

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
FÍSICA LICENCIATURA

Juarez Dal'Acqua Junior

Imaginação, Narrativas e Experimentos Mentais no Ensino de Física

Florianópolis, Santa Catarina
2022

Juarez Dal'Acqua Junior

Imaginação, Narrativas e Experimentos Mentais no Ensino de Física

Trabalho de Conclusão de Curso do Departamento de Física do Centro de ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Henrique César da Silva, Dr.

Coorientador: Prof. Lucas Albuquerque do Nascimento, Me.

Florianópolis, Santa Catarina

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Dal'Acqua Junior, Juarez
Imaginação, Narrativas e Experimentos Mentais no Ensino
de Física / Juarez Dal'Acqua Junior ; orientador, Henrique
César da Silva, coorientador, Lucas Albuquerque do
Nascimento, 2022.

46 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Físicas e Matemáticas, Graduação em Física, Florianópolis,
2022.

Inclui referências.

1. Física. 2. Imaginação Científica. 3. Ensino de Física.
4. Revisão de Literatura. I. Silva, Henrique César da .
II. Nascimento, Lucas Albuquerque do. III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Física. IV. Título.

Juarez Dal'Acqua Junior

Imaginação, Narrativas e Experimentos Mentais no Ensino de Física

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Licenciado em Física” e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Física.

Florianópolis, Santa Catarina, 29 de março de 2022.

Prof. Marinês Domingues Cordeiro, Dra.
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Henrique César da Silva, Dr.
Orientador

Prof. Lucas Albuquerque do Nascimento, Me.
Coorientador

Profa. Gabriela Kaiana, Dra.
Avaliadora
UFSC

Prof. André Ary Leonel, Dr.
Avaliador
UFSC

Desde pequeno há um demônio me atormentando.

O demônio me cutuca, bem no meio das costelas, e pergunta, exige respostas, que eu caço para satisfazer o demônio, para que não me perturbe mais.

Porém, quanto mais eu o alimento, mais ele cresce e aprende a fazer mais e melhores perguntas, e assim mais me atormenta, mais afiadas são suas unhas, mais cortante é seu sussurro.

E me cutucando, com baba escorrendo ele pergunta, e cá estou, na caça pelas respostas.

Dedico esta monografia à este meu demônio. Meu insaciável demônio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus amigos, que são tão numerosos como incríveis, é uma honra poder compartilhar este delta Dirac de consciência entre dois mares infinitos de vazio que usualmente chamamos de vida com vocês, em todos os sentidos:

Ao Henrique César da Silva e ao Lucas Albuquerque, quais o profissionalismo eu vislumbro e espelho.

Ao Adolfo Scheidt e Tiago Brizolara, que além de instrumentos, tocam a e com alma, e a ela me acalma quando os escuto.

Aos meus amigos virtuais, que mesmo estando distantes de mim, sinto aqui dentro o calor de suas presenças, em especial a Rafaela Pollon e o José Bruno que acompanham minha caminhada desde os primórdios.

À Sofia, Thais e Fernando, com os quais compartilho o sabor de experiências alimentares e me acolhem com ternura.

Todos aqueles com quem passei infindáveis horas conversando sobre os mais diversos tópicos, minha criatividade se delicia com as questões que farejamos: Adolfo, Anthony, Café, Chico, Fernando, Franck, Haru, Ibarra, João Bogër, Kill, Pollon, Sanson, Simone, Thais, Tiago Brizolara, Tirelli.

A todos os *shãrbas* que aqui se identificam, não sei o que eu seria hoje sem vocês.

Aos meus pais, irmãs, meu sobrinho Nicolas, tias e tios por todas as preocupações e preces. Ainda darei muito orgulho à vocês.

Ao meu terapeuta Cris, excelente profissional.

*“Minha imaginação atormentada paria absurdos...
Como diabos juntos, perseguiam-me os olhos dos defuntos
com a carne da esclerótica esverdeada.”*
(Loureço Mutarelli)

RESUMO

Partimos da premissa de que para pensar o uso e papel da imaginação para uma situação de ensino, alguns questionamentos podem surgir, por exemplo, de que maneira a imaginação científica vem sendo trabalhada e discutida no Ensino de Física? E, quais reflexões podem emergir de trabalhos já publicados sobre imaginação científica? Foi realizada uma revisão da literatura sobre o tema Imagem Científica em trabalhos publicados em eventos do Ensino de Física e estudado a literatura de Gerald Holton e Jerome S. Bruner. Os eventos selecionados foram o Encontro de Pesquisa de Ensino de Física (EPEF) e o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF). O recorte temporal da revisão foi de 20 anos (2000 a 2020) e para a seleção dos trabalhos utilizamos as expressões de pesquisa: Imagem Científica; Cenários Imaginários, Experimento de Pensamento, Experimentos Mentais, e Narrativas Científicas. Como algumas considerações podemos destacar a diversidade didática e multiplicidade de conceitos físicos que podem ser abordados no ensino e também a imaginação científica como um recurso constitutivo do conhecimento científico e do saber educacional. Ao longo do levantamento várias questões para futuras pesquisas foram descobertas, a partir de algumas relações observadas nos resultados obtidos. Há poucos trabalhos que abordam a imaginação no ensino de física em nível fundamental, observa-se uma frequente relação entre Ficção científica e Criatividade. Por fim, tendo como base os estudos das obras desenvolvidas por Holton podemos considerar a imaginação científica como processos pelos quais a mente humana constrói e percebe a realidade sobre a natureza, estando entre as produções cognitivas controversas mais antigas e ainda mais prolíficas das práticas científicas. Holton ainda considera a ciência por meio de eixos, a saber: empírico, analítico e temático. Bruner também surge como um importante autor, que nos permite ir ainda mais profundo na discussão de como percebemos e construímos a realidade, considerando dois modos de pensamento: o narrativo e o paradigmático.

Palavras-chave: ensino de física, imaginação científica, revisão da literatura, Gerald Holton, Jerome S. Bruner.

ABSTRACT

We start from the premise that to think about the use and role of imagination for a teaching situation, some questions may arise, for example, how the imagination scientific research has been worked on and discussed in Physics Teaching? And what reflections can emerge from previously published works on the scientific imagination? A review was carried out of the literature on the topic of Scientific Imagination in works published at events in the Teaching Physics and studied the literature of Gerald Holton and Jerome S. Bruner. The events selected were the Encontro de Pesquisa de Ensino de Física (EPEF) and the Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF). The time frame of the review was 20 years (2000 to 2020) and for the selection of works we used the search terms: Imagination Scientific; Imaginary Scenarios, Thought Experiments, Mind Experiments, and Scientific Narratives. As some considerations we can highlight the diversity didactics and multiplicity of physical concepts that can be approached in teaching and also scientific imagination as a constitutive resource of scientific knowledge and educational knowledge. During the survey, several questions for future research were found, from some relationships observed in the results obtained. There are few papers that approach imagination in the teaching of physics at elementary school, there is a frequent relationship between Science Fiction and Creativity. Finally, based on studies of the works developed by Holton we can consider the scientific imagination as processes by which the human mind constructs and perceives the reality about nature, being among the cognitive productions older and even more prolific controversies of scientific practices. Holton still considers science through axes, namely: empirical, analytical and thematic. Bruner also emerges as an important author, which allows us to go even deeper into the discussion of how we perceive and construct reality, considering two modes of thinking: the narrative and the paradigmatic.

Keywords: physics teaching, scientific imagination, literature review, Gerald Holton, Jerome S. Bruner.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gerald Holton.	30
Figura 2 – Jerome Bruner em Duke University	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Trabalhos SNEF.	20
Quadro 2 – Trabalhos EPEF.	21
Quadro 3 – Resultados Trabalhos EPEF.	27
Quadro 4 – Resultados Trabalhos SNEF.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 2 – Síntese do eixo a)	22
Tabela 3 – Síntese do eixo b)	24
Tabela 4 – Síntese do eixo c)	25
Tabela 5 – Síntese do eixo d)	26
Tabela 6 – Síntese do eixo e)	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Curricular Comum
CTS	Ciência Tecnologia e Sociedade
EM	Experimentos Mentais
EPEF	Encontro de Pesquisa de Ensino de Física
FC	Ficção Científica
FM	Física Moderna
HFC	História e Filosofia da Ciência
IC	Iniciação Científica
MC	Mecânica Clássica
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NdC	Natureza da Ciência
PSSC	Physical Science Study Committee
RC	Relatividade Clássica
RG	Relatividade Geral
RPG	Role Play Gaming
RR	Relatividade Restrita
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	16
1.2	OBJETIVOS	17
1.2.1	Objetivo Geral	17
1.2.2	Objetivos Específicos	18
2	IMAGINAÇÃO CIENTÍFICA E ENSINO DE FÍSICA: UMA REVISÃO DA LITERATURA EM TRABALHOS DO EPEF E SNEF.	19
3	DISCUSSÕES TEÓRICAS	29
3.1	IMAGINAÇÃO CIENTÍFICA POR GERALD HOLTON: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	29
3.2	PENSAMENTO NARRATIVO E PARADIGMÁTICO, A TEORIA DE JEROME S. BRUNER	32
3.3	NARRATIVAS	33
3.4	EXPERIMENTOS MENTAIS	35
4	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

¹ A imaginação é objeto de estudo de diversas áreas do conhecimento uma vez que está presente em toda prática humana, portanto a ciência também está inclusa nisso. Esta amplitude de atuação da imaginação gera uma certa polissemia, a qual é necessário alguma atenção, para começo de conversa, a imaginação sobre o que é a ciência não se trata somente da visão do papel dos cientistas sobre ciência, mas também se trata da visão do público geral sobre a ciência, outro sentido do uso da palavra dentro da ciência pode ser como os cientistas, estudantes e público em geral utiliza a imaginação para exercer a atividade científica, o que é uma história bem diferente, e é a principal ocupação da pesquisa, embora tenha sido considerado também o primeiro sentido. Em ambos os casos há diversas consequências da maneira que utiliza-se o sentido de imaginação e a educação tem um papel fundamental nesta história.

Mas como se constitui esse processo mental? Bom, para responder essa pergunta primeiro olhamos para a atividade científica em si, Hempel (1979) diz que a investigação científica é motivada por um “[...] caráter prático: O homem procura [...] encontrar meios eficazes de prever os acontecimentos que tem lugar a sua volta e sempre que possível, tenta controlá-los para disto tirar proveito” (HEMPEL, 1979, p. 159). Uma outra motivação seria “[...] simplesmente sua curiosidade intelectual, seu desejo profundo e persistente de chegar a conhecer e compreender o mundo em que habita.”(HEMPEL, 1979, p. 159)².

A partir destas motivações notamos os seguintes processos mentais, na primeira, os processos mentais de prever fenômenos para assim poder ter um controle sobre a natureza, quais vamos ver mais adiante que se tratam respectivamente dos experimentos mentais e adequação empírica, e na segunda, a criatividade para criar narrativas que façam sentido para aquele indivíduo ou grupo de indivíduos. Mais simplificada temos os processos mentais: *Interpretação* das relações entre os entes do fenômeno para avaliar ao menos qualitativamente, o quanto estes afetam e *modelam* o fenômeno, essa modelagem supõe situações idealizadas, e o ideal só existe na imaginação, e por sua vez, gera hipóteses que podem ser testadas na prática, e mesmo que sejam testadas na prática, vamos imaginar e criar uma expectativa sobre o resultado do experimento, isto exige pouco da imaginação, poderíamos exigir um pouco mais dela, por exemplo, imaginando as situações extremas do modelo que supomos no início, e apenas isso poderia gerar resultados incoerentes, o que é bastante desconfortável. A criatividade está em jogo o tempo todo, e anda de mãos dadas com a imaginação, em momentos desconfortáveis ,como o que foi exemplificado, ela tem a

¹ O texto foi escrito em L^AT_EX, há vários links ao longo do PDF, desde as siglas até as referências, e inclusive esta nota de rodapé tem um link! o que facilita muito a navegação. Dica: para não perder o ritmo da leitura, você pode voltar rapidamente usando “ctrl+f” e pesquisar termo do próprio link que clicou.

² Ele ainda complementa que essa curiosidade é tão potente que nos faz criar mitos que expliquem estes fenômenos. Muito provavelmente ao ler esta passagem você associou esse distanciamento da realidade com imaginação, porém em nível cognitivo, qual a diferença entre a crença entre uma teoria científica ou um mito?

principal atuação, pois é necessitado criar novas narrativas que deem conta da anomalia.³

A Imaginação Científica não é um tema muito explorado, em comparação aos outros temas, e Gerald Holton é um dos principais autores que se ocuparam do assunto, ele analisa a ciência em eixos ortogonais, analogamente a um plano cartesiano, nomeadamente: eixo empírico, eixo analítico-heurístico e eixo *thematico*⁴. O eixo empírico se trata de evidências experimentais (Ex: experimentos, fenômenos observados), o eixo analítico-heurístico implica no pensamento lógico matemático de uma teoria, e finalmente o eixo *thematico* diz respeito à pressupostos fundamentais, noções, termos, julgamentos metodológicos e decisões (HOLTON, 1978).

No campo das teorias científicas, por exemplo, a Teoria da Relatividade surge, de maneira teórica, através de postulados, os quais geram consequências na mecânica, definem novos objetos e novas concepções sobre espaço e tempo. Para interpretar esses efeitos são construídos experimentos mentais (KIOURANIS; SOUZA; FILHO, 2010) que nada mais são do que hipotetizar situações e entender o que acontece do ponto de vista desses postulados. Isso mobiliza um pensamento narrativo e leva à imaginação de cenários nos quais os efeitos são extrapolados e as consequências estudadas.

O pensamento narrativo teve um caráter complementar ao pensamento matemático na produção da Teoria da Relatividade (CARDOSO, 2015). Esses experimentos mentais, na forma de narrativas, ou cenários imaginários, podem ser trabalhados no ensino de Física. Tais cenários são semelhantes a universos de narrativas de ficção científica, não somente pela similaridade no processo de imaginar cenários, que como o próprio nome diz, é esperável que ali circulem conhecimentos relacionados às ciências da natureza, particularmente à física, e ainda, da Teoria da Relatividade.

A partir do levantamento dos trabalhos neste assunto, a fim de conhecer suas contribuições, identificar diferenças e entender as perspectivas proporcionadas pelas respostas dessa investigação, para as referidas questões de pesquisas, eis o problema da pesquisa: de que maneira a imaginação científica vem sendo trabalhada e discutida no Ensino de Física? E, quais reflexões podem emergir de trabalhos já publicados sobre imaginação científica?⁵

³ Estas novas explicações da realidade caracterizam um conhecimento novo? ou apenas adotamos uma nova perspectiva? Esta é uma discussão atual que será abordada na Seção 3.4.

⁴ Usaremos a grafia com Th para não confundir com o uso comum de tema, que é mais abrangente.

⁵ Este trabalho de levantamento foi desenvolvido como a primeira parte da Iniciação Científica (IC), que tem como foco a teoria da relatividade e sua relação com cenários narrativos e imaginários como forma de pensamento e de ações didáticas. A IC faz parte do grupo de pesquisa FLUXO: Circulação e Textualização da Ciência e Educação Científica vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica - PPGECT/UFSC e é um grupo que tem produzido análises sobre como conhecimentos científico-tecnológicos tem sido materializados em diversas formas textuais (verbais, imagéticas, audiovisuais, matemática, artísticas, performativas) (SILVA, 2018). E se insere no programa de pesquisas deste grupo, no qual o orientando já tem participado desde o início de 2020. E seu desenvolvimento envolveu interação com os outros atuais membros do grupo, professores, mestrands, doutorands e doutores.

1.1 JUSTIFICATIVA

Mas como a imaginação aparece na sala de aula? acabamos de ver como ela aparece na atividade científica a partir de suas motivações, mas para discutir o ensino precisamos de concepções mais sociais sobre a ciência. Thomas Kuhn é em geral a principal referência para estas concepções⁶, dentre as críticas a Kuhn, temos Feyerabend, que provoca, “não há uma “metodologia científica” que possa ser usada para separar a ciência do resto. A ciência é apenas uma das muitas ideologias que impulsionam a sociedade e deveria ser tratada como tal.” (FEYERABEND, 1998, p. 62, trad.: Ivan F. Cunha) E ao olhar para a ciência como uma ideologia, a educação científica se torna a introdução à um mito, e com o mito o adulto, já formado, pode explicar quase tudo, alcançando um nível em que o mito guia sua compreensão da realidade. Analisando a visão de treinamento do cientista, por Kuhn, o cientista como uma máquina de resolver quebra-cabeças, nota-se muitas semelhanças com o cidadão comum explanado acima, surge a impressão de que há aspectos do treinamento científico que se estendem para a educação comum, este aspecto é a aceitação do mito como verdade última, que é aceitável e compreensível para um cientista, mas que pode trazer problemas quando para um cidadão comum, o ideal de um cidadão comum é um cidadão crítico, que questiona as narrativas impostas, que não é tão facilmente manipulável. Para lidar com isso Feyerabend sugere que o cidadão crítico “pode ser alcançado ao proteger a tremenda imaginação que as crianças possuem e ao desenvolver plenamente o espírito de discordância que existe nelas” (FEYERABEND, 1998, p. 64, trad.: Ivan F. Cunha).

Há um grande risco de cair num discurso anti-ciência nessas entrelinhas, o que obviamente não é o objetivo aqui, mas como então nos mantemos numa posição segura contra a anti-ciência? Para Feyerabend bastaria apresentar outras narrativas, outras razões, outros caminhos, por especialistas destas narrativas, e assim a criança se acostumaria com diferentes os tipos de narrativa e caminhos, e aqueles que querem se identificam na ciência se tornariam cientistas naturalmente (FEYERABEND, 1998). Acrescentaria ainda que a ciência dá os melhores resultados, indiscutivelmente, este aspecto se evidenciaria numa apresentação justa dos diferentes caminhos.

A Base Nacional Curricular Comum (BNCC) prevê como uma das competências gerais da educação básica⁷:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.(BRASIL, 2018, p. 9)

Surge então a necessidade e demanda de reconhecer as discussões sobre imagina-

⁶ E por isso não vou me preocupar em explicar aqui, mas caso seja de seu interesse, recomendo a leitura de (KUHN, 1977)

⁷ A educação básica engloba a educação infantil, fundamental e médio.

ção científica no ensino de física e as conclusões oriundas destas discussões que podem contribuir para práticas docentes, discussões e estudos futuros.

Alguém poderia perguntar ainda, mas onde narrativas e experimentos mentais entram exatamente nessa história? bom, para começar a responder essa questão, Experimentos Mentais (EM) são processos fascinantes, e estão no cerne da atividade científica, se não humana, embora nos limitemos à ciência, o mesmo caminho heurístico pode ser trilhado, em analogia ou não, em outras atividades mundanas, e talvez não haja tanta auto reflexão dos processos metacognitivos que se decorrem, reflexão esta que por si só gera grandes resultados, além deste aspecto fascinístico, o EM também atende e estimula todas as demandas referentes a imaginação que a BNCC coloca, tornando-o uma ferramenta imprescindível. E a narrativa está em tudo, não há como escapar, mas veremos ainda que ela também é um ponto de partida para estruturar os EM, Seção 3.3.

1.2 OBJETIVOS

Inicialmente o trabalho realizado ao longo da pesquisa havia como finalidade: a) analisar como a imaginação científica se relaciona com as narrativas e experimentos mentais, na temática da Teoria da Relatividade Geral; b) desenvolver estratégias de ensino e atividades, dentro de uma unidade de ensino, para desenvolvimento dessas análises em situações de ensino de física (nível médio); c) aplicar tais estratégias em situações de ensino em escolas públicas da rede de ensino de Florianópolis, com a participação de professores de Física das escolas.

Complementarmente pretendia-se elaborar subsídios para uma futura construção de um Role Play Gaming (RPG) com base na física da Teoria da Relatividade. A prática do RPG evoca muito da imaginação, criatividade e capacidade de escolha, e isto tem muito a ver com o presente estudo, além disso, o RPG atualmente está ganhando espaço nas pesquisas sobre ensino em geral e se provando cada vez mais uma prática muito proveitosa.

Porém em consequência da pandemia do Covid-19 estas atividades não foram possíveis, entretanto outros resultados nasceram deste novo cenário, como o desenvolvimento do Podcast Think Physics⁸, podcasts ainda são assuntos que rendem trabalhos e pesquisas paralelas, que não serão discutidas aqui.

1.2.1 Objetivo Geral

Os objetivos desta monografia envolvem investigar e explicitar de que formas se discute sobre imaginação, narrativas e experimento mental em pesquisas no ensino de física e estudar os autores da literatura que aparecem na discussão.

⁸ (PANCIERA *et al.*, 2021)

1.2.2 Objetivos Específicos

Ainda há como se utilizar de questões que norteiam a pesquisa nos pormenores, para atingir os maiores. Estas são:

- Investigar significados e aplicações dos termos Imaginação, Narrativas e Experimento Mental em pesquisas do ensino de física.
- Conhecer quais os principais métodos utilizados para implementação e discussão desses assuntos.
- Verificar quais conteúdos da disciplina de física ocorrem estas discussões.
- Verificar quais as abordagens utilizadas possibilitam os professores e pesquisadores alcançar a imaginação no ensino de física.
- Identificar os principais autores que os pesquisadores que escrevem sobre o assunto recorrem para embasar suas pesquisas.
- Verificar que materiais são utilizados para estes fins.
- Estudar os autores da literatura e estruturar uma base teórica.

2 IMAGINAÇÃO CIENTÍFICA E ENSINO DE FÍSICA: UMA REVISÃO DA LITERATURA EM TRABALHOS DO EPEF E SNEF.

Uma revisão bibliográfica na metáfora de Salem (2012), a autora considera que

“(…) se assemelharia a uma ‘fotografia’ do objeto em dado momento ou a um ‘filme’, quando incorpora neste, uma evolução temporal, uma revisão histórica. (...) o resultado da ‘foto’ dependeria de fatores objetivos e subjetivos, da ‘câmera’ e do olhar do fotógrafo”(SALEM, 2012, p. 35)

Para tanto, selecionamos eventos científicos, por acreditarmos que nesse contexto, as discussões podem contemplar tanto questões teóricas quanto educacionais em relação ao tema imaginação científica, do campo do ensino de física, adotando como critérios de seleção dos eventos: 1) ser nacional, 2) a relevância que os mesmos possuem no campo da área de ensino e 3) que publicam trabalhos teóricos e educacionais tendo como base propostas didáticas ou situações em sala de aula. Desta forma, os eventos selecionados foram: Encontro de Pesquisa de Ensino de Física (EPEF) e Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF). Por serem os dois maiores eventos de pesquisa em ensino de física do Brasil, apenas os dois já forneceram um número de trabalhos, que consideramos, suficiente para um levantamento deste nível, caso o número de trabalhos fosse pequeno, outros eventos seriam considerados. O recorte temporal da revisão bibliográfica é de 2000 a 2020 (EPEF de 2000 a 2020 e SNEF de 2001 a 2019).

O processo de seleção dos trabalhos foi dividida em duas etapas, a primeira envolve o acesso dos websites dos eventos de cada ano e a leitura dos títulos, resumos e palavras chave de todos os trabalhos publicados, aqueles que contém alguma das palavras chaves ou cujo título e/ou resumo pode indicar possuir relação com a pesquisa, por exemplo trabalhos que tratam de propostas de ensino com temática de relatividade tem potencial de falar sobre experimentos mentais, foram selecionados.

Os temas e palavras-chave são: *Cenários Imaginários, Experimento de Pensamento, Experimentos Mentais, Imaginação Científica e Narrativas Científicas.*

Por ter considerado estes trabalhos com potencial relação, a amostra de trabalhos para análise ficou grande, por isso fez-se necessário a segunda etapa que consistiu em ler os textos selecionados na primeira fase e conferir se o foco destes trabalhos se encaixam com a nossa investigação, por exemplo um trabalho que fala sobre uma proposta didática envolvendo ensino de relatividade não necessariamente discute experimentos mentais e imaginação, então este não teria muita utilidade para investigação, entretanto pode vir à ser muito útil no decorrer da pesquisa, uma vez que pretendia-se aplicar a pesquisa como prática de ensino ao final.

Foram selecionados e lidos 42 trabalhos do SNEF, e 25 do EPEF, na primeira etapa, destes, 13 do SNEF e 9 do EPEF foram selecionados para a análise detalhada.

Após a leitura dos resultados é possível relacionar os eixos e categorias entre si e notar padrões da área, por exemplo em que âmbitos há mais publicações, ou se são bem

distribuídos ou se existem insuficiências.

Nos Quadro 1 e Quadro 2 estão os trabalhos analisados em cada evento, com a respectiva identificação.

Quadro 1 – Trabalhos SNEF.

CARVALHO, Silvia H. M., ZANETIC, João. Ciência e arte, razão e imaginação: Um projeto de ensino de física moderna para alunos do ensino médio <i>In.</i> : XVI SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física. 24 a 28 de janeiro de 2005, Rio de Janeiro	S1
PIASSI, Luis P.; PIETROCOLA, Maurício. Quem conta um conto aumenta um ponto também em Física: Contos de ficção científica na sala de aula. <i>In.</i> : XVII SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física 29 de janeiro a 02 de fevereiro de 2007, São Luis - MA.	S2
SANTOS, Adevalton B. Princípio de equivalência no ensino médio e o problema dos elevadores. <i>In.</i> : XIX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física 30 de janeiro a 04 de fevereiro de 2011, Manaus - AM.	S3
GOMES, Emerson F.; PIASSI, Luis P. Sonhos de Einstein e o ensino de TR: O romance em sala de aula sob a "ótica" da semiótica <i>In.</i> : XIX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física 30 de janeiro a 04 de fevereiro de 2011, Manaus - AM.	S4
WATANBE, Graciella, GURGEL, Ivã. A imaginação como um processo de criação na arte e na física: uma discussão sobre a dualidade do entendimento. <i>In.</i> : XIX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física 30 de janeiro a 04 de fevereiro de 2011, Manaus - AM.	S5
BIANCOLIN, Mônica M., FERRARA, N. F. A natureza da ciência e o imaginário dos estudantes de física do ensino médio. <i>In.</i> : XIX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física 30 de janeiro a 04 de fevereiro de 2011, Manaus - AM.	S6
CARDOSO, Danilo, IVÁ, Gurgel. A complementariedade das linguagens narrativa e matemática no contexto da gestação da relatividade geral. <i>In.</i> : XX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física, 21 a 25 de janeiro de 2013, São Paulo - SP.	S7
CASTRO, Luciano A. C. Textos ficcionais no ensino de física geral: Uma proposta conectando tópicos de mecânica e astronomia. <i>In.</i> : XX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física, 21 a 25 de janeiro de 2013, São Paulo - SP.	S8
ROCHA, N. Maristela, GURGEL, Ivã O experimento do balde de Newton na formação de professores: Uma oportunidade para experimentar o laboratório da mente. <i>In.</i> : XX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física, 21 a 25 de janeiro de 2013, São Paulo - SP.	S9
NICÁCIO, José D. S., FERREIRA, Juliana M. H., SKEETE Arthur W., SILVA, Mykael M. Atuando na formação docente: Narrativas histórica em perspectiva reflexiva <i>In.</i> : XXI SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física, 26 a 30 de janeiro de 2015, Uberlandia - MG	S10
OLIVEIRA, Letícia M. Estabelecendo diálogo entre duas culturas: Imaginação e criatividade aliadas ao ensino de física. <i>In.</i> : XXI SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física, 26 a 30 de janeiro de 2015, Uberlandia - MG .	S11
GROCH, Tony M.; BEZERRA, Arandi G.; HIGA, Ivanilda. Relatividade restrita no ensino médio: Uma experiência didática. <i>In.</i> : XXI SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física, 26 a 30 de janeiro de 2015, Uberlandia - MG .	S12
ZAGO, Letícia; SASSERON, Lúcia H.; BERNARDES, Esmerindo S. Relatividade geral no ensino médio: Implementação de uma sequência didática e um olhar para engajamento dos estudantes. <i>In.</i> : XXII SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física, 23 a 27 de janeiro de 2017, São Carlos - SP .	S13

Fonte: O autor, 2021.

Quadro 2 – Trabalhos EPEF.

LIMA, Barbosa M. C., CARVALHO, A.M.P. “Exercícios de raciocínio” em três linguagens: ensino de física nas séries iniciais <i>In.:</i> VII EPEF Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 27 à 31 de março de 2000, Florianópolis - SC	E1
RIBEIRO, Ruth M. L., MARTINS, Isabel, Estórias da ciência: Uma análise de narrativas nos livros de física para o ensino médio, 27 à 31 de março de 2000, Florianópolis - SC	E2
PAULA, Helder F, BORGES, Antônio T. A compreensão dos estudantes sobre o papel da imaginação na produção das ciências. <i>In.:</i> IX EPEF - Encontro Nacional de Ensino de Física, 26 a 30 de outubro de 2004, Jaboticatubas - MG	E3
GURGEL, Ivã, PIETROCOLA, Maurício. A imaginação científica: Aspectos da construção do conhecimento sob a perspectiva da criação subjetiva. <i>In.:</i> IX EPEF - Encontro Nacional de Ensino de Física, 26 a 30 de outubro de 2004, Jaboticatubas - MG	E4
CARVALHO, Silvia H. M., ZANETIC, João. Ciência e arte, razão e imaginação: Complementos necessários à compreensão da física moderna <i>In.:</i> IX EPEF - Encontro Nacional de Ensino de Física, 26 a 30 de outubro de 2004, Jaboticatubas - MG	E5
BIANCOLIN, Mônica M., FERRARA, N.F. Considerações sobre o imaginário no ensino de física <i>In.:</i> XI EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 21 a 24 de outubro de 2008. Curitiba - PR	E6
BIANCOLIN, Mônica M., FERRARA, N.F. A O imaginário de estudantes de física analisado a partir do teste AT-9. <i>In.:</i> XII EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 24 a 28 de outubro de 2010. Águas de Lindóia - SP	E7
RAMOS, João E. F., PIASSI, Luis P. Morando na lua: Física e a imaginação nas aulas de ciências da natureza <i>In.:</i> XIV EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. 27 à 31 de outubro de 2012, Maresias - SP	E8
DOMINGOS, Fernando, BAGDONAS, Alexandre, ZANETIC, João, “Então as luzes se curvaram”: Uma narrativa histórica para debater a ascensão da relatividade geral <i>In.:</i> XVIII EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 9 a 13 de novembro 2020.	E8

Fonte: O autor, 2021.

Foram analisados os seguintes aspectos dos trabalhos selecionados, semelhante à Nascimento (2020, p. 32). Exceto do item c) que não existiu no trabalho de Nascimento (2020):

a) Relação com o contexto educacional

Nesta categoria identificamos de que maneira os trabalhos abordam a imaginação científica no Ensino de Física, ou seja, se os trabalhos são voltados para a análise de perfil do aluno (questionários e entrevistas), para o método de ensino (propostas ou relatos), para o material didático (análise de algum conteúdo ou livro didático), ou até discussão sobre a temática, que não tem uma relação imediata com o ensino, mas promove reflexões sobre a prática do ensino e aprendizado.

Em resumo, nesta categoria estamos observando os instrumentos de análise da pesquisa.

Há uma grande quantidade de relatos, os relatos vão desde atividades simples com ensino fundamental até formação continuada de professores. E5, S1, S2, S8, S11, S12, S13, E1, E8.

Poucos trabalhos são propostas de ensino, algo em comum dos três trabalhos ocorrentes é que são propostas abordando conceitos bastante específicos, S10 desenvolve a discussão em cima evolução do conceito do vácuo, S9 e S3 abordam ambos experimentos mentais, EM do balde, de Newton, e o clássico EM dos elevadores, respectivamente.

Dois trabalhos fazem análise de livro didático, ambos analisam os livros mais comumente usados no ensino de física, enquanto S3 analisa o experimento mental do elevador (princípio da equivalência) em suas diferentes apresentações E2 olham para narrativas históricas. S7 identificam, a partir de textos históricos, a relação entre as linguagens narrativas e matemáticas na gênese da Relatividade Geral (RG). S4 analisam a obra Sonhos de Einstein de Alan Lightman, a partir da semiótica.

Há também os trabalhos que analisam o perfil dos alunos, a partir de vários métodos, questionários, entrevistas e até mesmo desenhos E6, E7, S6, E3.

E4 discutem aspectos da imaginação científica na construção do conhecimento, E9 abordam elementos da narrativa no episódio histórico do eclipse de Sobral, S5 discutem a imaginação como um processo de criação tanto na arte como na física, e embora estes três trabalhos não tenham uma relação imediata com o ensino, discutem o ensino e aspectos do ensino de física.

Por fim, resumimos a seção de relações com o contexto educacional na tabela abaixo.

Tabela 2 – Síntese do eixo a)

Tipo de relação com ensino	Nº de Trabalhos
Relato de atividade	9
Entrevista/Questionário	4
Proposta didática	3
Discussão	3
Análise de material didático	2
Análise historiográfica ou de Obra	2

Fonte: O autor, 2022.

Repare que o total de ocorrências de cada relação é maior do que o número de trabalhos analisados, isto se deve ao fato de que há trabalhos que apresentam mais de uma relação com o ensino. Isto fica evidenciado em Quadro 3 e em Quadro 4.

Com base nos resultados apresentados e discutidos na categoria, podemos destacar a diversidade didática dos aspectos relacionados à imaginação científica no Ensino de Física, ou seja, são inúmeras as possibilidades de se inserir e discutir tal temática tanto em sala de aula quanto em pesquisas no âmbito educacional. Dessa forma, temas relacionados à imaginação científica podem oferecer aos professores diversas formas de ensinar ciências, por exemplo, a construção e a leitura de relatos e textos, dentre os quais textos históricos.

b) Conceito científico abordado

Embora alguns trabalhos abordem conceitos muito específicos, enquadrados todos os trabalhos em campos do saber físico, como por exemplo o experimento mental do balde de newton se encaixa em Mecânica Clássica (MC).

Identificamos os principais conceitos trabalhados e/ou eixos no processo de ensino envolvendo a imaginação científica. Como algumas publicações abordam mais de um conceito, elas podem aparecer em mais de uma vez.

E6 e E7 não abordam algum conceito específico, pois o foco dos trabalhos está na análise de perfil dos estudantes. Porém em S6 busca-se “compreender algumas relações entre o modo como os imaginários de alunos de física estão estruturados e a visão destes alunos sobre a natureza da ciência.” (BIANCOLIN; FERRARA, 2011, p.1)

S3 aborda o problema dos elevadores, um problema clássico, e experimento mental, da Relatividade Clássica (RC) através da análise de livros didáticos, e constrói uma proposta de ensino. S4 observa a narrativa do livro *Os sonhos de Einstein* no qual textualizam conhecimentos de Relatividade Restrita (RR), S12 também discutem RR em um relato.

Dos trabalhos que abordaram RG, S7 analisa textos históricos enquanto E9 discutem a narrativa histórica do episódio do eclipse de sobral. S13 Relatam uma experiência didática através de apresentação de conteúdo e atividade envolvendo EM.

Dentro de MC temos E1 que relatam uma aula com experimentos mentais de Sarilho¹, S8 relatam aplicação de uma unidade didática construída a partir de uma narrativa ficcional onde se imagina como é possível viajar até Júpiter. S9 propõem, a partir de reflexões, maneiras de abordar o clássico experimento do balde girando, de Newton. S2 a partir da leitura de *Para os Pássaros* de Isaac Asimov discute os fenômenos observados em referenciais girantes, e desde que os conceitos de óptica tratados por E3 são da Óptica newtoniana, enquadrando-os também em MC, que também abordam Natureza da Ciência (NdC), E3 entrevistam alunos sobre o papel da imaginação na atividade científica de Newton, continuando em NdC, S6 com questionários exploram as concepções de estudantes de ensino médio sobre a atividade científica uma das questões é:

“10. Os cientistas realizam experiências / investigações na tentativa de encontrar respostas para as perguntas que colocou. Os cientistas usam sua criatividade e imaginação durante suas investigações? Se sim, então em quais fases da investigação você acredita que os cientistas usam sua imaginação e criatividade: no planejamento e no projeto, na coleta de dados, após a coleta de dados? Por favor, explique por que os cientistas usam a imaginação e a criatividade. Forneça exemplos se for apropriado. Se você acredita que os cientistas não usam a imaginação e a criatividade, por favor, explique o por quê. Forneça exemplos se for apropriado.”(BIANCOLIN; FERRARA, 2011, p. 3)

E analisam as respostas de um estudante. S2 discute a formulação e verificação de hipóteses científicas, com a leitura de *O segredo* de Arthur Clarke. S2 ainda abordam Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) por meio de discussões após a leitura de contos de Ficção Científica que evocam temas polêmicos oriundos de desenvolvimento tecnológico.

E2, E9 e S10 abordam História e Filosofia da Ciência (HFC) através da narrativa histórica, enquanto E4 discute a imaginação científica de maneira geral, todos sob diferentes prismas

¹ Uma espécie de Polias

teóricos.

S11, S5, E5, S1 e E8 abordam Arte e Ciência em seus relatos e discussões.

E por fim temos os trabalhos de E5 e S1 que abordam a Física Moderna (FM), isto é, quântica e relatividade, mas sem muito aprofundamento, pois são apenas duas aulas dedicadas para Relatividade e Quântica.

Tabela 3 – Síntese do eixo b)

Conceito abordado	Nº de Trabalhos
Arte e Ciência	5
Mecânica Clássica (MC)	4
História e Filosofia da Ciência (HFC)	4
Natureza da Ciência (NdC)	3
Relatividade Geral (RG)	3
Relatividade Restrita (RR)	2
Óptica e Física Moderna (FM)	2
Relatividade Clássica (RC)	1
Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS)	1

Fonte: O autor, 2022.

Diante deste cenário de discussões conceituais da física, podemos destacar o quanto temas relacionados à imaginação científica atravessa por diversos campos do saber físico, ou seja, de discussões consideradas clássicas até o período moderno e contemporâneo. Dessa forma, propostas didáticas que se pautam em temas da imaginação científica podem instrumentalizar por meio de conceitos o trabalho do professor de ciências e/ou física.

c) Aspecto da imaginação ou narrativa tratado.

As narrativas podem aparecer em muitos formatos, mesmo que tenham a mesma estrutura, apresentada na Seção 3.3, os usos da narrativa variam, dentre estes usos, classificamos: Narrativas Ficcionalis, Narrativas Históricas e Experimentos Mentais.

Importante notar que muitos trabalhos de Divulgação Científica acabam se tornando Ficção Científica, a não ser os que divulgam a História da Ciência onde o compromisso com a realidade é diferente.

As narrativas históricas podem se apresentar de muitos formatos, como identifica Ribeiro e Martins (2000), “diferentes tipos de narrativas (biografias, relatos de experimentos, desenvolvimento de conceitos ao longo da historia, parábolas de cunho moral), sua diversidade e frequência de ocorrência nos materiais didáticos.” (RIBEIRO; MARTINS, 2000).

Porém a discussão não precisa se pautar em uma narrativa pronta, há trabalhos que discutem a criação de narrativas, ou até mesmo na própria criatividade, portanto temos uma quarta classificação: Criatividade.

Alheio a estes aspectos há trabalhos que focam no Imaginário.

Dentre as narrativas, identifica-se narrativas históricas e narrativas ficcionais, além dos trabalhos de narrativas “prontas”, os que consistiam na criação de narrativas também são

considerados. Os experimentos mentais, são narrativas, porém mais específicos, visam demonstrar ou explorar determinado aspecto, problema, modelo ou conceito da mesma maneira é possível abordar experimentos mentais históricos, que os cientistas escreveram para explicar ou explorar suas teorias, e também experimentos mentais “adaptados” à linguagem dos estudantes, de maneira a torná-los mais acessíveis e contextualizados.

E4 abordam a imaginação de uma maneira bem geral, portanto é difícil encaixar em algum específico.

Há no total 5 trabalhos que abordam experimentos mentais, E1, S3, S9, S12, S13, que discutem e relatam EM abordando conceitos de RC, RR, RG e MC. Nota-se a ausência da ocorrência do termo EM nos conteúdos de NdC, HFC, CTS e relações entre Arte e Ciência, uma vez que estes possam estar aparecendo nestas práticas, entretanto não estão sendo discutidos.

E2, E9 e S10 abordam Narrativas Históricas de diferentes maneiras, E2 olham para como elas aparecem em livros didáticos, E9 discutem em cima do episódio Histórico de 1919, e S10 reflete com professores a utilização das narrativa sem sala de aula, e é claro, todos os trabalhos estão intimamente ligados com a HFC.

E6, E7 e S6 são os únicos autores a abordar o imaginário dos estudantes.

E5, S1, E8, S11, S8 se baseiam na leitura de textos de Ficção Científica para discussão e posterior criação de algum trabalho, que pode ser: texto, filme, reflexões, redações etc. Os textos utilizados foram contos, filmes e livros de ficção científica, apenas S8 cria uma narrativa ficcional para aplicar em sala de aula e levar à discussão do conteúdo. De uma maneira mais ampla, S2 criam um método de discussão de contos de Ficção Científica (FC) para ensino em geral.

E5 e S1 relatam como foi utilizado a leitura de textos de FC para imaginar fenômenos de FM e produzir um conteúdo áudio-visual. Segundo os autores:

“(…) a transformação das leituras em imagens possibilita ao aluno extrapolar os sentidos para construir os conceitos da Física Moderna já que estes não podem ser demonstrados de forma empírica, necessitando da imaginação e da abstração matemática para sua compreensão.”(CARVALHO; ZANETIC, 2005, p. 3).

S11 e E8 também utilizam a leitura de FC e posteriormente produção de textos literários de formato livre.

S5 discutem como a Criatividade artística difere da criatividade científica.

Repare como há uma relação entre os trabalhos que abordam Criatividade e Ficção Científica, apenas S5 e S2 não aparecem em ambos.

Tabela 4 – Síntese do eixo c)

Aspecto tratado	Nº de Trabalhos
Ficção Científica (FC)	6
Criatividade	5
Experimento Mental (EM)	5
Narrativa Histórica	3
Imaginário	3

Fonte: O autor, 2022.

d) Pressupostos teóricos que fundamentaram as práticas de ensino e as discussões em situações didáticas

Alguns trabalhos usam uma determinada teoria mas não é citado o autor ou obra da qual está sendo feita a leitura. Portanto há trabalhos que tem o nome do autor no referencial e outros haverão a teoria.

As ocorrências nos resultados se tratam da base referencial sob qual o trabalho foi estruturado, citações de outras teorias podem acontecer, o que está sendo apresentado são o(s) principal(is).

Como o tema é amplo, há muitos autores citados e referenciados, optou-se por apresentar os quais ocorrem mais de uma vez. Tabela 5

Tabela 5 – Síntese do eixo d)

Pressupostos Teóricos	Nº de Trabalhos
Gaston Bachelard	4
João Zanetic	4
Chevallard	3
Gilbert Durand	3
Paulo Freire	2
Jerome S. Bruner	2
William Labov	2
Bronowski	2
Mario Bunge	2

Fonte: O autor, 2022.

Embora não tenha sido citado, alguns referenciais poderiam surgir, como por exemplo Vigotski (2009), que aborda a imaginação e criação na infância. A ausência deste referencial pode ser consequência da baixa ocorrência de trabalhos na educação infantil, conferir Seção 2.

e) Identificar o nível de ensino ao qual estas propostas ou intervenções didáticas são voltadas.

Nesta categoria observamos 12 retratando a física no nível de ensino médio, 5 no ensino superior e apenas 2 no fundamental, outros 3 discutem a imaginação (E4, S5) e narrativas históricas (S7) de maneira geral no ensino.

Tabela 6 – Síntese do eixo e)

Nível de Ensino	Nº de Trabalhos
Ensino Médio	12
Graduação	5
Ensino Fundamental	2

Fonte: O autor, 2022.

Comparando com outro levantamento semelhante (NASCIMENTO, 2020) a distribuição é bastante parecida, alguém poderia hipotetizar que é possível que seja uma característica do

Quadro 3 – Resultados Trabalhos EPEF.

Autores	Relação	Conceito	Nível de ensino	Pressupostos teóricos	Aspecto tratado
Lima e Carvalho (2000)	Relato	Sarilho (MC)	Fundamental I	Não apresenta	EM através de narrativa
Ribeiro e Martins (2000)	Análise de livro didático	HFC	Médio	Bruner, Edwards e Labov	Narrativa Histórica
Paula e Borges (2004)	Questionário	MC e NdC	Fundamental II	Bachelard	Imaginação Científica de maneira geral
Gurgel e Pietrocola (2004)	Discussão	HFC	-	Bachelard, Bronowski, Chevallard e Bunge	Imaginação Científica de maneira geral
Carvalho e Zanetic (2004)	Relato	Arte e Ciência, Ótica e FM	Médio	Freire e Bachelard	Ficção Científica e Criatividade
Biancolin e Ferrara (2008)	Análise de perfil	-	Médio	Durand	Imaginário
Biancolin e Ferrara (2010)	Análise de perfil	-	Médio	Durand	Imaginário
Ramos e Piassi (2012)	Relato	Arte e Ciência	Superior	Bronowski e Zanetic	Ficção Científica e Criatividade
Domingos, Bagdonas e Zanetic (2020)	Discussão	Eclipse de 1919 (RG)	Médio	Zanetic	Narrativa Histórica

Fonte: O autor, 2021.

ensino de física em geral, porém é estranho a baixa ocorrência de trabalhos neste nível de ensino, pois os alunos regulares estão na fase mais lúdica e criativa do desenvolvimento. Obviamente que o currículo influencia enormemente neste resultado, pois os conteúdos de física pouco são abordados neste nível, já com o novo currículo da educação básica (BRASIL, 2018) a tendência é que surjam mais trabalhos no nível de ensino fundamental e formação continuada, tanto dentro da temática desta pesquisa quanto no ensino de física em geral. Não somente pela necessidade de existir mais trabalhos sobre física no ensino fundamental em geral, mas também pelo potencial pedagógico que estas ferramentas oferecem para este público.

Quadro 4 – Resultados Trabalhos SNEF.

Autores	Relação	Conceito	Nível de ensino	Pressupostos teóricos	Aspecto tratado
Carvalho e Zanetic (2005)	Relato	Arte e Ciência, Ótica e FM	Médio	Freire e Bachelard	Ficção Científica e Criatividade
Piassi e Pietroccola (2007)	Relato	MC, NdC e CTS	Médio	Zanetic	Ficção Científica
Santos (2011)	Proposta e análise de livro didático	RC	Médio	Aprendizagem Significativa	EM dos elevadores
Gomes e Piassi (2011)	Análise de obra	RR	Médio	Semiótica Greimassiana	Narrativa do livro
Watanabe e Gurgel (2011)	Discussão	Arte e ciência	-	Bronowski e Bunge	Criatividade
Biancolin e Ferrara (2011)	Questionário	NdC	Médio	Durand	Imaginário
Cardoso e Gurgel (2013)	Análise de textos históricos	RG	-	Bruner	Narrativas
Castro (2013)	Relato	MC	Superior	Labov	Narrativa Ficcional
Rocha e Gurgel (2013)	Proposta	MC	Superior	Mach	EM do balde de newton
Nicácio <i>et al.</i> (2015)	Proposta	HFC	Superior	Transposição didática	Narrativa Histórica
Oliveira (2015)	Relato	Arte e ciência	Superior	Zanetic	Criatividade
Groch, Bezerra e Higa (2015)	Relato	RR	Médio	Chevallard	EM
Zago, Sasseron e Bernardes (2017)	Relato	RG	Médio	Engle e Conant	EM

Fonte: O autor, 2021.

3 DISCUSSÕES TEÓRICAS

Nesse momento cabe destacar que as discussões teóricas sobre Imaginação Científica a partir das contribuições de Gerald Holton e Jerome S. Bruner emergiram a partir da revisão da literatura, ou seja, autores que estiveram presentes nos trabalhos encontrados a partir da primeira seleção Capítulo 2 e que em um primeiro momento tivemos uma compreensão de complementaridade entre os estudos dos autores, compreensão essa que pode ser investigada e aprofundada em estudos futuros.

3.1 IMAGINAÇÃO CIENTÍFICA POR GERALD HOLTON: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Gerald Holton (1922-, 99 anos), Figura 1, é físico, educador e historiador da ciência, dentre os diversos cargos científico-governamentais que exerceu foi presidente da History of Science Society (1983–1984), escreveu numerosos livros sobre história e filosofia da ciência, dentre os casos em que Holton se debruçou há uma larga ocorrência de escritos sobre Einstein, além de escrever sobre a história e filosofia da ciência em si, também discutiu aspectos de gênero, etnia, cultura etc, que exercem uma grande influência na atividade e sociedade científica.

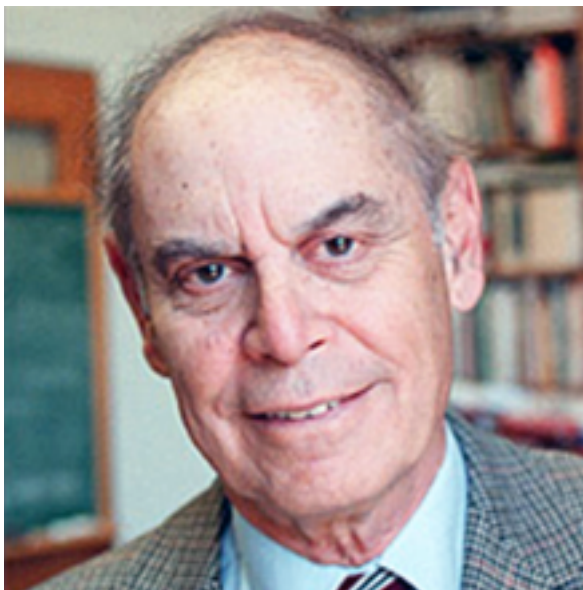
Dentre as influências de Holton para com a educação, defendeu a importância de uma educação multicultural, que é algo tateável em sua teoria que será apresentada nos próximos parágrafos, foi um dos diretores do The Project Physics Course¹, da Harvard, conhecido no Brasil como Projeto Física de Harvard, ou simplesmente Projeto Harvard, juntamente com James Rutherford e Fletcher G. Watson, o projeto era um programa nacional curricular estadunidense para ensino médio, foi desenvolvido nos anos 1962 a 1972, e utilizado em sala de aula até os anos 80. No Brasil o projeto nunca foi de fato implementado pois a tradução não era permitida, porém até hoje é um material de recorrência para a criação de aulas.

Colocando brevemente, Holton discute o processo de imaginação na ciência como um produto da interação de proposições, que se baseiam em conhecimentos e crenças do indivíduo, construindo a percepção da realidade do sujeito, e, por consequência, as interpretações da mesma, como discutido na Seção 1.1. A contribuição de Holton não diz respeito à racionalidade, mas em como aspectos culturais, crenças, aspectos sociais e psicológicos influenciam na atividade científica e, para Holton, também são materiais para proposições.

Ao observar a evolução dos conceitos da física, Holton nota que as afirmações, ou proposições são, e isso é amplamente sabido, divididas em duas, nomeadamente, afirmações envolvendo conteúdo empírico, “fatos” (ex: a leitura de equipamentos) e afirmações envolvendo lógica e matemática (tautologia) e chama-os de *afirmações empíricas* e *afirmações analíticas*, pensando neles como eixos “*x*” e “*y*” ortogonais, para representar o discurso científico usual, e gerar uma terminologia que virá a ser útil para a compreensão desta ideia. Usando o plano *xOy* para analisar os conceitos de ciência e proposições da ciência. Dentro desta analogia os conceitos seriam como pontos neste plano, e as proposições seriam linhas. Por exemplo o conceito de força: Tem uma dimensão empírica “*x*” pois as forças podem ser descobertas qualitativamente e medidas

¹ Versões em inglês podem ser acessados e baixados gratuitamente em <https://archive.org/details/projectphysicscollection>.

Figura 1 – Gerald Holton.



Fonte: Harvard (2021)

quantitativamente, assim como possui uma dimensão analítica “ y ” pois as forças obedecem a matemática do cálculo vetorial, em vez de escalar. Agora com um exemplo de uma proposição (uma hipótese ou uma lei): a lei da gravitação universal tem uma dimensão empírica, por exemplo o experimento de Cavendish, e uma dimensão analítica, de cálculo vetorial e manipulação de forças no espaço Euclidiano.

Na dimensão “ y ” temos uma liberdade de escolha de sistemas lógicos e matemáticos para descrever determinados fenômenos que observamos, esta liberdade não é tão grande na dimensão “ x ” pois é a maneira com que a natureza se apresenta diante de nós. Entretanto, não precisamos considerar todos os fenômenos toda vez que queremos descrever algo analiticamente, por exemplo o calor e o som na física galileana.

A concepção de realidade surge então da descrição destes fenômenos por sistemas lógicos escolhidos, que é observada, e corroborada por fatos experimentais. Como um objeto no plano xOy , que Holton nomeia de *contingência*. Estas escolhas são arbitrárias, pois existem infinitos sistemas lógicos que descrevem os mesmos fenômenos, a questão de porque escolhemos determinado sistema lógico repousa em algo exterior à contingência, uma dimensão “ z ”, chamada dimensão *thematica*, nesta dimensão estão caracterizados pressupostos fundamentais, noções, termos, julgamentos metodológicos, valores e decisões.

O espaço gerado R^3 é chamado de *Espaço de proposição*. Um conceito, ou uma proposição como a lei da gravitação universal pode ser considerada como um ponto ou uma linha neste espaço. Sendo sua projeção em cada um dos eixos possível.

Este mapeamento permite analisar características individuais e coletivas de cientistas, que podem ser tanto subjetivas como objetivas, sendo as características subjetivas bastante particulares a própria vivência do cientista, as objetivas não o são, pois dependem do contexto

histórico e cultural, esta objetividade se aproxima muito do conceito de paradigma, de Kuhn, Barbosa (2020) discute as semelhanças e diferenças entre as teorias dos dois autores, de maneira análoga Leonel, Silva e Arthur (2009) aproximam as ideias de Fleck e Holton para analisar a influência das concepções dos professores e dos alunos acerca de alguns conceitos científicos durante o ensino de ciências.

A análise temática nos revela aspectos interessantes sobre a concepção da ciência, tanto de leigos/público mais amplo como de especialistas, Holton também cita concepções alternativas sobre a natureza da ciência, que são interessantíssimas para o ensino (HOLTON, 1973). Estratégias de ensino baseadas em tratar estas concepções alternativas podem ser muito produtivas, e Holton considera-as como critérios para design de currículo de ensino de ciências.

Dentre as diversas implicações da imaginação científica no ensino, apontadas por Holton, destacamos:

A complexidade do vocabulário utilizado na ciência, mesmo em cursos introdutórios são utilizados termos novos que acabam por carecer de significado para o público alvo, esta linguagem se refere tanto à matemática quanto aos próprios termos utilizados. O aluno então passa muito tempo adquirindo o vocabulário do que estudando a ciência em si.

Na mesma ideia de complexidade, temos a FM, do qual os conceitos são abstratos a ponto de fugir da intuição usual. Portanto, há um grande desafio no ensino de FM, pois a sociedade está repleta de usos da FM, tornando-se uma parte crucial do currículo básico ter uma mínima noção destes conceitos.

Holton (1973) aponta uma sutileza, e sugere um ensino de área-conjunta, que não seja “sobre física” ou “da física” mas “com física”, por exemplo “filosofia e física” e não “filosofia da física”, e o mesmo se aplica para a ciência em geral. Note que a ciência é, em sua essência, uma atividade social, portanto nunca esteve isolada das outras disciplinas, como a análise temática mostra muito bem, o ensino de área-conjunta não apenas facilitaria a compreensão e assimilação da disciplina de ciência, como extinguiria a falsa ideia de pensamento puro e eremítico da ciência.

Além da leitura e reflexão sobre os livros de Gerald Holton, ao longo do levantamento realizado surgiu um outro referencial que é muito importante para esta pesquisa e que complementa a teoria de Holton, este é Jerome S. Bruner.² Há muitos paralelos entre as duas ideias, como o leitor mesmo poderá notar, um estudo futuro reside na possibilidade de aprofundar a discussão destes paralelos em uma análise mais rigorosa. A leitura de Bruner se faz necessária para a compreensão dos experimentos mentais, que se concretizará na Seção 3.4, pois Holton nos disse muito sobre como os pressupostos surgem na atividade científica, mais ainda é pouco para tomar a forma completa do processo em questão, então em uma analogia grosseira é como se experimentos mentais fossem uma estátua, onde Holton nos dá o cimento que constitui a matéria da estátua, e Bruner dar-nos-á a estrutura metálica que dá a sustentação para a obra final, esta estrutura são as narrativas.

² Que inclusive, a partir de citações de textos de ambos, aparentemente eram amigos relativamente próximos. “Typically, one’s stance on this matter has its source in one’s early reading (or misreading) of seminal sources – in my own case, Ernst Mach’s *The Analysis of Sensation* (though my friend Gerald Holton would doubtless assure me that I had misread Mach if he turned me into a constructionist).”(DAVID BAKHURST (ED.), 2001)[p. 212]

3.2 PENSAMENTO NARRATIVO E PARADIGMÁTICO, A TEORIA DE JEROME S. BRUNER

Figura 2 – Jerome Bruner em Duke University



Fonte: The Chanticleer 1936, Wikimedia Commons

Jerome S. Bruner (1915-2016, 100 anos), Figura 2, foi um psicólogo estadunidense, professor de Harvard, que liderou o que se conhece por revolução cognitiva, um movimento que causou mudanças na maneira como se via a psicologia da época (1950), qual era fortemente behaviorista, e também envolveu a linguística e ciência da computação, outros grandes nomes participaram deste desenvolvimento, como Avram Noam Chomsky(1928-) e Daniel Dennett (1942-).

Bruner também escreveu muito sobre educação e suas ideias basearam o Physical Science Study Committee (PSSC), desenvolvido no Massachusetts Institute of Technology Massachusetts Institute of Technology (MIT) na década de 50, o PSSC chegou ao Brasil em 1962, e consistia de livros didáticos e materiais de laboratório. Além do campo da psicologia educacional, Bruner escreveu sobre desenvolvimento de linguagem, e psicologia desenvolvimental.

Uma de suas ideias mais conhecidas é a do currículo em espiral, que consiste em apresentar o conteúdo de maneira bastante geral, no início, e no futuro consiga retornar a este conhecimento com maior aprofundamento, respeitando o nível dos estudantes. Assim os estudantes podem retornar para o mesmo conteúdo com curiosidade e ampliando o conhecimento.

Um dos principais conceitos desenvolvidos pelo Bruner é o dos dois modos de pensamento, Pensamento Paradigmático e Pensamento Narrativo quais se complementam, organizam nossas experiências, interpretam e constroem a realidade, assim nós humanos percebemos a realidade construída a partir do resultado destes dois modos de pensamento, que Bruner (1998) explicita:

O Pensamento Paradigmático é o pensamento lógico-científico, que utiliza teorias e significados. Caracteriza esse pensamento os seguintes valores: A busca por verdades universais, dados empíricos como justificação, proposições, no sentido lógico, implicação, no sentido lógico, a busca por sistemas lógico-matemáticos,³ abstração, coerência, busca por uma conclusão, ou inconclusão, e, como pode ter notado, é algo facilmente compreensível.

Já o Pensamento Narrativo, Bruner considera a “narrativa como um modo de pensamento, como uma estrutura para organizar nosso conhecimento, e como um veículo no processo da educação, particularmente na educação em ciência.”(BRUNER, 1996, p. 119, tradução própria)

³ Categorias, relações formais etc.

4.

Por sua vez o pensamento narrativo tem os valores de: Acontecimentos não necessariamente reais, mas críveis realidades implícitas mas não diretamente abordadas,⁵ busca por simplificação, envolve uma preocupação humana, desfechos cômicos, absurdos ou tristes, quebra de coerência, permitindo contradição.

Partindo da ideia de currículo em espiral onde ele sugeriu que qualquer conteúdo pode ser ensinado para uma criança⁶ e tendo implícito uma visão de que o conhecimento é construído e não descoberto, e por consequência não há nada que impeça-nos de construir este conhecimento de maneira concreta e simples, a descida na espiral, ou seja a simplificação, depende da incorporação das ideias em uma história ou formato de narrativa.

3.3 NARRATIVAS

Bruner dedica todo um capítulo sobre a construção narrativa da realidade (BRUNER, 1996, p. 130 - 149).

Neste capítulo estão elencados 9 universais das realidades narrativas, que podemos utilizar para entender melhor este conceito:

1. Estrutura Temporal.

Começo, meio e fim. Não a nada de muito impressionante aqui.

2. Particularidade Genérica.

Um outro termo que poderia ser usado é gênero, narrativas tem gêneros diferentes, basta olhar os gêneros literários, porém é mais fácil classificar uma narrativa como pertencente a um gênero do que especificar um gênero em particular.

3. Razões das ações.

As pessoas tem motivações para suas ações, que são movidas por sentimentos, valores, crenças. A narrativa tem esse caráter de intencionalidade, o que lembra muito o conceito de Themata de Holton.

4. Composição Hermenêutica.

Não há um procedimento teórico ou empírico para determinar uma interpretação de

⁴ Narrative as a mode of thinking, as a structure for organizing our knowledge, and as a vehicle in the process of education, particularly in science education.

⁵ Bruner tem um comentário muito interessante e ilustrativo sobre este valor “A ciência - particularmente a física teórica - também procede construindo mundos de um modo comparável, “inventando” os fatos (ou mundo) contra os quais a teoria deve ser testada. Mas a diferença flagrante é que, de tempos em tempos, existem momentos de testes quando, por exemplo, pode-se mostrar que a luz é curva ou que os *neutrinos* deixam marcas em uma câmara de neblina. Pode realmente ser verdade, como Quine exortou, que a física seja 99% de especulação e 1% de observação. Mas a criação do mundo envolvido em suas especulações é de uma ordem diferente da que a criação de histórias faz. A física deve acabar predizendo algo que é comprovadamente certo, não obstante o quanto ela possa especular. As histórias não têm tal necessidade de comprovabilidade. A credibilidade em uma história é de ordem diversa da credibilidade mesmo das partes especulativas da física teórica. Se aplicarmos o critério de Popper de falsificabilidade a uma história como um teste de seu valor, seremos culpados de avaliação descontextualizada.”(BRUNER, 1998, p. 15-16)

⁶ O próprio Bruner reconhece, é uma ideia que Sócrates já tinha, conferir *Meno*, mesmo que atualmente seja popularmente associada a Feynmann.

uma narrativa. A análise hermenêutica visa encontrar uma resposta convincente e não contraditória do que a história significa.⁷

5. Canonicidade Implícita.

Para valer a pena contar uma história, ela deve quebrar a expectativa. Há algumas quebras de expectativa bastante frequentes (traições por exemplo), mas se muito usadas acabam se tornando expectadas.

6. Ambiguidade da Referência.

Sobre o que uma narrativa fala é frequentemente uma questão em aberto, a narrativa ou constrói ou é a própria referência, de uma maneira que se torna ambígua, de uma maneira diferente da que a referência dos filósofos é.

7. Centralidade do Problema.

Histórias que valem a pena contar e valem a pena construir tipicamente nascem em problemas. A ideia de que o problema é a engrenagem principal para o motor da narrativa, que faz as “coisas andarem”. Tudo gira em torno do problema a ser resolvido.

8. Negociabilidade Inerente.

O mesmo fenômeno ou acontecimento pode ser visualizado, interpretado, e contado de diferentes perspectivas, afinal a observação está repleta de teoria.

9. Extensão Histórica da Narrativa.

A vida não é apenas uma sequência de histórias independentes, toda história começa em algum contexto, nós tendemos a estabilizar nossos mundos com entidades que continuam em ação extensão histórica da narrativa de modo que vamos “encaixando” as narrativas de uma à outra e elas parecem realmente se encaixarem. Ainda acrescenta Bruner:

“[...] Tal continuidade não é um problema para as ciências duras. Eles caem em “princípios universais”: a lei da gravidade é eterna, tanto quanto a massa e o espaço. Mas “história” é cheia de particularidades próprias que seguem uma a outra e parecem seguir *de* uma a outra.”(BRUNER, 1996, p. 144, Tradução própria)⁸

A partir destes universais é possível identificar e relacionar aspectos com os EM. Muitas destas relações são triviais, mas pode-se relacionar por exemplo o item 8 com as diferentes maneiras de interpretar um mesmo fenômeno: ao vermos o Sol nascendo e se pondo, temos certeza de que ao menos o Sol ou a Terra estão se movendo, mas será que algum deles está parado? Será que um está mais girando em torno do outro do que parado e vice-versa? Ambas as narrativas vão ter consequências, que precisam fazer sentido, isto é, estar de acordo com as outras teorias e concepções que temos sobre o mundo (itens 3, 4 e 9, se pensarmos em vez de coerência com fatos históricos, coerência com fatos empíricos e teorias). E para prever as consequências das duas hipóteses concorrentes, se realiza o EM, uma nova narrativa que vai nascer em um contexto problemático (item 7), que vai ter uma estrutura temporal (item 1),

⁷ Talvez você tenha a impressão de já ter lido esta frase em algum lugar, não é um *dejavú*.

⁸ [...] They fall back on “universal principles”: the law of gravity is forever, so long as there is mass and space. But “history” is full of quirky particulars that follow each other and are seen to follow *from* each other.

temos tal situação então podemos, a partir de fenômenos conhecidos (itens 4 e 9) que geram estas consequências (item 3), porém pode-se interpretar estes mesmos fenômenos de uma maneira diferente (item 8) que gera previsões diferentes (item 5). Ainda há os aspectos mais categóricos das narrativas, (itens 2 e 6) na questão de gênero, faz algum sentido imaginar que coisas grandes e coisas pequenas (macro e micro) pertencem a gêneros diferentes, portanto tem narrativas diferentes e etc. A referência nos permite desligar da realidade, ao menos parcialmente, e propor novos entes para entender e explicar aquele experimento mental, mas até certo ponto não há um compromisso com a realidade muito rígido, a realidade de entidades só surgirá quando o experimento mental deixa de ser mental e se torna real, que não é o foco da investigação.

3.4 EXPERIMENTOS MENTAIS

Vários pensadores se debruçaram sobre experimentos mentais, dentre eles, Kuhn (1977) explica a importância experimentos mentais na ciência, os quais são baseados em dados experimentais já aceitos pela comunidade, e que pode produzir um novo conhecimento, para Kuhn, os experimentos mentais tem o poder de fazer os cientistas reconceituar a realidade, ao se deparar com anomalias.

Mondragón (2020) discute amplamente os pressupostos de natureza empíricos e pressupostos de natureza teórico-conceitual, o que são as mesmas coordenadas “ x ” e “ y ” que Holton apresenta na analogia das dimensões, apresentada na Seção 3.1. Em sua obra Mondragón argumenta que ambos os pressupostos constituem os EM, sua tese permite-o identifica-los e constrói-se assim ferramentas para avaliar a confiabilidade epistêmica do conhecimento obtido dos Experimentos Mentais e os problemas que podem surgir de vieses cognitivos e metodológicos intrínsecos à construção dos EM, ainda complementa Mondragón: “Eles estão sujeitos a considerações de plausibilidade baseadas em elementos externos à evidência (E), implicada pela hipótese (H), o *background knowledge*(BK) e as condições iniciais (IC) que os constituem. Esse é o caso das diferentes “visões de mundo” que estão por trás da construção de vários EM.”(MONDRAGÓN, 2020, p. 97-98 Tradução própria)⁹. A tese de Mondragón é independente do debate atual de empirismo e teórico conceitual, que será explicitado nos próximos parágrafos.

Brown (1991) explicita a estrutura os experimentos mentais, apresentando alguns episódios históricos, embora os aspectos propriamente históricos do livro foram negligenciados, como resenha Holton (1993), Brown argumenta que experimentos mentais podem nos fornecer novos conhecimentos sobre o mundo, mesmo que não envolva nenhuma observação, “transcendendo o empirismo” nas palavras de Brown.

Norton (2004) também discute EM em sua obra, entretanto ele caracteriza o EM se como um argumento, de modo que o mesmo pode ser demonstrado empiricamente, é uma visão conflituosa com a de Brown. Em 2004 Norton publica um artigo com o título “Why Thought Experiments Do Not Transcend Empiricism”¹⁰, mas mesmo com esta forte oposição Brown

⁹ Los em están sujetos a consideraciones de plausibilidad basadas en elementos ajenos a la evidencia (E), implicada por la hipótesis (H), el background knowledge (BK) y las initial conditions (IC) que los constituyen. Tal es el caso las distintas “visiones del mundo” que están detrás dela construcción de varios EM.

¹⁰ Porque experimentos mentais não transcendem o empirismo.

continua afirmando que experimentos mentais de fato explicitam novos conhecimentos sobre o mundo (NORTON, 2004).

Há outros tantos autores que discutem experimentos mentais, mas a partir destes dois últimos deixam em aberto consequências interessantes e vale notar que as discussões são relativamente recentes, portanto há muito que se explorar e desenvolver neste assunto ainda.

Posto de outra maneira, os experimentos mentais são vistos na literatura em duas vias: como um processo heurístico pelo qual se pode adquirir novos conhecimentos ou se enquadrando como um argumento, acredito que ambas as visões estão corretas, e o que diferencia as duas visões é a pragmática: o cientista em seu processo imaginativo vai realizar o experimento mental pensando em consequências de determinada teoria, que o leva à resultados prévios ou até mesmo aponta incongruências na teoria, portanto novo conhecimento, ou ainda, quando é utilizado para comunicar uma linha de raciocínio, contendo uma estrutura narrativa repleta de motivos, premissas etc, que dá a forma de um argumento. No ensino estas formas aparecem, na primeira forma (heurística) os experimentos mentais abrem o mapa de possibilidades para que o aluno consiga explorar seus conhecimentos e explorar a relação entre variáveis e situações limite, evidenciar os conceitos que não estão bem consolidados ou mal entendidos e até mesmo concepções alternativas, produzir novas hipóteses testáveis sobre o conteúdo e testa-las, uma vez que é um processo intrínseco à experimentação, e portanto aos métodos de investigação que compõem a atividade científica, com experimentos mentais no ensino, na forma heurística, aprende-se ciência. Na segunda forma (argumento) evidencia a questão social da atividade científica, pois além de construir a coerência das ideias, também existe no argumento um caráter comunicativo, a primeira forma também contém esse caráter, a heurística não precisa ser necessariamente subjetiva, mas frequentemente é intersubjetiva, pois a construção dos experimentos mentais se baseia em conhecimentos empíricos, teóricos e aspectos do paradigma, da cultura e dos temas também interferem nesse processo.

Agora olhando para a maneira como EM entram no ensino, numa revisão da literatura sobre artigos que abordam EM, Kiouranis, Souza e Filho (2010) apontam:

Na literatura internacional, principalmente a de língua inglesa, encontramos diversos fatores que validam o papel dos EM no ensino das ciências e, embora sejam tomados de exemplos conhecidos e estudados há tempos, principalmente na área da física, alcançaram pouco êxito em relação ao ensinar e aprender ciências. Mais recentemente os EM foram utilizados como materiais educacionais ao vinculá-los com os conceitos e princípios da física do século XX (KIOURANIS; SOUZA; FILHO, 2010).

Além disso, Helmand e Gilbert (1985) e Helmand, Gilbert e Watts (1985) que estão presentes no levantamento em questão, apontam que os experimentos mentais possuem um aspecto de “simplificação” do fenômeno, tornando-o acessível a leigos, ou não especialistas:

Helm e Gilbert concluem seu trabalho lembrando que muitos experimentos mentais que tiveram enorme relevância histórica, tais como o microscópio de raios gama de Heisenberg e o experimento de EPR(Einstein-Podolski-Rosen), vêm sendo continuamente reelaborados em novas versões, o que sugere que entre os cientistas há um consenso explícito de que eles se constituem efetivamente em instrumentos didáticos bastante valiosos (KIOURANIS; SOUZA; FILHO, 2010).

Este caráter torna o EM em uma ferramenta, ou maneira, de convencimento sobre determinado fato focando na interpretação e facilitando a mediação pelo professor do conteúdo, e acaba deixando um pouco de lado o aspecto criativo e imaginativo do EM.

Porém também podem ser desafiadores, para os alunos, se adequadamente abordados, conforme ainda apontam os trabalhos analisados por Kiouranis, Souza e Filho (2010) estimulando a comunicação, o questionamento, e abordagens para explorar o problema. Estas últimas características apontadas são muito frequentes na atividade científica, o que faz do EM uma ferramenta chave para entender como funciona a ciência, para cidadãos (educação básica), a importância do cidadão entender como a ciência funciona se torna mais nítida a cada dia que passa, e vital para formação de cientistas (graduação), pois é preciso formar o cientista na atividade científica, que vai além de compreender como funciona a ciência. Fernandes *et al.* (2019) refletem sobre como o uso de experimentos mentais de maneira lúdica contribui também na formação docente.

4 CONCLUSÃO

A partir do levantamento se pode notar vários aspectos da área:

Há pouquíssimos trabalhos voltados para o ensino fundamental, e nenhuma ocorrência para anos iniciais, é uma deficiência atual da área do ensino de física e que tende a mudar, uma vez que os novos currículos contêm muita física nessas fases, a demanda aumenta também.

A incidência das discussões entre Arte e ciência e criatividade e ficção científica, sendo que a ficção científica parece ser o principal meio compreendido como “arte”, ou talvez o mais facilmente aplicável, o porque desta relação é uma pergunta em aberto.

Nota-se a incrivelmente baixa ocorrência de assuntos de conceitos relacionados à quântica, em parte é devido aos termos utilizados para selecionar os trabalhos, note que as palavras-chave utilizadas contêm relatividade, mas nada relacionado à quântica. A própria decisão, no início da pesquisa, de relacionar EM e Relatividade revela como os dois assuntos estão amarrados, mesmo que existam muitas narrativas na quântica, assim como experimentos mentais.¹ Diferenças de como são tratados os EM na quântica e na relatividade é uma possível futura pesquisa. Os EM existem em todos os conteúdos, mas há uma tradição muito enraizada deste “método”, por assim dizer, nos conteúdos de MC e relatividade em geral acredita-se que se deve à narrativa do próprio conteúdo, falar sobre EM é uma etapa importante no aprendizado desses conteúdos, estudar os impactos deste “método” em outros assuntos pode gerar resultados interessantes em futuras pesquisas.

Além do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) a pesquisa terá uma continuidade no mestrado do qual o autor se aprofundará no objeto de estudo Experimento Mental, possivelmente muitos dos objetivos deixados de lado durante a pandemia se concretizaram naturalmente ao longo da continuidade da pesquisa. O assunto é amplo o suficiente se passar a vida pesquisando-o.

Por fim, o estudo de Gerald Holton diz muito sobre a perspectiva de ensino da natureza da ciência, outros pensadores da imaginação como Thomas Kuhn e Gaston Bachelard, podem contribuir com novas perspectivas sobre a imaginação, que futuramente serão aprofundadas e comparadas. Jerome S. Bruner, também estudado ao longo deste trabalho, fornece perspectivas vitais para a construção da compreensão dos Experimentos Mentais, a narrativa ainda pode ser estendida e compreendida e aplicada de outras maneiras em outros objetos de estudo. Dos objetivos, Seção 1.2, no objetivo “Investigar significados e aplicações dos termos Imagem, Narrativas e Experimento Mental em pesquisas do ensino de física.” não foi suficientemente explicitado esses significados e usos. Espera-se aprofundar este objetivo da pesquisa em futuros trabalhos. Pretende-se também realizar uma discussão teórica mais rigorosa sobre a complementariedade das teorias de Holton e Bruner.

¹ Ação fantasmagórica, Gato de Schrödinger etc.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, João. Themata e paradigmas: Dois conceitos epistemológicos distintos mas com relações. **Aufklärung: Revista De Filosofia**, v. 7, n. 3, p. 33–42, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18012/arf.v7i3.52344>.

BIANCOLIN, Mônica M.; FERRARA, Nelson Fiedler. A natureza da ciência e o imaginário dos estudantes de física do ensino médio. *In: XIX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Manaus - AM: [s.n.], Fevereiro 2011.

_____. Considerações sobre o imaginário no ensino de física. *In: XI EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Curitiba - PR: [s.n.], Outubro 2008.

_____. Imaginário de estudantes de física analisado a partir do teste AT-9. *In: XII EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Águas de Lindóia - SP: [s.n.], Outubro 2010.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

BROWN, James Robert. **The Laboratory of the mind: Thought Experiments in the Natural Sciences**. 1. ed. New York: Routledge, 1991.

BRUNER, Jerome S. **Realidade mental, mundos possíveis**. Porto Alegre - RS: Artes Médicas, 1998. trad.: Marcos A. G. Domingues. ISBN 8573072911.

_____. **The culture of education**. [S.l.]: Harvard University Press, 1996. ISBN 0674179528,0674179536.

CARDOSO, Danilo. **A Complementaridade dos Pensamentos Narrativo e Matemático na Geração da Teoria da Relatividade Geral**. São Paulo: [s.n.], 2015.

CARDOSO, Danilo; GURGEL, Ivã. A complementariedade das linguagens narrativa e matemática no contexto da geração da relatividade geral. *In: XX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física*. São Paulo - SP: [s.n.], jan. 2013.

CARVALHO, Silvia H. M.; ZANETIC, João. Ciência e arte, razão e imaginação: Complementos necessários à compreensão da física moderna. *In: IX EPEF Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Jaboticatubas - MG: [s.n.], Outubro 2004.

CARVALHO, Silvia H. M.; ZANETIC, João. Ciência e arte, razão e imaginação: Um projeto de ensino de física moderna para alunos do ensino médio. *In: XVI SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Rio de Janeiro - RJ: [s.n.], jan. 2005.

CASTRO, Luciano A. C. Textos ficcionais no ensino de física geral: Uma proposta conectando tópicos de mecânica e astronomia. *In: XX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física*. São Paulo - SP: [s.n.], jan. 2013.

DAVID BAKHURST (ED.), Stuart G. Shanker (ed.) **Jerome Bruner: Language, Culture and Self**. 1st. [S.l.]: SAGE Publications, 2001. ISBN 0761955313,9780761955320,9780761955313,0761955321.

DOMINGOS, Fernando; BAGDONAS, Alexandre; ZANETIC, João. Então as luzes se curvaram”: Uma narrativa histórica para debater a ascensão da relatividade geral. *In: XVIII EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Online: [s.n.], nov. 2020.

FERNANDES, Stéfani Martins *et al.* Experimentos Mentais como uma forma de ludicidade no ensino superior. **Thaumazein: Revista Online de Filosofia**, v. 12, n. 23, p. 45–53, mai. 2019. Acessado em 18 Fev. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/thaumazein/article/viewFile/3032/2391>.

FEYERABEND, Paul. **Introductory Readings in the Philosophy of Science**. New York: Prometheus Books, 1998. P. 54–65.

GOMES, Emerson F.; PIASSI, Luis P. onhos de Einstein e o ensino de TR: O romance em sala de aula sob a "ótica" da semiótica. *In: XIX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Manaus - AM: [s.n.], Fev 2011.

GROCH, Tony M.; BEZERRA, Arandi G.; HIGA, Ivanilda. Relatividade restrita no ensino médio: Uma experiência didática. *In: XXI SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Uberlândia - MG: [s.n.], jan. 2015.

GURGEL, Ivã; PIETROCOLA, Maurício. imaginação científica: Aspectos da construção do conhecimento sob a perspectiva da criação subjetiva. *In: IX EPEF Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Jaboticatubas - MG: [s.n.], Outubro 2004.

HELMAND, Hugh; GILBERT, John. Thought experiments and physics education. **Physics Education**, v. 20, n. 3, p. 124–131, mai. 1985.

HELMAND, Hugh; GILBERT, John; WATTS, Michael D. Thought experiments and physics education. **Physics Education**, v. 20, n. 5, p. 221–217, jul. 1985.

HEMPEL, Carl G. Explicação Científica. *In*: edição: Morgenbesser. 3. ed. SP: Cultrix, 1979.

HOLTON, Gerald. The laboratory of the mind: thought experiments in the natural sciences by James Robert Brown. **Isis**, v. 84, n. 4, p. 836–838, 1993.

_____. **The Scientific Imagination: Case Studies**. [S.l.: s.n.], 1978. ISBN 9780521217002,9780674794887,0521217008,0674794885.

_____. **Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein**. [S.l.]: Harvard University Press, 1973. ISBN 0674877462,9780674877467.

KIOURANIS, Neide Maria Michellan; SOUZA, Aguinaldo; FILHO, Ourides. Experimentos mentais e suas potencialidades didáticas. **Revista Brasileira De Ensino De Fisica - REV BRAS ENSINO FIS**, v. 32, mar. 2010. DOI: 10.1590/S1806-11172010000100019.

KUHN, Thomas S. **The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change**. [S.l.]: University of Chicago Press, 1977. ISBN 0226458067,9780226458069,0226458059,9780226458052.

LEONEL, André Ary; SILVA, Diego Aurino; ARTHURY, Luiz Henrique Martins. As idéias de Fleck e Holton no treinamento escolar. *In*: VII ENPEC Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Florianópolis - SC: [s.n.], nov. 2009.

LIMA, Barbosa M. C.; CARVALHO, A.M.P. Exercícios de raciocínio” em três linguagens: ensino de física nas séries iniciais. *In*: VII EPEF Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Florianópolis - SC: [s.n.], mar. 2000.

MONDRAGÓN, Damián Islas. **Experimentos mentales en ciencias naturales**. 1. ed. Cidade do México, México: Universidad Nacional Autónoma de México Mérida, Fevereiro 2020. (Ensayos). ISBN 978-607-30-2994-0.

NASCIMENTO, Lucas Albuquerque do. **Reflexões sobre Ciência e Ensino: O Eclipse Solar de 1919**. Florianópolis: [s.n.], 2020.

NICÁCIO, José D. S. *et al.* Atuando na formação docente: Narrativas histórica em perspectiva reflexiva. *In: XXI SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física.* Uberlandia - MG: [s.n.], jan. 2015.

NORTON, John D. Why Thought Experiments Do Not Transcend Empiricism. *In:* edição: Christopher Hitchcock. United Kingdom: Blackwell, 2004.

OLIVEIRA, Letícia M. E. Estabelecendo diálogo entre duas culturas: Imaginação e criatividade aliadas ao ensino de física. *In: XXI SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física.* Uberlandia - MG: [s.n.], jan. 2015.

PANCIERA, Daniela Cristina *et al.* Reflexões sobre o uso de um podcast no ensino de física em tempos pandêmicos. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 33, n. 2, p. 421–428, nov. 2021. Disponível em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35291>.

PAULA, Helder F.; BORGES, Antônio T. A compreensão dos estudantes sobre o papel da imaginação na produção das ciências. *In: IX EPEF Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.* Jaboticatubas - MG: [s.n.], Outubro 2004.

PIASSI, Luis P.; PIETROCOLA, Maurício. Quem conta um conto aumenta um ponto também em Física: Contos de ficção científica na sala de aula. *In: VII SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física.* São Luis - MA: [s.n.], Fev 2007.

RAMOS, João E. F.; PIASSI, Luis P. M. Morando na lua: Física e a imaginação nas aulas de ciências da natureza. *In: XIV EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.* Maresias- SP: [s.n.], Outubro 2012.

RIBEIRO, Ruth M. L.; MARTINS, Isabel. Estórias da ciência: Uma análise de narrativas nos livros de física para o ensino médio. *In: VII EPEF Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.* Florianópolis - SC: [s.n.], mar. 2000.

ROCHA, N. Maristela; GURGEL, Ivã. O experimento do balde de Newton na formação de professores: Uma oportunidade para experimentar o laboratório da mente. *In: XX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física.* São Paulo - SP: [s.n.], jan. 2013.

SALEM, Sonia. **Perfil, evolução e perspectivas da Pesquisa em Ensino de Física no Brasil.** 2012. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, Adevailton B. Princípio de equivalência no ensino médio e o problema dos elevadores. *In: XIX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Manaus - AM: [s.n.], Fev 2011.

SILVA, Henrique César da. Grupo Fluxo: circulação e textualização do conhecimento científico. *In: Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT): contribuições para pesquisa e ensino*. Edição: José Custodio Filho et al. São Paulo: Livraria da Física, 2018. P. 147–168.

VIGOTSKI, Lev Semionovich. **Imaginação e criação na infância: ensaio psicológico - livro para professores**. [S.l.]: Ática, 2009. ISBN 9788508126118.

WATANABE, Graciella; GURGEL, Ivã. A imaginação como um processo de criação na arte e na física: uma discussão sobre a dualidade do entendimento. *In: XIX SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Manaus - AM: [s.n.], Fev 2011.

ZAGO, Letícia; SASSERON, Lúcia H.; BERNARDES, Esmerindo S. Relatividade geral no ensino médio: Implementação de uma sequência didática e um olhar para engajamento dos estudantes. *In: XXII SNEF Simpósio Nacional de Ensino de Física*. São Carlos - SP: [s.n.], jan. 2017.