conceitos quânticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Questionário; Física Quântica; Conhecimento prévio.

**ABSTRACT:** This research aims to assess the prior knowledge of high school students and undergraduate students (both current and alumni) regarding Quantum Physics, using an online questionnaire with multiple-choice questions and a Likert Scale. Conducted during the second half of 2023, the data collection reached 173 responses, predominantly from participants with up to high school education and aged between 14 and 25 years. Data analysis, using Cronbach's alpha coefficient and Mean Ranking, revealed high consistency in responses and a reasonable understanding of fundamental Quantum Physics concepts, but gaps in comprehension of more complex aspects. Participants recognized the technological applicability of Quantum Physics, especially in medicine, and expressed concern about the social impacts of the misuse of concepts, such as charlatanism. The results highlight the importance of scientific and technological education in Quantum Physics for a more solid and accurate understanding. Investments in accessible scientific dissemination are recommended, as well as regulatory approaches to mitigate the risks associated with the misuse of quantum concepts.

**KEYWORDS:** Questionnaire; Quantum Physics; Prior knowledge.

<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6713-2292> – Instituto Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil.

<sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0007-1524-4920> – Instituto Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil





## 1 Introdução

As questões que envolvem a aprendizagem de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea na educação básica têm sido fonte de pesquisa no Brasil desde os primeiros anos da década de 1990 (TERRAZZAN, 1994). Especificamente, sobre a Física Quântica (FQ) demarcam a última década (SOUZA et al., 2021; SOUZA, 2023). Alguns trabalhos, tais como os de Fischler e Lichtfeldt (1992) e Lino e Fusinato (2011), são exemplos dos poucos trabalhos que se dedicam à compreensão da aprendizagem desses conceitos na perspectiva da cognição. Mas, há uma escassez de estudos sobre a compreensão conceitual com atenção à sociedade em geral (SOUZA, MIRANDA, 2022).

A demarcação pela FQ na presente investigação deve-se à observação de constantes práticas charlatãs amplamente divulgadas na internet, ao que se denomina charlatanismo quântico, bem como ao crescente interesse da sociedade por essa área de conhecimento (SOUZA, MIRANDA, 2022).

Observa-se que a palavra “quântica(o)” popularizou-se, tornando-se clara a sua penetração nos contextos sociais (CRUZ, 2011). Há grande influência em aspectos diversificados da cultura contemporânea, abrangendo áreas como a psicologia, a economia, saúde, em contextos totalmente às margens da produção acadêmica dessa área, sobretudo em produtos, serviços e na ficção científica, que utilizam o termo de modo questionável.

Desse modo, o objetivo dessa pesquisa é avaliar o conhecimento prévio de estudantes do Ensino Médio e discentes (e egressos) da Graduação em relação a FQ envolvendo conceitos básicos da teoria e aplicações. Para operacionalização da pesquisa, foi elaborado um questionário por meio do Google Forms e adotando a metodologia da Escala Likert. Esse questionário foi amplamente divulgado no perfil do Instagram do autor e alcançou a amostra de 173 respondentes.

Para a análise dos dados aplicou-se o Alfa de Cronbach e o Ranking Médio, além da interpretação dos resultados em percentual. A Escala Likert é uma técnica bem estabelecida para medir atitudes e opiniões, enquanto o Alfa de Cronbach é amplamente reconhecido como uma medida de consistência interna ou confiabilidade de um questionário. Quanto ao Ranking Médio, trata-se de uma métrica estatística utilizada neste estudo para calcular a média ponderada das respostas dos participantes em cada item da escala Likert. Ele oferece uma medida quantitativa do nível de concordância ou discordância dos respondentes com cada afirmação proposta no questionário.

A maioria dos participantes tinha formação escolar até o ensino médio e idade entre 14 e 25 anos. Mais da metade dos participantes afirmou ter adquirido conhecimento sobre FQ por meio de vídeos online. Os resultados indicaram que os participantes têm um conhecimento razoável sobre conceitos fundamentais da FQ, mas há lacunas de compreensão em aspectos mais complexos. A percepção da aplicabilidade tecnológica da FQ foi positiva, com a maioria dos participantes reconhecendo seu potencial em diversas áreas, especialmente na medicina. Houve preocupação significativa com os impactos sociais do uso inadequado dos conceitos quânticos, incluindo o charlatanismo e a propagação de crenças pseudocientíficas. Os resultados destacam a importância da educação científica e tecnológica em FQ para promover uma compreensão precisa dos conceitos e suas aplicações. Recomenda-se investir em iniciativas



de divulgação científica, para além das que as instituições de ensino já realizam, acessíveis e abordar questões regulatórias para mitigar os riscos associados ao mau uso dos conceitos quânticos.

## 2 Divulgação científica para o grande público: o caso da FQ em meio Web

O conhecimento científico contemporâneo (início do século XX até início do século XXI) tem influenciado diretamente o mundo atual, bem como os moldes operantes da sociedade. O grande público está imerso na globalização e ao fácil acesso à informação, mas não todo ele é formado de modo a ser um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo ambiente. Na atualidade, não há temas que não tenham a intervenção da ciência e de suas aplicações (AFONSO, 2008). Fala-se nas alterações climáticas, saúde pública, desenvolvimento sustentável, escassez de água e de energia, entre tantos outros temas.

Compreende-se que, “numa sociedade democrática é fundamental levar até aos cidadãos conhecimentos sobre ciência e tecnologia que invadam as suas vidas, de forma a permitir moldar o seu hoje e o seu futuro” (AFONSO, 2008, p. 21), levando-os a compreender, criticar e desenvolver competências e habilidades necessárias para o século XXI.

No caso da FQ, um ramo da ciência com pouco mais de 100 anos, lidera estudos que envolvem fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do Universo distante, a partir de princípios, leis e modelos que são construídos pela própria Física. Trata-se de um campo fascinante que revolucionou a compreensão da estrutura da matéria, do átomo e das partículas elementares. Sem seu desenvolvimento, pouco teríamos avançado nesse domínio. Segundo Freire Jr. (2021), a comunidade internacional de pesquisadores se prepara para “o século” da teoria quântica, com 2025 como um marco significativo. No entanto, os fundamentos conceituais da FQ ainda deixam muitos cientistas em busca de respostas. A equação de Schrödinger, por exemplo, descreve um sistema fechado por meio de um “estado” que evolui de maneira determinista ao longo do tempo. Diferentemente da mecânica clássica, esse estado geralmente oferece apenas probabilidades (PESSOA JR, 2003).

Os objetos quânticos, como os elétrons, habitam uma nuvem de incerteza, que é matematicamente representada por uma “função de onda” que se transforma suavemente, assemelhando-se a ondas comuns no mar. Contudo, quando uma propriedade, como a posição de um elétron, é medida, sempre resulta em um valor preciso, podendo ser replicado imediatamente após a medição. Essa sutileza nas medições de sistemas quânticos foi abordada pelos pioneiros da teoria quântica, Niels Bohr e Werner Heisenberg, na década de 1920, que desenvolveram a chamada interpretação de Copenhague. Esta abordagem propõe que o ato de observar um sistema quântico provoca o “colapso” da função de onda, transformando-a de uma curva difusa em um único ponto de dados (HOWARD, 2004). Embora essa interpretação tenha reestruturado a Física, levantou questões sobre a aplicação de diferentes regras para o mundo quântico em comparação ao mundo clássico das medições diárias.



O Erwin Schrödinger, por meio de seu famoso experimento mental do gato, ilustrou a incerteza do estado quântico até que a observação ocorra. Esse experimento, proposto em 1935, exemplifica as complexidades envolvidas na medição de estados quânticos e a natureza dual dos objetos quânticos. A teoria quântica, que surgiu no início do século XX a partir dos trabalhos de Planck, introduziu o conceito de energia descontínua, formando a base para o estudo de fenômenos em escala microscópica. Apesar de ser um campo tradicionalmente experimental, as teorias quânticas foram formuladas de maneira dedutiva e racional, refletindo um avanço significativo na Física, especialmente com a introdução do Princípio da Incerteza de Heisenberg, que desafiou os fundamentos do determinismo científico. Esse novo paradigma não apenas ampliou o conhecimento sobre partículas elementares, mas também teve repercussões profundas na Filosofia da Ciência, mudando a percepção de certeza e previsão na física moderna. Parte inferior do formulário

É neste contexto que a sociedade adquire seus conhecimentos prévios, que podem ou não ser levados para dentro de uma sala de aula, e que são muito significativos para a sua aprendizagem e para atuar no mundo.

Muitos são os fatores que contribuem para o acesso à informação, como por exemplo, o amplo acesso a internet, a popularização das redes sociais e de canais como o YouTube, a busca constante por atualização do trabalho dos professores frente à sala de aula. Entretanto, discernir o que é conteúdo sério e confiável é ainda um desafio.

Independente disso, as ideias iniciais sobre um determinado tópico podem ser decisivas durante a aprendizagem (MASINI e MOREIRA, 2008). Isto é aprendizagem significativa, aprendizagem com incorporação de significados. Dessa forma, quando se pensa na internet enquanto uma fonte inesgotável de conhecimento, que molda a forma como a sociedade interage, aprende e age, o conhecimento prévio construído pode impactar desde a vida cotidiana até grandes movimentos sociais.

A internet democratizou o acesso à informação, quebrando barreiras geográficas, socioeconômicas e culturais. Através de pesquisas online, cursos virtuais, artigos, vídeos e outras mídias, as pessoas podem adquirir conhecimento sobre diversos assuntos, expandindo seus horizontes e perspectivas. Esse acesso à informação contribui para o empoderamento individual e coletivo, permitindo que as pessoas tomem decisões mais conscientes e engajadas em questões sociais. Essa conectividade global impulsiona a formação de comunidades virtuais, movimentos sociais transnacionais e iniciativas de cooperação internacional.

Essa liberdade de expressão impulsiona a diversidade de vozes e perspectivas, desafiando narrativas tradicionais e promovendo o debate público. No entanto, é importante reconhecer que o conhecimento prévio construído através da internet também apresenta desafios e riscos. A proliferação de desinformação, notícias falsas e conteúdo tendencioso pode levar à polarização social, à tomada de decisões equivocadas e à erosão da confiança nas instituições. É crucial desenvolver habilidades de discernimento crítico para avaliar a confiabilidade das informações online e buscar fontes confiáveis.

A veiculação em termos simples da ciência enquanto processo, seus princípios estabelecidos e metodologias por ela empregada é o que se considera como divulgação científica (REIS, 2002). A



divulgação científica contribui com a inclusão do debate sobre temas especializados e de impacto na vida do indivíduo, buscando permitir que pessoas leigas assimilem novas descobertas e o progresso científico, compreendendo o mundo em que vivem. (BUENO, 2010). Assim, cria-se um meio de democratizar o conhecimento sobre ciência, levando fatos científicos, pressupostos sedimentados na investigação do fato e na produção do conhecimento acerca deste, ao público em geral. (PORTO, 2009).

Considerada responsabilidade das universidades, a área da divulgação científica encontra-se em expansão, especialmente nas duas últimas décadas, assim como o público interessado nos assuntos de ciência, de forma que se configuram nas formas de apropriação do conhecimento, aspecto visível pelo aumento de canais de divulgação científica, promoção de eventos, criação de museus, espaços e centros para a ciência, organização de conferências populares e audiências, surgimento e publicação crescente de revistas, livros, boletins, jornais eletrônicos, sites, redes sociais e assim por diante (MOREIRA, 2006; VALERIO; PINHEIRO, 2008; SOUZA, MIRANDA, 2022). Cabe ainda sinalizar que o ciberespaço facilitou o processo de comunicação científica, pois “o que antes levava meses para ser lido, informado, atualmente, na medida em que é noticiado, tem seu espaço já reservado na Internet” (PORTO, 2010, p. 67).

Nesse contexto, a educação científica e tecnológica de um indivíduo inserido socialmente e a não-discriminação de indivíduos socialmente ativos, são essenciais para a proposta de uma sociedade democrática com a participação de todos os cidadãos no processo de construção social (LINS DE BARROS, 2002). A divulgação científica, possuindo como função primordial a democratização do acesso ao conhecimento científico, estabelece, por sua vez, condições para a educação científica e tecnológica ao passo que não deve se limitar à simples enunciação, mas contextualiza dados, fatos, resultados e serve de instrumento para aproximar os que produzem ciência e tecnologia do cidadão comum (BUENO, 2010).

Reconhecendo a complexidade intrínseca da FQ, que envolve conceitos altamente abstratos, como superposição dos estados, entrelaçamento quântico, dualidade onda-partícula e princípio da incerteza de Heisenberg, a divulgação dessa área requer extrema cautela e especificidades. A divulgação científica no meio Web muitas vezes ocorre de forma fragmentada, com destaque para aspectos mais espetaculares e cativantes, sem necessariamente proporcionar uma visão abrangente e precisa. Isso exige maior atenção para evitar mal-entendidos. A linguagem convencional e as analogias comuns são frequentemente insuficientes para transmitir a realidade quântica de forma precisa, e a tentativa de simplificação ou comparação com experiências cotidianas pode resultar em interpretações equivocadas.

Dessa forma, a pesquisa busca não apenas avaliar o nível de conhecimento da população sobre FQ, mas também identificar possíveis lacunas e desafios na divulgação científica dessa área complexa.

### 3 Metodologia

Com objetivo de avaliarmos o conhecimento prévio de seguidores de um perfil no Instagram, foi elaborado um questionário, utilizando-se a plataforma Google formulários, contendo 5 questões para



conhecer o perfil dos respondentes, 1 questão aberta, sendo a resposta não obrigatória, em que eram permitidas críticas, sugestões ou compartilhamento de experiência dos participantes e 20 em Escala Likert formuladas para analisar o parâmetro de concordância dos respondentes em relação a diversas assertivas que envolvem a FQ, permitindo essas uma análise quantitativa do parâmetro.

A Escala Likert deriva seu nome de Rensis Likert, um professor de sociologia e psicologia do Instituto de Pesquisas Sociais de Michigan (ANASTASI, 1977). É um tipo de escala de respostas psicométricas utilizada amplamente em questionários de pesquisa de opinião, no qual os entrevistados especificam seu nível de concordância com uma afirmação proposta em um item do questionário. Com uma atribuição de valores, as respostas que refletem as percepções dos entrevistados normalmente são transformadas de uma escala nominal para uma numérica (HORA et al., 2010): 1) Discordo totalmente recebe valor zero; 2) Discordo recebe valor 0,25; 3) Indeciso recebe valor 0,50; 4) Concordo recebe valor 0,75; 5) Concordo totalmente recebe valor 1,0.

Para a aplicação do questionário foi utilizado um perfil do Instagram no qual se fez a divulgação do mesmo entre seus seguidores. A coleta foi feita ao longo do segundo semestre de 2023 e totalizaram 173 respostas.

Os 20 itens do questionário relacionados ao tema 'Física Quântica' foram segmentados em três dimensões da seguinte forma:

#### I. Percepção quanto aos conceitos fundamentais da FQ;

- a. Entendo a diferença entre a mecânica quântica e a mecânica clássica
- b. Tenho um bom conhecimento sobre os princípios básicos da FQ
- c. Entendo o conceito de dualidade onda-partícula e como ele se aplica a partículas subatômicas
- d. Entendo o princípio da incerteza de Heisenberg e seu efeito sobre a medida de partículas subatômicas
- e. Compreendo a natureza probabilística dos eventos em FQ
- f. Sou capaz de explicar o que é o colapso da função de onda em FQ
- g. Compreendo a teoria do modelo padrão da física de partículas
- h. O experimento da dupla fenda demonstra a natureza ondulatória da matéria
- i. O experimento do gato de Schrödinger demonstra a ideia de superposição quântica
- j. Não é necessário que toda a sociedade conheça aspectos gerais da FQ

#### II. Percepção quanto à aplicabilidade tecnológica da FQ;

- a. A interferência quântica é um fenômeno importante da FQ que pode ser aplicado em tecnologias quânticas
- b. O princípio da superposição de estados é uma propriedade importante da FQ que pode ser aplicada em tecnologias quânticas
- c. Acredito que a FQ pode ser aplicada em tecnologias do dia-a-dia
- d. A FQ pode ser usada na medicina, por exemplo, na ressonância magnética quântica
- e. Estou interessado em aprender mais sobre a FQ e suas aplicações



### III. Impactos sociais quanto ao uso inadequado dos conceitos quânticos;

- a. O charlatanismo quântico pode ser perigoso para a saúde e segurança das pessoas, pois pode levar a tratamentos de saúde ineficazes e arriscados
- b. A má interpretação da FQ pode levar a crenças pseudocientíficas e perigosas
- c. É comum algumas reivindicações infundadas feitas por charlatães quânticos, como a cura quântica ou a energia quântica
- d. A falta de regulamentação em algumas áreas pode permitir que charlatães místicos se aproveitem do público
- e. A educação sobre a FQ pode ajudar a combater o misticismo quântico e seu uso inadequado

Esses itens, julgados pelos respondentes de acordo com a Escala Likert, são justificados pela intenção de quantificar percepções e medir concordância em uma determinada amostra. Embora tais questões possam não capturar todas as nuances dos conceitos quânticos, elas são adequadas para traçar um panorama inicial de entendimento e atitudes em relação à FQ. Para uma análise mais detalhada, a questão aberta oferece a possibilidade de os participantes expressarem suas percepções ou dificuldades adicionais, funcionando como um complemento qualitativo para mitigar a superficialidade das respostas e oferecer um maior nível de compreensão.

Para cada um dos itens do questionário, conforme supracitado, buscou-se avaliar o nível de concordância de acordo com a escala de Likert e, após a tabulação dos dados, o alfa de Cronbach foi calculado. Para avaliar a confiabilidade desse questionário, foi utilizado o coeficiente alfa de Cronbach (GEORGE, MALLERY, 2003), que avalia a confiabilidade e coerência interna dos instrumentos de coleta de informação, permitindo avaliar a correlação média das respostas dadas pelos respondentes nas questões em Escala Likert. Para isso, foi utilizado o *Jamovi* (Version 2.5) que é um software estatístico gratuito e de código aberto que pode ser acessado através de um navegador da web. A variação dos valores deste coeficiente encontra-se entre 0 e 1, quanto mais próximo de 1, maior confiabilidade entre os indicadores, valores abaixo de 0,70 indicam falta de consistência das questões do instrumento.

Para analisar os itens, além da observação dos percentuais de respostas, foi considerado o cálculo do Ranking Médio proposto por Oliveira (2005). Trata-se do cálculo da média ponderada para cada item com escala numérica de 0 a 1 baseando-se na frequência das respostas. A importância do Ranking Médio reside no fato de que ele permite uma análise mais detalhada e sensível das respostas dos participantes, a partir do qual se pondera a frequência das respostas e o grau de concordância expresso pelos participantes, atribuindo valores numéricos de acordo com a escala Likert utilizada. Ao calcular o Ranking Médio para cada item do questionário, os pesquisadores podem identificar quais afirmativas foram mais ou menos consensuais entre os participantes, bem como avaliar a intensidade das opiniões expressas. Isso oferece insights valiosos sobre a percepção e o conhecimento dos respondentes em relação aos diferentes aspectos da FQ abordados na pesquisa.

Para operacionalizar o processamento de dados da amostra (n=173) utilizou-se o Microsoft Excel e a estratégia do cálculo do Ranking Médio (RM). A equação para calcular o RM de um item em uma escala Likert é dada pela fórmula:



$$RM = \frac{(\sum(Vi \times fi))}{N}$$

onde:

- Vi é o valor numérico atribuído à i-ésima categoria da escala Likert.
- fi é a frequência de respostas na i-ésima categoria.
- n é o número total de categorias na escala.
- N é o número total de respostas, ou seja,  $N = \sum(fi)$ .

Para a escala Likert considerou-se os valores de 0.0 a 1.0. Portanto, a partir das frequências de respostas, pode-se calcular o RM somando os produtos das frequências pelos valores atribuídos e dividindo pelo total de respostas. Quanto mais próximo de 1 o RM estiver, maior será o nível de satisfação dos participantes e quanto mais próximo de 0, menor.

## 4 Resultados e discussão

O resultado do cálculo do alfa de Cronbach, Tabela (1), indica a coerência das questões apresentadas no questionário aplicado. O valor do coeficiente alfa encontrado, considerando-se todas as dimensões, foi 0,99, valor considerado de confiabilidade muito alta, segundo parâmetros utilizados por Freitas e Rodrigues (2005).

Tabela (1) – Análise de Fiabilidade

Média	Desvio-padrão	$\alpha$ de Cronbach
0.817	0.401	0.996

Fonte: Elaborado pelo autor

A média de 0.817 indica que a pontuação média dos participantes em cada item da escala foi relativamente alta. Essa informação pode ser útil para avaliar o nível geral de concordância dos participantes com as afirmações da escala. O desvio-padrão de 0.401 indica que as respostas dos participantes em cada item da escala apresentaram baixa dispersão. A utilização do coeficiente alfa de Cronbach para determinar o grau de confiabilidade de um questionário destinado a aferir o conhecimento prévio dos respondentes, com a utilização de softwares livres, mostram que há confiabilidade no instrumento e configura ferramenta relevante para apoiar o pesquisador.

Com os itens no questionário considerados adequados, segue-se para descrição dos percentuais do público respondente do questionário. Entre os respondentes, havia estudantes do ensino fundamental até pós-graduados, como se ver na Tabela (2).



Tabela (2) – Escolaridade dos participantes

<b>Escolaridade</b>	<b>%</b>
Pós-graduação	13,29%
Graduação completa	5,20%
Graduação incompleta	25,43%
Ensino médio completo	12,14%
Ensino médio incompleto	32,95%
Ensino fundamental completo	8,09%
Ensino fundamental incompleto	2,89%

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da análise da Tabela (2), percebe-se que o maior quantitativo de participantes é compreendido pelo público que ainda encontra-se cursando o ensino médio, quase 33%, e por estudantes que ainda não finalizaram a graduação, quase 25%. Com esse achado, considerou-se relevante analisar a faixa etária dos mesmos.

Tabela (3) – Idade dos participantes

<b>Idade</b>	<b>%</b>
14-18	37,43%
19-25	32,75%
26-30	6,43%
31-35	7,60%
36-40	6,43%
41-45	5,26%
46-54	4,09%

Fonte: Elaborado pelo autor

Com a Tabela (3), verifica-se que aproximadamente 70% dos participantes fazem parte do público de adolescentes e jovens, entre os 14 e 25 anos de idade. Embora a amostra seja predominantemente formada por pessoas com até o ensino médio e entre 14 e 25 anos, esse perfil reflete o público principal das redes sociais, especialmente plataformas como o Instagram, onde a pesquisa foi distribuída. Considerando que a divulgação científica em FQ visa justamente alcançar jovens e adultos com educação básica, a amostra é coerente com o público-alvo da pesquisa e oferece insights significativos sobre o conhecimento dessa faixa etária, bem como valida o presente estudo no contexto digital e entre perfis de jovens adultos. Considerando a escolaridade e a faixa etária, foi relevante conhecer a percepção dos participantes quanto ao conhecimento em FQ.



Tabela (4) – Percepção pessoal

Percepção pessoal da FQ	%
Já li ou assisti vídeos sobre o assunto	52%
Já estudei em cursos formais na graduação ou pós-graduação	21%
Já estudei no ensino médio	13%
Nunca estudei ou ouvi nada sobre o assunto	14%

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se que mais da metade dos participantes afirmam que seu conhecimento sobre a FQ é proveniente de vídeos sobre o assunto - Tabela (4). Esse resultado pode ser explicado por várias razões, entre elas, destaca-se: o público mais jovem, que naturalmente consome mais recursos digitais como os vídeos (PASE, 2008); ou por não haver previsto no currículo do ensino médio esse conteúdo (BUSATTO et al., 2018). Ainda, a utilização de um perfil de divulgação científica como ponto de coleta de dados se coloca como estratégica positiva, pois oferece uma análise da eficácia das práticas de divulgação em atingir um público já engajado. Esse público pode fornecer feedback sobre como as mensagens são interpretadas e os níveis de entendimento de quem já se interessa pelo tema, oferecendo dados úteis para o aprimoramento das práticas de comunicação científica conforme veremos no Quadro (1) acerca de relatos de experiência com a FQ.

Analisando-se individualmente cada dimensão, avalia-se os conhecimentos prévios dos respondentes. Para a primeira dimensão, analisa-se a percepção quanto aos conceitos fundamentais da FQ, sem que haja preocupação com o formalismo matemático.

Tabela (5) – Percepção quanto aos conceitos fundamentais da FQ

Assertivas	Discordo totalmente	Discordo	Indeciso	Concordo	Concordo totalmente	Ranking Médio
	0,0	0,25	0,50	0,75	1,0	0,0 - 1,00
A	7,51%	10,40%	19,65%	30,06%	32,37%	0,67
B	13,29%	19,08%	25,43%	27,75%	14,45%	0,53
C	14,45%	19,08%	20,23%	25,43%	20,81%	0,55
D	12,72%	18,50%	26,59%	23,70%	18,50%	0,54
E	12,72%	11,56%	26,59%	31,21%	17,92%	0,57
F	30,64%	24,28%	23,12%	12,72%	9,25%	0,36
G	13,87%	17,34%	21,97%	30,06%	16,76%	0,54
H	10,40%	14,45%	30,06%	23,70%	21,39%	0,58
I	6,94%	6,36%	28,32%	26,01%	32,37%	0,67
J	19,08%	26,01%	21,39%	17,34%	16,18%	0,46

Fonte: dados da pesquisa



Uma análise detalhada da Tabela (5), revela que a maioria (62,43%) dos respondentes afirma compreender a diferença entre as duas mecânicas. No entanto, 37,56% ainda apresentam dúvidas ou discordam. Menos da metade (42,20%) dos participantes possui um bom conhecimento sobre os princípios básicos da FQ, enquanto 57,80% ainda não se sentem seguros nesse quesito. Quase metade (46,24%) dos respondentes afirma que compreende o conceito de dualidade onda-partícula e sua aplicação em partículas subatômicas, o mesmo se repete com o princípio da incerteza e seus efeitos na medição de partículas subatômicas (42,20%), com a assertiva em relação a natureza probabilística dos eventos quânticos (49,13%), sobre a compreensão da teoria do modelo padrão da física de partículas (46,82%), sobre o experimento da dupla fenda (45,09%). No entanto, vários ainda apresentam dúvidas ou discordam. Uma mudança sutil se percebe em relação ao colapso da função de onda, que apenas 21,97% dos participantes afirmam conseguir explicar. Há um pequeno aumento com relação ao experimento do Gato de Schrödinger (58,38%) e, apesar das divergentes opiniões, apenas 33,52% acredita não ser necessário que toda a sociedade conheça sobre os aspectos gerais da FQ.

Semelhantemente, comportam-se os índices de Ranking Médio. Os valores sugerem que os respondentes consideram ter um conhecimento prévio razoável da FQ, sendo o índice mais baixo, (0,36), quando se questiona sobre o colapso da função de onda indicando que, em sua maioria, há dificuldade em explicar este conceito mais avançado ou específico.

O aumento substancial sobre o experimento mental, pode ser atribuído por ser popularmente conhecido e vastamente citado nas redes sociais. Por exemplo, em rápida busca no Google Acadêmico pelo termo “gato de Schrödinger” obtém-se 1.950 resultados. No YouTube a busca não se dá de forma quantificada em termos de resultados, mas o primeiro resultado com o filtro ‘contagem de visualizações’ resulta em mais de 8 milhões de visualizações, enquanto o primeiro resultado da Tag #schrodinger reúne mais de 42 mil publicações.

Ainda, os dados da Tabela (5) indicam que, embora exista um interesse crescente pela FQ, há uma lacuna significativa no conhecimento da população sobre seus princípios básicos e conceitos específicos. Essa lacuna precisa ser preenchida por meio de iniciativas educacionais que utilizem linguagens acessíveis e metodologias inovadoras.

Vale salientar que grande parte dos assuntos científicos na agenda do mundo contemporâneo não são, necessariamente, ensinados na escola (BARBEIRO, 2007), dado esse verificado na Tabela (4) na qual revela-se que apenas 34% dos respondentes tiveram contato com a FQ no ensino formal. Desse modo, argumentamos que a divulgação científica da FQ é fundamental para promover a compreensão do público em geral dessa área do conhecimento e para estimular o debate sobre seus impactos na sociedade. Em consequência, pode-se despertar na população a consciência da importância da pesquisa científica (FRANÇA, 2005).

É importante considerar que mais pesquisas são necessárias para aprofundar o conhecimento sobre a compreensão da FQ na população e identificar as melhores estratégias para promover a educação



científica nessa área, bem como é preciso reconhecer que a FQ é uma área complexa e abstrata, o que justifica a presença de dúvidas e indecisões entre o público.

Quanto à segunda dimensão acerca da percepção quanto à aplicabilidade tecnológica da FQ, tem-se a Tabela (6).

Tabela (6) – Percepção quanto à aplicabilidade tecnológica da FQ

Assertivas	Discordo totalmente	Discordo	Indeciso	Concordo	Concordo totalmente	Ranking Médio
	0,0	0,25	0,50	0,75	1,0	0,0 - 1,00
<b>K</b>	5,20%	9,25%	38,73%	27,17%	19,65%	0,62
<b>L</b>	7,51%	6,94%	34,68%	28,32%	22,54%	0,63
<b>M</b>	4,05%	3,47%	10,40%	28,32%	53,76%	0,81
<b>N</b>	4,05%	4,05%	17,34%	27,75%	46,82%	0,77
<b>O</b>	4,05%	2,31%	8,67%	16,18%	68,79%	0,86

Fonte: dados da pesquisa

A partir da observação da Tabela (6), tem-se que há um bom reconhecimento da aplicabilidade da FQ em áreas específicas como tecnologias quânticas e medicina. 74,57% dos participantes reconhecem a aplicação da FQ na ressonância magnética. É relevante perceber que uma proporção substancial dos participantes está interessada em aprender mais sobre a FQ e suas aplicações, com 68,79% concordando totalmente e 16,18% concordando.

O Ranking Médio das assertivas, entre 0,62 e 0,86, indicam que os respondentes não apenas compreendem a importância e aplicabilidade de conceitos fundamentais da FQ, mas também acreditam fortemente em seu potencial prático em tecnologias cotidianas e áreas especializadas como a medicina. Além disso, há um entusiasmo considerável em aprender mais sobre o assunto, o que pode refletir um reconhecimento da crescente relevância da FQ em diversas inovações tecnológicas. No entanto, há um percentual que ainda não reconhece o potencial da área. Demarca-se com esse resultado que há um gap entre o conhecimento do público sobre os conceitos básicos da FQ e a compreensão de suas aplicações práticas.

Vale ressaltar que o nível educacional dos participantes pode influenciar na percepção da aplicabilidade tecnológica da FQ e que a falta de familiaridade com exemplos concretos de aplicações da FQ no dia a dia pode contribuir para a subestimação de seu potencial. A imagem da FQ muitas vezes associada à ficção científica pode dificultar a compreensão de suas aplicações reais (HALLACK, 2018).

Para esse caso, é necessário investir em iniciativas que demonstrem o potencial da FQ para resolver problemas reais do cotidiano, utilizando linguagem acessível e exemplos práticos. A inclusão de conteúdos sobre as aplicações tecnológicas da FQ na grade curricular do ensino médio pode contribuir para uma visão mais realista do campo, ou ainda investimentos em iniciativas que disseminem o conhecimento sobre as aplicações dessa área e despertem o interesse do público em suas possibilidades.



Na última dimensão, analisa-se a percepção sobre os impactos sociais do uso inadequado dos conceitos quânticos - Tabela (7).

Tabela (7) – Percepção quanto aos impactos sociais do uso inadequado dos conceitos quânticos

Assertivas	Discordo totalmente	Discordo	Indeciso	Concordo	Concordo totalmente	Ranking Médio
	0	0,25	0,50	0,75	1,0	0,0 - 1,00
P	3,47%	4,05%	15,03%	16,76%	60,69%	0.86
Q	3,47%	4,05%	4,62%	19,08%	68,79%	0.76
R	5,20%	6,36%	13,29%	16,76%	58,38%	0,83
S	4,05%	4,05%	8,67%	20,81%	62,43%	0.87
T	2,31%	1,73%	8,09%	20,23%	67,63%	0,46

Fonte: dados da pesquisa

A maioria dos participantes demonstra preocupação com os impactos negativos do uso inadequado da FQ para a saúde e segurança das pessoas, com 60,69% concordando totalmente e 16,76% concordando. Da mesma forma, a maioria concorda que a má interpretação da FQ pode levar a crenças pseudocientíficas e perigosas, com 68,79% concordando totalmente e 19,08% concordando. Há um reconhecimento significativo de que é comum encontrar reivindicações infundadas feitas por charlatões quânticos, como a cura quântica ou a energia quântica, com 58,38% concordando totalmente e 16,76% concordando. Uma proporção substancial dos participantes concorda que a falta de regulamentação em algumas áreas pode permitir que charlatões místicos se aproveitem do público, com 62,43% concordando totalmente e 20,81% concordando. Também há um apoio considerável à ideia de que a educação sobre a FQ pode ajudar a combater o misticismo quântico e seu uso inadequado, com 67,63% concordando totalmente e 20,23% concordando.

Esses resultados indicam uma consciência sobre os riscos associados ao mau uso dos conceitos quânticos, incluindo charlatanismo e propagação de crenças pseudocientíficas. Além disso, há um apoio significativo à ideia de que a educação adequada pode ser uma ferramenta eficaz para combater esses problemas e promover uma compreensão mais precisa da FQ, o que corrobora com o Machado (2017, p. 214): “É necessário ir além dos aspectos de entendimento de uma teoria científica, de sua aplicação e de seu contexto. Necessário, nessa instrumentação, é dar ao sujeito condições de questionar e colocar em xeque suas certezas”.

Logo, é relevante não subestimar que apesar da preocupação geral, ainda há um percentual que não reconhece totalmente os riscos do uso inadequado da FQ. A falta de conhecimento sobre os princípios básicos da FQ pode tornar o público mais suscetível à desinformação e ao misticismo (ROCHA *et al.* 2020; SOUZA e MIRANDA, 2022; ABC, 2024).

O Ranking Médio da Tabela (7), reafirma essas inferências. Os valores altos 0,76 - 0,87 indicam uma preocupação significativa entre os respondentes sobre os riscos associados a essas práticas e a necessidade de medidas regulatórias. O valor de 0,46 para a assertiva sobre a educação para combater o



misticismo quântico sugere uma percepção dividida ou menos consenso sobre a eficácia da educação em FQ como uma solução para combater o misticismo quântico, possivelmente devido à complexidade do tema e à dificuldade de corrigir crenças profundamente enraizadas. Essa análise sugere que, enquanto há um entendimento claro dos riscos, a abordagem para mitigar esses riscos ainda é vista com certo ceticismo.

Por fim, ao deixar um espaço no formulário para os respondentes compartilharem algum tipo de experiência que envolve o termo “quântico/a”; dos 173 respondentes, 42 pessoas fizeram registros. No Quadro a seguir, agrupamos por categorias.

Quadro (1) – Relato de experiência com a FQ

Área	Categoria	Relato de participante
Saúde	Não está claro se reconhece que é charlatanismo	Tenho uma doença crônica e já me ofereceram vários produtos com a promessa de cura: colchão quântico, terapia quântica, meditação quântica...  Não necessariamente, mas vejo regularmente na internet pessoas apresentando produtos, tratamentos que dizem que por exemplo pedras emite ondas que podem influenciar na vida, nas decisões sendo um contato com o universo suas vibrações e seu estado quântico espiritual e material.  Eu lembro de alguns anúncios sobre terapia quântica, mas não me atraiu e não tenho experiências mais profundas.  Sim, já vi um anúncio sobre “calcinhas quânticas” que prometia aliviar cólicas através dos “Pontos Quânticos de Carbono”, que emitem radiação infravermelha longa...
	Reconhece que é charlatanismo	Ozonização Quântica. Eu só virei pro outro lado e fui dormir.  Sim, própria mãe de uma amiga próxima vende cura quântica, nitidamente, charlatanismo
Beleza	Reconhece que é charlatanismo	... já vi sobre “cursos de maquiagem quântica” e muitas outras loucuras que se possa imaginar envolvendo a quântica
Educação	Não está claro se reconhece que é charlatanismo	Com o oferecimento de produtos e cursos, usando o termo de forma devida ou não, mas nunca consumi nenhum, só tive contato  Com o uso de maneira equivocada, somente serviços de palestrantes “coach”.  Sim... já tive contato com uma revista que fala sobre pedagogia quântica, tenho ela até hoje, mas confesso que nunca li... eu achei um pouco estranho ter a palavra quântica numa revista que trata de ensino...
	Reconhece que é charlatanismo	Pedagogia Quântica foi a última. Não li a matéria pois sei que tratava de charlatanismo.
Entretenimento	Reconhece o uso de conceitos físicos	Só com o filme do Homem-Formiga  Sim mas não consigo explicar muito foi em um filme aonde tinha universos paralelos  Sim, filme da Marvel.



Tecnologia	Reconhece a aplicação de conceitos físicos	Já ouvi e pesquisei muito a respeito do computador quântico e um pouco a respeito de seu funcionamento, algo que está em um processo de desenvolvimento e quando “pronto” poderá aprimorar numa escala avassaladora o processamento de um computador  GPS, LEDS e Lasers
------------	--	--

Fonte: dados da pesquisa

Os dados presentes no Quadro estão relacionados ao termo “quântico/a” e as experiências foram categorizadas em Saúde, Beleza, Educação, Entretenimento e Tecnologia. De uma análise detalhada dos relatos agrupados por categorias, tem-se que alguns respondentes têm a percepção do que é charlatanismo<sup>3</sup>. Os produtos e terapias utilizando o termo “quântico” são vistos com desconfiança. Na área de Educação, existe uma mistura de percepções, com alguns reconhecendo o uso inadequado do termo enquanto outros não expressam claramente se consideram tais usos como charlatanismo. Em relação ao Entretenimento e Tecnologia, os respondentes sinalizaram que reconhecem a presença dos conceitos quânticos, sem demonstrar uma distinção clara entre ciência e ficção.

Conclui-se que as experiências relatadas evidenciam uma combinação de percepções sobre a FQ, que trazem à tona uma série de desafios: a complexidade conceitual e a abstração dos temas, a dificuldade em traduzir conceitos para o cotidiano, o sensacionalismo e a desinformação presentes na web, a escassez de materiais didáticos apropriados e a necessidade de treinamento especializado para professores. Isso ressalta a importância de uma educação científica e tecnológica em Física Quântica para promover uma compreensão sólida e precisa, que aumente a conscientização pública sobre o uso adequado dos termos científicos para evitar charlatanismo, enganos e proteger consumidores. A FQ exerce um impacto profundo em diversas áreas da ciência e tecnologia. O grande desafio é construir uma educação e uma divulgação científica que equilibrem acessibilidade e precisão, de modo a fomentar uma compreensão pública mais realista e bem fundamentada dessa área revolucionária da ciência.

## 5 Considerações finais

A pesquisa realizada sobre o conhecimento prévio dos participantes em relação à FQ revela um cenário que demanda atenção significativa para a educação científica e tecnológica. Os dados indicam uma preocupação com os riscos associados ao uso inadequado dos conceitos quânticos, incluindo charlatanismo e a propagação de crenças pseudocientíficas. Embora haja um reconhecimento claro dos perigos envolvidos, a complexidade intrínseca da FQ e a desinformação prevalente na web dificultam a compreensão e a formação de um pensamento crítico robusto entre os indivíduos. Portanto, é imprescindível que as iniciativas de divulgação científica se tornem mais acessíveis e precisas, a fim de proporcionar uma base sólida de conhecimento que minimize os riscos associados à desinformação.

<sup>3</sup> Uma discussão sobre o charlatanismo quântico a partir de dados concretos é apresentada em Souza e Miranda (2022).



Nesse contexto, é evidente que a educação sobre a FQ deve ser ampliada e integrada desde a educação básica até a formação continuada de educadores. A promoção de conteúdos que abordem não apenas os princípios fundamentais da Física Quântica, mas também suas aplicações práticas e implicações sociais, é essencial para capacitar os alunos e a sociedade em geral a discernir entre informações científicas e pseudocientíficas. A formação de uma cultura argumentativa e crítica deve ser incentivada, permitindo que os indivíduos se tornem não apenas consumidores de conhecimento, mas também participantes ativos na construção e disseminação de informações precisas.

Por fim, recomenda-se que as instituições de ensino e organizações envolvidas na divulgação científica colaborem para o desenvolvimento de estratégias eficazes e inclusivas que abordem as lacunas identificadas nesta pesquisa. A criação de materiais didáticos adequados, o uso de metodologias de ensino ativas e a regulamentação apropriada das práticas relacionadas à FQ são medidas fundamentais para garantir que a educação científica atinja seus objetivos. Somente através de um esforço conjunto e consciente será possível promover uma compreensão mais profunda e responsável da FQ, capacitando a sociedade a enfrentar os desafios e oportunidades que essa área do conhecimento oferece.

## Referências

- ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS (ABC). Desafios e estratégias na luta contra a desinformação científica. Coordenado por Glaucius Oliva, Ruben Oliven, Roberto Lent, Virgílio Almeida e Thaiane Oliveira. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, junho de 2024.
- AFONSO, E. G. M. A divulgação científica para o grande público: o papel das relações públicas. O caso do CIIMAR. Dissertação (Mestrado em Comunicação) — Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2008.
- ANASTASI, A. Testes psicológicos. São Paulo: EPU/EDUSP, 1977.
- BARBEIRO, L. Comunicação da Ciência. Coleção Públicos, nº 5. Sete Pés, 2007.
- BUENO, W. C. B. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. Informação & Informação, Londrina, v. 15, n. esp, p. 1-12, 2010.
- BUSATTO, C. Z.; SILVA, J. C. R.; PANSEIRA JUNIOR, N.; PÉREZ, C. A. S. O ensino de física moderna e contemporânea na educação básica: conteúdos trabalhados pelos docentes. Revista CIATEC, UPF, vol. 10, n. 1, p. 104-115, 2018.
- CRUZ, F. F. S. Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais. In: FREIRE JÚNIOR, O.; PESSOA JUNIOR, O.; BROMBERG, J. L. (Orgs.). Campina Grande: EDUEPB, 2011.
- FISCHLER, H.; LICHTFELDT, M. Modern physics and students' conceptions. International Journal of Science Education, London, v. 14, n. 2, p. 181-190, apr./jun. 1992.



- FRANÇA, M. S. S. J. Divulgação ou Jornalismo? Duas formas diferentes de abordar o mesmo assunto. In: VILAS BOAS, S. (Org.). Formação & Informação científica para iniciados e leigos. São Paulo: Summus, 2005.
- FREITAS, A. L. P.; RODRIGUES, S. G. A. Avaliação da confiabilidade de questionário: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 12, 2005.
- FREIRE JR, O. O centenário debate sobre a interpretação e os fundamentos da Física Quântica. Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática, v. 4, n. 3, 2 set. 2021.
- GEORGE, D.; MALLERY, P. SPSS for Windows Step by Step: A simple Guide and Reference. 11.0 Update. 4th ed. Boston, MA: Allyn & Bacon, 2003.
- HALLACK, M. L. Entre alegorias da divulgação e da ficção científica: leituras do paradoxo EPR. Dissertação (Mestrado em Educação) — Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2018.
- HORA, H. R. M.; MONTEIRO, G. T. R.; ARICA, J. Confiabilidade em Questionários para Qualidade: um estudo com o coeficiente alfa de Cronbach. Produto & Produção, v. 11, n. 2, p. 85-103, 2010.
- HOWARD, D. Who invented the “Copenhagen Interpretation”? A study in mythology. Philos. Sci., v. 71, n. 5, p. 669–682, 2004.
- LINS DE BARROS, H. A cidade e a ciência. In: MASSARANI, L. et al. (Orgs.). Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil. Rio de Janeiro: Casa da Ciência - Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Fórum de Ciência e Cultura, 2002. p. 25-42.
- LINO, A.; FUSINATO, P. A. A influência do conhecimento prévio no ensino de física moderna e contemporânea: um relato de mudança conceitual como processo de aprendizagem significativa. R. B. E. C. T., v. 4, n. 3, set./dez. 2011.
- MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: condições para a ocorrência e lacunas que levam ao comprometimento. São Paulo: Vetor, 2008.
- MACHADO, S. S. L. Implicações culturais da teoria quântica: caminhos metafóricos e as apropriações indébitas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. 227 f.
- MOREIRA, I. de C. A inclusão social e a popularização da ciência e tecnologia no Brasil. Inclusão Social, v. 1, n. 2, 2006.
- OLIVEIRA, L. H. Exemplo de cálculo de Ranking Médio para Likert. Notas de Aula. Metodologia Científica e Técnicas de Pesquisa em Administração. Dissertação (Mestrado) — Faculdade Cenecista de Varginha, Varginha, 2005.



PASE, A. F. Vídeo online, alternativa para as mudanças da TV na cultura digital. Tese (Doutorado em Comunicação) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PESSOA JR., O. Conceitos de Física Quântica. 1 ed., vol. 1. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2003.

PORTO, C. de M. A internet e a cultura científica no Brasil. Difusão e cultura científica: alguns recortes. Salvador: Edufba, 2009.

REIS, J. Ponto de vista: José Reis. In: MASSARANI, L. et al. (Orgs.). Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil. Rio de Janeiro: Casa da Ciência - Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Fórum de Ciência e Cultura, 2002. p. 73-78.

ROCHA, T. R.; CARVALHO, T. M.; FELÍCIO, C. M. Física quântica e misticismo no ensino de ciências. Research, Society and Development, v. 9, n. 12, e18791211131, 2020.

SOUZA, R. S. Análise das contribuições da escola de física CERN no contexto do ensino médio (2010–2022). Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 45, e20230124, 2023.

SOUZA, R. S.; GRECA, I. M.; SILVA, I.; TEIXEIRA, E. S. Reflexões sobre o ensino de mecânica quântica nos cursos de graduação em física a partir de revisão sistemática. RBPEC, v. 20, p. 1363–1391, 2021.

SOUZA, R. S.; MIRANDA, S. B. Investigações sobre as possibilidades de reconhecer apropriações indevidas da mecânica quântica: o papel da divulgação científica. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 44, e20220054, 2022.

TERRAZZAN, E. A. Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média. Tese (Doutorado em Educação) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994. 241 f.

VALERIO, P. M.; PINHEIRO, L. V. R. Da comunicação científica à divulgação. TransInformação, Campinas, v. 20, n. 2, p. 159-169, maio/ago. 2008.