

CONHECIMENTO PODEROSO E IDEIAS FUNDAMENTAIS: UMA PROPOSTA DE CURRÍCULO EM ESPIRAL PARA A FÍSICA ESCOLAR

POWERFUL KNOWLEDGE AND FUNDAMENTAL IDEAS: A SPIRAL CURRICULUM PROPOSAL FOR SCHOOL PHYSICS

Luís Gomes de Lima

Universidade Federal do Paraná - DEC, PPGECMTE e Programa de Pós-doutorado do IEA-USP. E-mail: luislma@ufpr.br

O presente trabalho investiga a proposição de um currículo de física em espiral baseado no conhecimento poderoso e nas ideias fundamentais. Busca-se a construção de um currículo de física que garanta o acesso dos estudantes, especialmente das escolas públicas, ao conhecimento clássico, ao saber sistematizado, para que possam, de fato, se emancipar por meio do chamado conhecimento poderoso. Nessa proposta, rejeitamos a extinção da disciplina de física, e o esvaziamento curricular na atual Base Nacional Comum Curricular e no Novo Ensino Médio. A investigação aponta para a possibilidade de um currículo de física amplo, que supera o pragmatismo e a diminuição dos saberes da física nas propostas curriculares atuais. Como resultados, o currículo de física em espiral, formado por meio das ideias fundamentais, promove o conhecimento poderoso e potencializa a compreensão dos estudantes sobre novos saberes.

Palavras-Chave: Currículo de física; currículo em espiral; conhecimento poderoso; ideias fundamentais e; conteúdos fundamentais

The present work investigates the proposition of a spiral physics curriculum based on powerful knowledge and fundamental ideas. The aim is to build a physics curriculum that guarantees students' access, especially from public schools, to classical knowledge, to systematized knowledge, so that they can, in fact, emancipate themselves through the so-called powerful knowledge. In this proposal, we reject the extinction of the discipline of physics, and the emptying of the curriculum in the current National Curricular Common Base and in the New High School. The investigation points to the possibility of a broad physics curriculum, which overcomes pragmatism and the decrease in physics knowledge in current curricular proposals. As a result, the spiral physics curriculum, formed through fundamental ideas, promotes powerful knowledge and enhances students' understanding of new knowledge.

Keywords: Physics curriculum; spiral curriculum; powerful knowledge; fundamental ideas and; fundamental contents

1. INTRODUÇÃO

Recentes reformas educacionais no Brasil têm se intensificado a partir das mudanças ocorridas no cenário político-econômico desde 2016, implicando drásticas mudanças em termos de investimentos públicos na educação, na composição histórica de disciplinas escolares e seus currículos, nos conteúdos escolares e, na formação inicial e continuada de professores. Prova dessas mudanças são: 1) a Emenda Constitucional 95/2016, que congelou os gastos na educação brasileira por 20 anos (Brasil, 2016); 2) a homologação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que eliminou a disciplina de física do currículo escolar, aglomerando-a junto a química e biologia na área chamada de ciências da natureza (Brasil, 2018); 3) a Medida Provisória nº 746/2016, que em menos de seis meses vira a Lei nº. 13.415/2017 (Brasil, 2017), instituindo o chamado Novo Ensino Médio (NEM) que revoga a obrigatoriedade de componentes históricos no currículo escolar e; 4) a Diretriz Curricular Nacional para Formação de Professores (DCNFP) de 2019, que altera a DCN 2015, retroagindo as conquistas no que se refere a valorização profissional docente e formação continuada (Brasil, 2019). Dada sua natureza, o conjunto dessas propostas tem sido denominado por Ostermann e Rezende (2021) como um pacote privatista, utilitarista e minimalista.

Nesse contexto, trabalhos recentes com várias perspectivas, como: Ferretti (2018), Freitas (2012), Gonçalves, Mota e Anadon (2020), Giaretta (2021), Giroto (2018), Oliveira e Da Silva (2021), têm apontado para o retrocesso dessas reformas educacionais. Nesse aspecto, a Associação Nacional pela Formação dos Professores da Educação (ANFOPE, 2020) recorda que, apesar de inúmeros questionamentos o Conselho Nacional de Educação:

Rejeitou as inúmeras manifestações contrárias das entidades acadêmicas e representativas de instituições, professores e estudantes, que apontavam para as inconsistências da proposta, que **visa apenas atender a interesses mercantilistas de fundações privadas que anseiam pela padronização aligeirada da BNCC**. As ‘novas’ Diretrizes Nacionais Curriculares e a BNCC da Formação **descaracterizam os cursos de licenciatura e empobrecem a qualidade da formação de professores**, com impactos nocivos sobre a educação básica, constituindo-se como **mais um grave retrocesso nas políticas educacionais** (ANFOPE, 2020, p. 1, grifos meus).

Essas reformas têm gerado discussões intensas, acarretando na assinatura de cartas abertas pela revogação da BNCC, da DCFP e do NEM, por parte de um grande número de associações acadêmicas científicas e entidades da sociedade civil. Diante dos problemas que essas reformas acarretam para a formação dos estudantes do ensino básico brasileiro, sobretudo em relação a implementação do NEM em pleno andamento em vários estados, mais de duzentas entidades assinaram carta aberta pela revogação dessa reforma (Várias Entidades, 2022). Inclusive, os palestrantes da mesa redonda 3 do XIX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (XIX EPEF), concluíram não haver outra saída a não ser a revogação de todo esse pacote de reformas (Rocha & Ostermann, 2022). Os motivos que levaram a esses inúmeros pedidos de revogação, também já haviam sido apresentados pela Sociedade Brasileira de Física em protesto contra a BNCC e o NEM, especialmente, por extinguir a disciplina de física do currículo, dado que não há obrigatoriedade do ensino dessa disciplina nessas propostas reformadoras (SBF, 2018).

De fato, ao observar o texto da BNCC verificam-se graves problemas. Saberes escolares foram trocados por competências e habilidades na proposta pragmatista da pedagogia do aprender a aprender (Delors, 1998), cujo proselitismo se ancora no romantismo de Rousseau em centralizar o processo de ensino no mundo das crianças e não nos saberes e preparo para vida adulta, como visto em Enkvist (2020) e Arendt (2005). Apenas português e matemática se mantêm como disciplinas isoladas na base, todas as outras disciplinas foram aglutinadas em áreas. Conteúdos escolares foram extintos, substituídos por um total de 115 competências, dispersas em 1567 habilidades, em um montante de aproximadamente 600 páginas, acarretando aumento significativo de fragmentação. A chamada área de ciências da natureza, por exemplo, aglutina nessa base as disciplinas de física, química e biologia em um único conjunto curricular, por meio de 3 competências espalhadas em 26 habilidades. Nessa área, conteúdos disciplinares foram extintos e substituídos por apenas 3 temas genéricos no currículo: 1) Matéria e Energia; 2) Vida e Evolução e; 3) Terra e Universo. Assim, todas as especificidades epistemológicas da física, da química e da biologia foram ignoradas na BNCC. Os conteúdos específicos dessas disciplinas foram trocados pelos conceitos de competência e habilidade dentro de uma pretensa interdisciplinaridade. O NEM consolida, por sua vez, a negação de acesso ao conhecimento escolar dos estudantes, ao privá-los de estudar disciplinas específicas e historicamente ensinadas nas escolas como a física, como visto no §3º do art. 35 da lei 13415: “O ensino da língua portuguesa e da matemática será

obrigatório nos três anos do ensino médio” (Brasil, 2017). Não há essa obrigatoriedade para outras disciplinas na referida lei, além do que, a proposta do NEM é a fragmentação curricular em uma dispersão de itinerários formativos a-históricos da cultura escolar. Um exemplo claro é o componente #SeLiganaMídia presente no NEM de São Paulo, cujo componente curricular é voltado ao marketing (Rabelo e Cavalari, 2022). Outro fato decorrente dessas reformas é observado nas mudanças dos livros didáticos. Antes, os livros continham conteúdos específicos para cada disciplina escolar, e os professores tinham segurança no seu trabalho didático, pois os livros eram disciplinares. Após as reformas educacionais os livros didáticos atuais, validados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), perderam essa especificidade epistemológica, gerando um estranhamento aos professores, haja vista que os conteúdos são misturados nas áreas, dando a sensação de não pertencimento e confusão.

Como visto, o prejuízo escolar é imenso, especialmente em relação as especificidades epistemológicas das disciplinas, como as de física, química e biologia que são distintas (Bachelard, 1940), o que impede sua junção genérica em um único propósito minimalista curricular. Importante ressaltar que os estudantes têm o direito de acesso aos conteúdos nos diferentes perfis epistemológicos existentes, isto é, nas disciplinas específicas ministradas por professores especialistas. Uma ilustração sobre a importância da especificidade epistemológica que justifica a necessidade do acesso às disciplinas específicas no currículo escolar dos estudantes é apresentada na figura 1, a respeito do conceito de apenas um conceito científico, a massa.

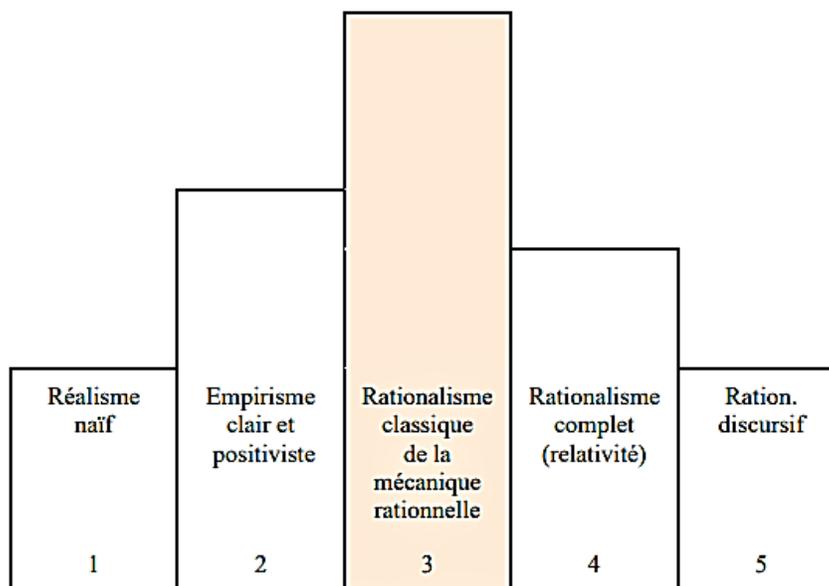


Figura 1: Perfil epistemológico sobre o conceito de massa. Fonte: Bachelard (1940, p. 42).

Conforme Bachelard (1940), a compreensão sobre a massa é distinta para cada um desses cinco perfis epistemológicos. O perfil 1 caracteriza o Realismo Ingênuo presente no senso comum impregnado pelos sentidos, onde a massa é entendida como peso ou algo volumoso. No perfil 2 - Empirismo Claro e Positivista, a experimentação relaciona a massa aos instrumentos de precisão. O Racionalismo Clássico da mecânica racional do perfil 3, compreende a massa como noção racional newtoniana, na relação inversamente proporcional com a aceleração:

$|\vec{a}| \propto \frac{F}{m}$ Bachelard (1940) ressalta a importância desse perfil para a física como produto de uma educação escolar matemática clássica, desenvolvida em uma longa prática de ensino de física elementar: “De fato, na maioria dos casos, a noção de massa aparece para nós na orientação do racionalismo clássico. **Para nós, como noção clara, a noção de massa é antes de tudo uma noção racional**” (Bachelard, 1940, p. 42, grifos meus). O Perfil 4, por sua vez, compreende o conceito de massa dentro de um Racionalismo Completo, engajado com a noção da mecânica relativística. Enquanto, o perfil 5 é oriundo de um Racionalismo discursivo ou dialético, onde a massa passa a ser compreendida em um grau mais profundo de abstração e probabilidade à luz da relativística quântica de Paul Dirac.

Esse exemplo, sobre um único conceito científico, demonstra a importância dos conteúdos escolares serem ensinados por professores especialistas em disciplinas específicas. Portanto, uma formação curricular genérica e minimalista, presente nas propostas das reformas criticadas acima, impede o acesso dos estudantes a essa pluralidade epistemológica sobre os mais distintos conceitos científicos. De forma mais clara, os estudantes do EM têm o direito de acesso ao conhecimento científico em cada uma das disciplinas escolares. Como prova da importância dessa especificidade epistemológica curricular e disciplinar, Mortimer (1995) cita seu próprio perfil como exemplo da distinção dos vários perfis epistemológicos, demonstrando que existe diferenças profundas entre os professores de cada disciplina científica.

Meu próprio perfil sobre o conceito de massa tem o setor empírico como o mais forte. Isso está relacionado à minha formação em Química e a vários anos de trabalho em laboratórios químicos, usando escalas como parte das atividades cotidianas. **Um perfil hipotético de um físico** pode ser completamente diferente. O setor empírico do perfil dele é mais fraco que o meu [...] em compensação, **tem um setor racional mais forte, relacionado à experiência de ensino das leis de Newton. O setor moderno do perfil do físico também é mais forte que o meu porque ele está mais familiarizado com a teoria da relatividade e suas implicações** (p. 271, grifos meus).

No contexto exposto, e diante das incertezas das políticas públicas sobre a educação dos estudantes, filhos e filhas de trabalhadores, que compõe a massa da rede pública de ensino, o presente trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta curricular de física escolar que possa contribuir nas discussões para composição de um currículo de física amplo para o Ensino Médio, de forma a superar o vazio curricular presente na BNCC e no NEM. Compreendemos que não há possibilidades de qualquer estudante ser alijado do conhecimento que a física proporciona para o entendimento do mundo contemporâneo, e para garantir esse conhecimento é preciso um currículo de física completo, pois, só assim podemos proporcionar a emancipação intelectual de nossa juventude para um possível desenvolvimento científico e tecnológico da nação.

Nessa perspectiva, devemos nos perguntar: o que queremos ensinar? Para quem? E, para que tipo de sociedade? Decerto, as propostas curriculares atuais estão baseadas no conceito de mínimo, portanto, é lógico o raciocínio que, do mínimo, só poderá surgir um conhecimento raso, supérfluo, inconsistente. Com isso não há garantias de uma formação ampla que eleve a qualidade educacional do país, reconhecidamente um fracasso, conforme todo e qualquer indicador nacional ou internacional. Se, ao contrário, as exigências curriculares forem máximas, há de se esperar a oferta de conteúdos amplos, que contribuem para elevar o nível intelectual da nossa juventude para que possam chegar à vida adulta em condições de contribuição

máximas e não mínimas. E, para que isso seja possível, devemos ofertar, de início, um currículo que seja máximo em termos de conteúdos. Essa é a condição primária para um possível aumento de qualidade educacional. Claro que, apenas a inserção de mais conteúdos não é a única ação para melhorar a educação do país, há de se levar em consideração todo um conjunto de medidas como garantia de infraestrutura nas escolas e condições de trabalho docente, mas, sem a garantia de conteúdos amplos nos currículos não há começo.

Para que possamos compreender quais seriam os conteúdos necessários para a consolidação de uma educação de qualidade, é preciso lembrar que há muito tempo pesquisas da área de Ensino de Física, e da área mais ampla de Ensino de Ciências, vêm tecendo críticas sobre um suposto ensino elitista com foco em exercícios canônicos e propedêuticos com vistas aos vestibulares, defendendo um ensino mais humanista das ciências nas escolas. Consideramos que esse não é um bom embate, principalmente, pelo fato de que uma perspectiva aparenta excluir a outra, quando um currículo amplo deve proporcionar ambas as possibilidades. De forma mais clara, temos de um lado, as críticas sobre um ensino de física baseado na tradição, composto por saberes e conteúdos com base no formalismo matemático, listas de exercícios e provas, concebido para uma suposta escolarização elitista. E, de outro, a defesa de um ensino baseado não mais em conteúdos, mas em competências, habilidades, e em contextualizações com o senso comum cotidiano dos estudantes, ensino este concebido para o grosso dos estudantes do ensino público, os filhos e filhas da classe trabalhadora.

Um bom embate, seria, portanto, a garantia de um currículo amplo envolvendo as duas perspectivas. Não é possível assumir a dicotomia curricular de um ensino de física amplo para poucos e escasso para muitos, quando a própria Constituição Federal em seu artigo 208, inciso V, deixa claro que o dever do Estado, com a educação, também é garantir o acesso aos níveis mais elevados do ensino, segundo a capacidade de cada um. Isso implica, que um ensino de física, também conteudista e com foco nos vestibulares é garantia constitucional a todos os estudantes, independentemente, de sua classe social. Caso contrário, estaríamos assumindo que deveria existir um currículo elitista, voltado para uma elite com direitos únicos de acesso ao conhecimento sistematizado, e, outro currículo, escasso de conhecimentos, destinado aos pobres, nos moldes da escola dualista de Baudelot e Establet (1971). Esse dualismo não contribui para a superação do vazio existente na BNCC e no NEM, que negam a presença da física no currículo do EM. Consequentemente, tal dualismo impossibilita que as futuras gerações tenham acesso aos conhecimentos e saberes sistematizados produzidos ao longo da história da humanidade sobre essa área do conhecimento, agravando o analfabetismo científico e a compreensão do mundo atual.

Assim, o problema de pesquisa se constrói, na necessidade de um currículo amplo que garanta o acesso ao saber sistematizado pelos estudantes de EM sobre a disciplina de física, considerando dois constructos: a ideia do curricularista Michael Young sobre conhecimento poderoso como princípio curricular (Young, 2016), articulado ao conceito desenvolvido por Jerome Bruner sobre a construção da estrutura do conhecimento, das ideias fundamentais no currículo em espiral (Bruner, 1978). Nesse propósito, esperamos contribuir para as futuras discussões curriculares que estão em andamento no país, por meio do objetivo geral desta investigação, pautado na construção de um currículo de física amplo, que permita acesso ao conhecimento poderoso. Para esse fim, nossos objetivos específicos centralizam-se em descrever: a) as ideias fundamentais

da física escolar; b) os conteúdos fundamentais do currículo de física e; c) um currículo em espiral sobre a física escolar do EM.

2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

Um currículo de física amplo, impõe a necessidade exposta por Saviani e Duarte (2012, p. 3, grifos meus): “de uma pedagogia que fortaleça o trabalho de produção direta e intencional, em cada aluno e em todos os alunos, **do domínio dos conhecimentos necessários ao seu pleno desenvolvimento** como seres humanos”. O conceito de mínimo curricular, presente na BNCC e na fragmentação do NEM, não permite esse desenvolvimento, sendo necessário que a escola garanta a transmissão-assimilação de conteúdos, como afirma Saviani (2012, p. 55): “os conteúdos são fundamentais e sem conteúdos relevantes, conteúdos significativos, a aprendizagem deixa de existir, ela transforma-se num arremedo, ela transforma-se numa farsa”. Esse autor, afirma, ainda, que os conteúdos escolares devem ser os grandes clássicos, o conhecimento erudito, o que na física representa o conjunto de conteúdos canônicos e propedêuticos a preencherem o currículo de física. Segundo Saviani (2003, p. 17): “Ora, clássico na escola é a transmissão-assimilação do saber sistematizado. Este é o fim a atingir. É aí que cabe encontrar a fonte natural para elaborar os métodos e as formas de organização do conjunto das atividades da escola, isto é, do currículo”.

Nesse propósito, o presente trabalho tem por base o arcabouço teórico desenvolvido por Young (1971, 2000, 2007, 2010, 2011, 2013, 2014 e 2016), articulado com as ideias fundamentais de Bruner (1978), para construção de um currículo de física em espiral, a fim de possibilitar o acesso dos estudantes de EM ao conhecimento poderoso para sua emancipação intelectual.

Para o curricularista Michael Young, a função do currículo é transmitir o conhecimento poderoso, teórico, universal e objetivo, visto como um patrimônio da humanidade para todo e qualquer estudante, em especial aos de classes sociais mais baixa. Para esse autor, a escola não deve se envolver com saberes de senso comum dos estudantes, como afirma:

As escolas devem perguntar: ‘Este currículo é um meio para que os alunos possam adquirir conhecimento poderoso?’ Para crianças de lares desfavorecidos, a participação ativa na escola pode ser a única oportunidade de adquirirem conhecimento poderoso e serem capazes de caminhar, ao menos intelectualmente, para além de suas circunstâncias locais e particulares. **Não há nenhuma utilidade para os alunos em se construir um currículo em torno da sua experiência**, para que este currículo possa ser validado e, como resultado, deixá-los sempre na mesma condição (Young, 2007, p. 1297, grifos meus).

Antes, o papel da escola é transmitir os conhecimentos canônicos e propedêuticos, o conhecimento teórico, denominado de poderoso para Young pelo fato de permitir a emancipação intelectual dos estudantes nas várias disciplinas escolares, uma vez que a estrutura do conhecimento especializado é quem garante a lógica educacional para a construção de um currículo (Young, 2013). O que implica na certeza de Young (2014, p. 192): “estou convencido de que não há questão educacional mais crucial hoje em dia do que o currículo. Para colocar o problema mais diretamente, precisamos responder à pergunta: o que todos os alunos deveriam saber ao deixar a escola”? Nessa perspectiva, a responsabilidade dos sistemas públicos de ensino é

“entregar à próxima geração o conhecimento acumulado pelas anteriores. É esse elemento de continuidade entre gerações que nos distingue dos animais” (Young 2013, p. 226). E, continua ao asseverar que “é injusto e parcial quando as crianças recebem conhecimento de má qualidade, que não consegue levá-los para além de sua experiência” (Young, 2013, p. 249). Os conhecimentos, os saberes universais, clássicos e eruditos, portanto, garantem a superação do senso comum, e precisam ser transmitidos aos estudantes (Young, 2007).

Essa superação é possível pela garantia de um currículo que contenha a base, o fundamento, a estrutura do conhecimento por meio das ideias fundamentais que devem ser ampliadas em sua complexidade ao longo dos anos de estudos escolares. Conforme Bruner (1978, p. 15-16) é preciso “aprender, de início, não uma habilidade, mas uma ideia geral, que pode depois servir de base para reconhecer problemas subsequentes como casos especiais da ideia adquirida [...], a contínua ampliação e aprofundamento do saber em termos de ideias básicas e gerais”. Trata-se de uma relação diretamente proporcional entre o ensino da estrutura do conteúdo e a amplitude, o reforço e aprofundamento desse ensino, sobre novos problemas ao longo dos anos de estudo na escola. Uma vez garantido o ensino da estrutura fundamental do conceito trabalhado em sala de aula, haverá possibilidades dos estudantes desenvolverem sua abstração, e com isso generalizar o fenômeno estudado para outros contextos. Um exemplo, talvez, possa ser esclarecedor, tomemos o conceito de conservação de energia como uma ideia fundamental, se esse conceito for compreendido em sua estrutura, torna-se mais fácil aos estudantes a sua aplicação em contextos diversos envolvendo diversos tipos de energia, como cinética, potencial elástica, gravitacional, térmica, entre outras. É nesse sentido que Bruner (1978, p. 16), explica que fundamental é “precisamente, que certa ideia tem uma aplicabilidade ampla e igualmente poderosa”, ao defender que os currículos escolares devem ser construídos tomando por base as ideias fundamentais. Bruner, também defende as especificidades epistemológicas de cada disciplina, de cada conteúdo escolar que compõe o currículo, ao afirmar que os currículos deveriam ser desenvolvidos pelos professores de cada disciplina. O exemplo fornecido por Bruner (1978) é esclarecedor:

Para decidir que as ideias elementares de álgebra dependem dos fundamentos das propriedades comutativa, distributiva e associativa, é preciso ser um matemático em condições de apreciar e compreender os fundamentos da matemática [...] apenas pela utilização de nossas melhores inteligências na idealização de currículos, podemos trazer, ao aluno que apenas inicia seus estudos, os frutos da alta cultura e da sabedoria (Bruner, 1978, p.17).

Depreende-se desse exemplo, elementos importantes que se relacionam com a ideia de conhecimento poderoso na idealização de um currículo. Especialmente, por considerar como fundamento os chamados frutos da alta cultura e sabedoria como componentes curriculares, isto é, os grandes clássicos, o conhecimento erudito como base da estrutura do saber a ser ensinado aos estudantes na escola.

A fim de consolidar um currículo com foco no ensino da estrutura fundamental de cada matéria de estudo particular, respeitando as especificidades epistemológicas de cada disciplina, Bruner (1978) apresenta quatro aspectos relevantes que justificam essa ideia: a facilidade; a memorização; o raciocínio dedutivo na modelização e; a aproximação a tipos de conhecimento mais avançados. Esses aspectos estão sintetizados abaixo:

1. O entendimento dos fundamentos torna a matéria mais compreensível e possibilita o desenvolvimento das funções psíquicas superiores como a abstração, e conseqüentemente a generalização para contextos mais complexos, ampliando a compreensão do tema de estudo;
2. O ensino com base nas ideias fundamentais possibilita o desenvolvimento da memória lógica, outra função psíquica superior imprescindível ao fortalecimento do intelecto. Um conhecimento fundamental não é facilmente esquecido. Bruner (1978, p. 21) fornece o exemplo da queda livre sobre o modelo fornecido pela equação $h = \frac{1}{2} gt^2$ como um conhecimento que é mais fácil de ser lembrado, pelo seu poder de generalização para determinação de distâncias percorridas por corpos em queda livre em qualquer campo gravitacional. Afinal, “*uma boa teoria é veículo não apenas para a compreensão de um fenômeno, como também para sua rememoração futura*” (Bruner, 1978, p. 22). Portanto, as ideias fundamentais contribuem para diminuição da perda de memória sobre os conhecimentos estudados na escola;
3. A compreensão das ideias fundamentais de cada disciplina, como constructos específicos de casos mais gerais desenvolve o raciocínio dedutivo, e facilita a construção de modelos para estudo de outros saberes originados do fundamento ensinado. Isso favorece a ampliação da atenção deliberada, da memória lógica, da abstração, e da generalização, fortalecendo o desenvolvimento intelectual dos estudantes;
4. A ênfase em um currículo com base na estrutura das ideias fundamentais de cada disciplina escolar diminui a distância entre o conhecimento mais avançado e o conhecimento elementar. Possibilita, por sua vez, que seja possível a emancipação intelectual dos estudantes, especialmente, os menos favorecidos socialmente, pelo fato de que terão oportunidade de acesso aos saberes canônicos e propedêuticos historicamente produzidos em cada uma das disciplinas escolares estudadas.

Toda a proposição de Bruner (1978) para excelência do ensino é consolidada na ideia do currículo em espiral, que consiste no ensino das ideias fundamentais sobre os conteúdos clássicos/eruditos de cada matéria escolar, sendo sempre aprofundados em sua complexidade à medida que os estudantes avançam em suas séries de estudo. A analogia de um ensino em espiral, com a curva plana da matemática que gira em torno de um ponto central, é salutar na medida que permite a construção dos saberes escolares com foco em seu crescimento intelectual constante. Como afirma o autor: “um currículo deverá, conseqüentemente, ser constituído em torno dos grandes temas, princípios e valores” (Bruner, 1978, p. 48). O conceito principal do currículo em espiral é, portanto, que no polo da espiral, isto é, nas séries mais básicas dos estudantes, seja ensinado os conteúdos com foco nas ideias fundamentais, e aprofundados ao longo das séries subsequentes. Bruner (1978), ao citar o exemplo da importância da compreensão de número, medida e probabilidade para o ensino científico, enfatiza que “a instrução nesses assuntos deverá ser iniciada tão cedo e da maneira intelectualmente mais honesta possível e consistentemente com as formas de pensar da criança, deixando que os tópicos sejam desenvolvidos várias vezes em graus posteriores” (Bruner, 1978, p. 49). Trata-se, portanto, de um repisar necessário e constante, não no sentido apenas da repetição, mas do aprofundamento intelectual sobre as ideias fundamentais, aumentando sempre seu grau de complexidade para garantia do pleno desenvolvimento dos estudantes.

3. METODOLOGIA

A presente investigação é baseada nos pressupostos da pesquisa qualitativa com ênfase descritiva, de acordo com Bardin (1977), Creswel (2010) e, Triviños (1987), para apresentação e análise das ideias e conteúdos fundamentais da física escolar, com foco na construção de um currículo que permita acesso aos saberes historicamente produzidos pela área de conhecimento da física.

Na perspectiva do referencial teórico-metodológico apresentado, é possível sintetizar que toda ideia fundamental é acessível, fluída e abundante. Isso impõe que o ensino sobre um objeto cognoscível qualquer, como o estudo da conservação da energia na mecânica, não impede de compreender que o conceito estudado, por ser fundamental, pode transbordar para outras áreas do conhecimento. Nisso, repousa o poder da abstração e generalização obtida pela garantia do conhecimento poderoso estruturado no currículo escolar com base nas ideias fundamentais. Como exemplo, tomemos o estudo sobre duas grandezas físicas fundamentais, a grandeza física escalar e a grandeza física vetorial. Esses conteúdos específicos facilmente transbordam para outras áreas de aplicação desses conceitos, respectivamente, na compreensão de que qualquer grandeza escalar necessita de um número e uma unidade, enquanto grandezas vetoriais impõe a necessidade de intensidade, direção e sentido. Em outro exemplo, a ideia fundamental da proporção (\propto) está presente em basicamente todos os conceitos de física, e extrapola facilmente a área, estando presente na matemática, na química, na literatura, na música, e vários outros contextos. Seu uso pode ser ilustrado em dois casos específicos ilustrados a seguir.

O conceito de força, representado pela segunda lei de Newton, indica que a força é diretamente proporcional ao produto da massa pela aceleração, isto é, a força aumenta ou diminui em relação a esse produto.

$|\vec{F}| = m \cdot |\vec{a}| \Leftrightarrow |\vec{F}| \propto m \cdot \vec{a}$ O conceito de dualidade onda-partícula, representada pela equação de Louis Victor De Broglie, representa uma equação analisada facilmente pela ideia fundamental de proporção (\propto), como h é invariável, o comprimento de onda (λ) é inversamente proporcional à quantidade de movimento (p) da partícula.

$\lambda = \frac{h}{p} \Leftrightarrow \lambda \propto \frac{1}{p}$ O que implica dizer que, se a quantidade de movimento (p) do corpúsculo aumentar, por exemplo, o dobro, então o comprimento de onda (λ) será reduzido pela metade, e vice-versa.

Esses dois exemplos, são suficientes para demonstrar como a proporcionalidade é uma ideia fundamental na compreensão da operacionalização de problemas físicos. Se for bem construída, possibilita o desenvolvimento de compreensões mais profundas ligadas aos conceitos físicos desenvolvidos na escolarização. Nos exemplos acima, isso implicaria que na medida em que as curvas do ensino em espiral vão crescendo, é possível compreender outras variáveis que implicam no desenvolvimento intelectual dos estudantes. Como, por exemplo, a massa ter relação com a resistência à alteração do estado inercial dos corpos na compreensão newtoniana, ou que é responsável pela caracterização do comportamento quântico de uma partícula na dualidade presente da física quântica, possibilitando o entendimento de que apenas partículas com massas muito pequenas podem sofrer efeitos quânticos.

Para garantir esses conhecimentos fundamentais, realizamos uma generalização do conceito das ideias fundamentais em uma proposição do que chamamos de conteúdos fundamentais. Esse conjunto, composto pelas ideias e pelos conteúdos fundamentais, carregam o potencial de garantir uma formação ampla, principalmente, pela oferta de acesso aos saberes acumulados ao longo da história da disciplina da física, constituindo um currículo representado pelo conhecimento poderoso, além de respeitar as especificidades epistemológicas da disciplina.

A divisão dos conteúdos para composição curricular é realizada por blocos constituintes das três séries do EM, constituindo a etapa de pré-análise (Bardin, 1977), que são apresentados nas três tabelas a seguir. À esquerda de cada tabela estão descritas as ideias fundamentais, e à direita os conteúdos fundamentais respectivos, para exploração do material a ser analisado (Bardin, 1977). Cada ideia fundamental descrita, representa, portanto, um conjunto de possibilidades de conteúdos fundamentais relacionados com essas ideias. Consideramos para composição curricular apresentada, o conjunto de conhecimentos historicamente produzidos pela física, os quais consideramos imprescindíveis para a plena formação e emancipação intelectual dos estudantes. Trata-se, portanto, da garantia do máximo curricular e não do mínimo presente nas propostas de reformas minimalistas da atualidade.

Tabela 1: Descrição das ideias e conteúdos fundamentais para construção curricular da disciplina de física do 1º Ensino Médio.

IDEIAS FUNDAMENTAIS	CONTEÚDOS FUNDAMENTAIS
Proporcionalidade	Frações, razões, proporções, grandezas proporcionais, semelhança, trigonometria, linearidade, funções do 1º e do 2º graus, escalas.
Medidas	Grandezas discretas e contínuas, padrões, comprimentos, áreas, volumes, sistemas de unidades; ordem de grandeza; estimativas e comparações de medidas; unidades do SI e suas transformações; unidades dimensionais; distâncias e deslocamentos.
Movimento Retilíneo Uniforme	Velocidade média; cinemática escalar. os movimentos progressivos e retrógrados em aplicações gráficas, tabelas, funções e cálculos.
Aceleração	Movimentos com velocidade escalar variável e suas funções horárias do movimento
Aceleração da Gravidade	Movimentos verticais: lançamento vertical e queda livre
Cinemática vetorial	Vetores e operações com vetores: adição vetorial, vetor oposto, subtração vetorial, produto de um número real por um vetor, vetor deslocamento; velocidade vetorial média; velocidade vetorial instantânea; aceleração vetorial média; aceleração tangencial; aceleração centrípeta e; aceleração vetorial.
Lançamento horizontal e oblíquo	Princípio da independência dos movimentos simultâneos de Galileu
Movimento circular	Grandezas angulares; espaço angular, velocidade angular e aceleração angular; período e frequência; relação entre velocidade linear e angular.
Leis de Newton	Conceito de força; tipos e aplicações de forças de contato: força de atrito, força elástica (lei de Hooke) e força centrípeta; forças de campo (força peso); aplicações das três leis

	de Newton em situações diversas como planos inclinados, curvas, sistemas, entre outros.
Conservação da Energia	Trabalho de uma força; potência; rendimento; energia mecânica (cinética, potencial gravitacional e potencial elástica) e transformações.
Conservação da quantidade de movimento	Impulso de uma força; quantidade de movimento; teorema do impulso; aplicações da conservação da quantidade de movimento; choques mecânicos, tipos e aplicações e; coeficiente de restituição
Leis de Kepler	Cinemática do movimento dos planetas: órbitas planetárias; velocidade e períodos dos corpos celestes.
Gravitação Universal	Dinâmica do movimento dos planetas: força gravitacional; constante de Cavendish; campo gravitacional e campo de gravidade; aceleração da gravidade; corpos em órbita, contemplando a velocidade orbital e período de revolução; velocidade de escape; imponderabilidade; energia cinética e potencial.
Equilíbrio	Estática dos sólidos: equilíbrio de um ponto material e de corpo extenso. Métodos da linha poligonal das forças e das projeções; momento de uma força; momento binário; centro de gravidade e centro de massa; tipos de equilíbrio; máquinas simples e suas aplicações.
Princípio Fundamental da Hidrostática (Teorema de Stevin)	Estática dos fluidos: pressão; pressão atmosférica; pressão hidrostática; densidade; massa específica; vasos comunicantes; prensa hidráulica e empuxo.
Equação de Bernoulli	Hidrodinâmica: Vazão; equação da continuidade e equação de Torricelli para fluidos.

Tabela 2: Descrição das ideias e conteúdos fundamentais para construção curricular da disciplina de física do 2º Ensino Médio.

IDEIAS FUNDAMENTAIS	CONTEÚDOS FUNDAMENTAIS
Temperatura e Calor	Medição de temperatura; escalas termométricas Celsius, Fahrenheit e Kelvin, e suas conversões; zero absoluto; função termométrica; efeitos da temperatura na dilatação térmica dos sólidos e líquidos; dilatação linear, superficial e volumétrica dos sólidos; dilatação térmica dos líquidos; dilatação anômala da água.
Energia Térmica	Calor sensível e latente; quantidade de calor; equação fundamental da calorimetria; calor específico e capacidade térmica de um corpo; mudanças de fase; curvas de aquecimento e resfriamento; diagramas de fases; equilíbrio sólido-líquido; equilíbrio líquido-vapor; equilíbrio sólido-vapor; propagação do calor na condução, convecção e irradiação; lei de Fourier; lei de Stefan-Boltzmann e; lei de Kirchhoff da radiação térmica.
Leis geral dos gases	Estado de um gás (volume, pressão e temperatura); transformações gasosas (isocórica,

perfeitos	isobárica e isotérmica); equação de Clapeyron; teoria cinética dos gases; energia cinética do gás; velocidade média das moléculas e; energia cinética média por molécula
Leis da Termodinâmica	Trabalho nas transformações gasosas; lei de Joule dos gases perfeitos; primeira lei da Termodinâmica; transformações reversíveis e irreversíveis; segunda lei da termodinâmica; máquinas térmicas; máquina frigorífica; ciclo de Carnot; princípio de degradação da energia; desordem e entropia
Leis da reflexão	Óptica geométrica; natureza da luz; propagação da luz; triângulos semelhantes para construção de imagens; reflexão da luz; formação de imagens em espelhos planos e espelhos esféricos; equação dos pontos conjugados; aumento linear transversal;
Leis da refração	Refringência; ângulos limite, reflexão total; dioptra plano; lâmina de faces paralelas; prismas e; dispersão luminosa. Lentes esféricas delgadas, suas propriedades, construção de imagens; distância focal e vergência das lentes; fórmula do fabricante de lentes (Equação de Halley); equação de Gauss; aumento linear transversal de lentes; associação de lentes; formação de imagens nos instrumentos ópticos como, câmera fotográfica, projetores, retroprojetores, lupas, microscópio composto, luneta e telescópio; óptica fisiológica nos estudos do olho humano e previsão de lentes corretivos para defeitos da visão como: miopia, hipermetropia, presbiopia, astigmatismo, daltonismo, estrabismo e catarata.
Movimento Harmônico Simples (MHS)	Movimentos periódicos; frequência, período e pulsação; energia no MHS; relação entre o MHS e o movimento circular uniforme; funções da elongação, da velocidade e da aceleração do MHS. Força no MHS. Oscilador massa-mola e; pêndulo simples.
Ondas mecânicas e eletromagnéticas	Tipos de ondas; propagação de um pulso transversal em meios unidimensionais; reflexão e refração de ondas; função de onda; concordância e oposição de fase; princípio de Huygens; difração de ondas em fenda simples e dupla; polarização de ondas. princípio da superposição; interferência e fontes coerentes; ondas estacionárias; interferência de ondas luminosas; interferência em películas finas; interferômetro de Michelson e; experimento de Young.
Ondas sonoras	Velocidade do som em vários meios; altura, intensidade e timbre do som; reflexão sonora; eco; reforço e reverberação do som; refração e difração sonora; interferência sonora; cordas vibrantes e ressonância; colunas de ar vibrante com tubos sonoros abertos e fechados e; efeito Doppler.
Lei de Coulomb	Carga elétrica; processos de eletrização; princípio da conservação das cargas elétricas; campo elétrico de cargas puntiformes; trabalho potencial elétrico; energia potencial elétrica; superfície equipotencial; campo elétrico uniforme; condutor em equilíbrio eletrostático; campo e potencial de condutor esférico; densidade elétrica superficial e; capacitância.

Tabela 3: Descrição das ideias e conteúdos fundamentais para construção curricular da disciplina de física do 3º Ensino Médio.

IDEIAS FUNDAMENTAIS	CONTEÚDOS FUNDAMENTAIS
Leis de Ohm	Eletrodinâmica: corrente elétrica; circuito elétrico; efeitos da corrente elétrica e efeito Joule; energia e potência da corrente elétrica; leis de Ohm e; resistores e suas associações; instrumentos e medidas elétricas; geradores elétricos; equação do gerador; lei de Pouillet; associação de geradores; receptores elétricos; força contraeletromotriz; equação do receptor; potência e rendimento de um receptor; gerador reversível; as leis de Kirchhoff; potenciômetro de Poggendorff; capacitores; associação de capacitores; energia potencial elétrica do capacitor; carga e descarga de capacitores; dielétricos; polarização do dielétrico e; rigidez dielétrica.
Campo magnético	Magnetismo: Ímãs e propriedades, sentido e intensidade de campo magnético; inseparabilidade de polos magnéticos; linhas de indução; campo magnético de correntes elétricas; lei de Bio-Savart; campo magnético em espira circular em condutor reto e em solenoide; Lei de Ampère e; campo magnético terrestre.
Força eletromagnética magnética e ondas eletromagnéticas	Eletromagnetismo: força sobre carga móvel e sobre condutor reto em campo magnético uniforme; desenvolvimento das regras da mão direita e esquerda; substâncias magnéticas; histerese magnética; eletroímã e supercondutores; indução eletromagnética; lei de Lenz; lei de Faraday-Neumann; autoindução; correntes de Foucault; bobina de indução; corrente alternada, alternador e dínamo; valor eficaz e potência média; transformadores; as duas hipóteses de Maxwell e características das ondas eletromagnéticas; espectro eletromagnético; ondas de radiofrequência e micro-ondas; os raios X e gama; transmissão e recepção de ondas de rádio
Fator de Lorentz	Postulados da relatividade especial; cálculo da dilatação do tempo; cálculo da contração do espaço; princípio da conservação da quantidade de movimento no domínio interatômico; cálculo da massa e da energia relativística; energia e quantidade de movimento.
Constante de Planck	Física Quântica: constante de Planck; teoria dos quanta; efeito fotoelétrico; átomo de Bohr e seu modelo aplicado ao átomo de hidrogênio, raio de Bohr e a fórmula de Bohr nos níveis de energia de um elétron num átomo de hidrogênio; dualidade onda-partícula (De Broglie); princípio da incerteza de Heisenberg; difração e interferência com elétrons; conceito de superposição de estados quânticos pela analogia do gato de Schrödinger; a interpretação de Copenhague e o colapso de função de onda pelo papel do observador; complementaridade e; horizontes da física – teoria da grande unificação – conceito da teoria das cordas; tecnologia emergente da computação quântica e inteligência artificial.

Partículas elementares	Física nuclear: forças fundamentais da natureza – nuclear forte, eletromagnética, nuclear fraca e força gravitacional -; antipartículas; partículas fundamentais da matéria; raios cósmicos; radioatividade; reações de decaimento; velocidade média de desintegração; meia-vida; fissão nuclear e; fusão nuclear.
------------------------	--

4. ANÁLISE

A partir das três tabelas apresentadas, caracterizam-se as ideias fundamentais e seus respectivos conteúdos como componentes de uma proposição curricular em espiral para o EM. A descrição e análise desse material segue os pressupostos das três etapas da análise de conteúdo de Bardin (1977), sintetizadas como: a) *pré-análise*, onde se organiza o material; b) *exploração do material*, onde se descreve o material a ser analisado e; c) *tratamento dos resultados*, onde se apresenta uma interpretação do material organizado e descrito anteriormente.

Considerando que as duas primeiras etapas foram organizadas nas três tabelas apresentadas, passamos à terceira etapa, na busca da interpretação dos dados apresentados, sem esquecer da flexibilização que deriva de uma pesquisa qualitativa, onde as interpretações não são estanques, mas dinâmicas, possibilitando levantamentos de novas hipóteses (Triviños, 1987). Nesse propósito, o tratamento dos resultados seguirá da análise de cada uma das tabelas apresentadas, para fins de organização, categorizamos as ideias e conteúdos fundamentais com foco no currículo de física para cada série escolar.

4.1. Conhecimento poderoso no currículo de física para o 1º EM

As dezesseis ideias fundamentais para o 1º EM constantes da tabela 1, caracterizam os conteúdos historicamente presentes nesse segmento escolar, que tratam do estudo da Mecânica. Estabelecem saberes iniciais para o ensino da física, cuja estrutura essencial permitirá que os estudantes possam desenvolver seu aprendizado sobre os demais componentes curriculares da disciplina com maior facilidade. Consistem em ideias fundantes que devem estar presentes no polo central da espiral curricular, ou seja, no início dos estudos da física. Vejamos cada um deles conforme apresentado na tabela 1.

A proporcionalidade é uma ideia fundamental que possibilita o desenvolvimento dos estudos de pelo menos onze conteúdos essenciais, que são imprescindíveis para o crescimento intelectual, acompanhamento e excelência dos estudos, tanto para os demais componentes curriculares da física, quanto para outras disciplinas do EM. Tratar a proporcionalidade como uma ideia fundamental curricular, possibilita a compreensão, o desenvolvimento e a ampliação das aplicações dos onze conteúdos apresentados. Afinal, não é preciso muitas explicações sobre a importância do ensino de escalas, frações, grandezas, semelhanças, trigonometria, ou funções afins e quadráticas para a compreensão dos assuntos que a física apresenta, mesmo que se tratem de assuntos da matemática, constituem recursos cognitivos valiosos para o desenvolvimento epistemológico da física escolar. Uma vez que a proporcionalidade seja tratada curricularmente como uma ideia fundamental, esses conteúdos possibilitarão um aumento gradativo na crescente espiral, de forma a permitir uma compreensão cada vez mais apurada dos demais conteúdos da física escolar de todo o EM.

As medidas constituem uma das ideias mais fundantes para o desenvolvimento dos estudos dos fenômenos físicos a serem estudados em todo EM. De fato, a medição possibilita ao estudante dar significado aos cálculos de comprimentos, áreas e volumes que vinha estudando durante os anos anteriores. Permite compreender que existem grandezas discretas e contínuas, que há certos padrões e unidades fundamentais que precisam ser respeitadas, também passam a desenvolver estimativas sobre as medidas e entender ordens de grandeza, além de distinguir conceitos como distâncias e deslocamentos, as medidas ajudam os estudantes na compreensão do tratamento das variáveis presentes nos conceitos físicos estudados. De fato, as medidas e os conteúdos, a ela relacionados, estabelecem uma sólida base para o prosseguimento dos estudos da física escolar, além de serem úteis para uma infinidade de aplicações futuras em diversas outras áreas do conhecimento. É, portanto, uma ideia que transborda, dada a sua acessibilidade e fluidez, contribui para o desenvolvimento intelectual dos estudantes a respeito de medidas para qualquer outra área do conhecimento que esse recurso venha a ser utilizado. A título de ilustração, um artista irá se beneficiar muito mais tendo tido uma formação sólida sobre medidas e seus conteúdos relacionados, que outro que não tenha tido essa oportunidade.

A crescente da espiral curricular segue com os estudos do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), conceito fundante para compreensão inicial da cinemática em física. Seus conteúdos fundamentais estabelecem uma compreensão clara sobre o movimento, sem se preocupar com suas causas ou efeitos e estabelecem o princípio da inércia. Torna-se evidente que a base de conteúdos anteriores garantirá os pré-requisitos para o desenvolvimento dos estudantes e seu pleno acompanhamento nos estudos de cinemática, acrescentando mais uma camada de aprendizado. Importante dizer que uma das reclamações mais comuns entre professores de física do EM é a de que, os alunos não conseguem acompanhar as aulas de física por não terem base mínima de matemática. No caso específico, se referem a falta de base sobre proporcionalidade e medidas, juntamente com os seus conteúdos respectivos. Portanto, é crucial que a base curricular da física escolar tenha por fundamento essas ideias fundamentais, de forma a garantir os pré-requisitos para o acompanhamento não só da cinemática, como dos demais temas da física escolar. E, como é característico do currículo em espiral, a revisão e revisitação de conteúdos é prática comum, o que nos estudos de MRU levará a retomada de funções, de variáveis, de medidas, de proporções, entre outros temas apresentados nas ideias fundamentais anteriores. Apesar, que agora, essa revisitação propõe o aumento de uma camada na espiral curricular, desenvolvendo a inteligência dos estudantes e aprofundando os temas já consolidados.

A aceleração como ideia fundamental para o avanço nos estudos da cinemática, possibilita a compreensão mais abstrata sobre a existência de movimentos onde a velocidade não é mais constante, mas que pode variar ao longo tempo. Mais uma vez, a revisitação das ideias anteriores é exigida para o desenvolvimento dos estudos sobre os movimentos retilíneos uniformemente variados. Seu estudo necessita da base anteriormente apresentada para o entendimento pleno sobre as funções horárias desse novo tipo de movimento. De fato, a função horária das velocidades ($V = V_0 + a.t$) requer compreensão de função afim, enquanto a função horária dos movimentos ($x = x_0 + v_0t + a/2.t^2$) e a equação de Torricelli ($V^2 = V_0^2 + 2.a.\Delta x$) dependem o entendimento de funções quadráticas. Além, claro, de todos os demais assuntos relacionados

anteriormente sobre medidas e proporcionalidade que venham a ser necessários no estudo desse tipo de movimento.

Na seqüência, a aceleração da gravidade leva à compreensão de que existem movimentos verticais na cinemática, o que permite o estudo de corpos que são submetidos a lançamentos verticais ou que estejam em queda livre. Depreende-se desses conteúdos o aumento da inteligência dos estudantes em respeito ao referencial adotado nesses movimentos, que leva a utilização da aceleração da gravidade com sinal negativo ou positivo. Por exemplo, em um lançamento vertical com referencial adotado para cima, os estudantes poderão desenvolver o entendimento de $g = -9,8 \text{ m/s}^2$, contudo, se o referencial utilizado for para baixo, a gravidade ficará com sinal positivo, e implica que outras variáveis ficarão negativas. Além do que, essa ideia fundamental pode ser utilizada para adiantar a ideia de campo gravitacional terrestre.

A cinemática vetorial, como uma ideia fundamental, possibilita todo o estudo dos conteúdos sobre os vetores e suas operações. Garante aos estudantes o entendimento de que existem certas grandezas físicas, onde o número e a unidade, já não são suficientes para compreensão de certos fenômenos, implicando no acréscimo de sua direção e sentido. O aumento cognitivo no estudo desses conceitos é de suma importância, uma vez que implica em formas de raciocínio que requerem abordagens específicas. Como exemplo, consideremos que uma pessoa ande 3m para direita, depois 4m para esquerda, uma soma escalar resulta em 7m. Entretanto, se esse deslocamento for vetorial, o raciocínio sobre essa soma é totalmente diferente, mais rebuscada, pois implica a compreensão de operações com vetores, cuja soma resultaria em 5m, direção oblíqua e sentido nordeste, dado que agora, o estudante deve aplicar $d^2 = 3^2 + 4^2$ para responder esse problema. O mesmo se aplica aos demais conteúdos fundamentais que derivam da cinemática vetorial, além de constituírem um importante fundamento para todas as demais grandezas físicas vetoriais que serão estudadas ao longo de todo o EM.

O lançamento horizontal e oblíquo, é uma ideia fundamental utilizada sobre todos os movimentos que possuem ângulos de lançamento, consistindo um assunto importante para compreensão de lançamento de projéteis em geral. Essa ideia e seus conteúdos aumentam a camada da espiral curricular, e permitem revisar os conteúdos anteriormente estudados, como proporcionalidade e trigonometria, além de ser um tipo de movimento composto, relevante por relacionar cinemática escalar, vetorial, trigonometria e lançamento vertical na composição do movimento oblíquo. Garante, ainda, que os estudantes compreendam o princípio da independência dos movimentos, onde cada um dos movimentos que compõe o deslocamento acontece como se os demais não existissem. Isso implica que a composição do movimento horizontal e vertical são independentes, enquanto o movimento na horizontal é retilíneo e uniforme, o movimento na vertical é uniformemente variado.

O movimento circular, consiste em uma ideia fundamental como último tema a ser estudado no currículo da cinemática. De certa forma é assunto que foi antecipado pela ideia precedente, ao se introduzir ângulos nos movimentos. Permite o ensino de grandezas angulares, espaço angular, velocidade e aceleração angular, os períodos e frequências dos movimentos angulares, além de estabelecer a relação entre velocidade linear e angular. Completa os estudos da cinemática, e proporciona aos estudantes o entendimento e a operacionalização sobre movimentos que se realizam de forma angular. A revisão de trigonometria e

cinemática vetorial é pré-requisito para seu estudo. Consiste em componentes curriculares importantes que serão necessários na compreensão de temas futuros da física, como no movimento harmônico simples, ou nas trajetórias oblíquas de partículas que adentram campos magnéticos, entre outros movimentos que se realizem em trajetórias curvilíneas.

As leis de Newton implicam a ideia fundamental que estabelece a essência sobre os estudos e compreensão da dinâmica. Agora, os estudantes têm a oportunidade de compreender os movimentos, suas causas e seus efeitos, onde as ideias e conteúdos fundamentais da cinemática vetorial constituem pré-requisitos imprescindíveis para plena compreensão da dinâmica. Os conteúdos fundamentais relacionados às leis de Newton permitem que se analise as forças em sistemas abertos e fechados. E, o estudo dos tipos de forças e suas aplicações, como estrutura fundamental da dinâmica, possibilitará aos estudantes a compreensão desse componente curricular em conteúdos futuros da física como força gravitacional, força elétrica e força eletromagnética.

A conservação de energia constitui um dos pilares da física clássica, principalmente por garantir acesso aos estudantes sobre a existência das propriedades de simetrias e invariâncias. Seus conteúdos fundamentais possibilitam o estudo do trabalho efetuado por uma força, a potência e rendimento de um trabalho realizado, os tipos de energia mecânica e, como se estabelece a imutabilidade dos sistemas e suas grandezas nesse componente curricular.

A conservação da quantidade do movimento é outra ideia fundamental que, também, pode ser considerada outro pilar da física clássica. Igualmente, permite a compreensão de simetrias e invariâncias, agora envolvendo corpos que sofrem ação de força impulsiva, choques mecânicos, além da compreensão do coeficiente de restituição sobre os choques sofridos. Observa-se que no aumento da espiral curricular, os estudos realizados sobre vetores e força são pré-requisitos que serão aprofundados nos estudos sobre a quantidade do movimento.

As leis de Kepler compõem uma ideia fundamental que possibilita os estudos sobre a cinemática dos movimentos planetários. Nota-se que as ideias fundamentais da proporcionalidade e da cinemática, além de pré-requisitos, agora poderão ser aprofundadas nesse componente curricular. A segunda lei de Kepler, a lei das áreas, por exemplo, pode ser compreendida pela ideia fundamental da proporção, uma vez que a reta que une o planeta ao Sol varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais: $A_1/\Delta t_1 = A_2/\Delta t_2$, estabelecendo a razão pela qual a área é percorrida pelo raio vetor que constitui a velocidade areolar do planeta. No mesmo sentido, as ideias fundamentais de proporcionalidade e medidas são essenciais para compreender os períodos das órbitas dos planetas como uma relação diretamente proporcional: $T^2 \propto R^3$. De fato, uma vez que o tempo necessário para um planeta qualquer realizar uma volta completa em torno do Sol elevado ao quadrado é diretamente proporcional à medida do raio médio da órbita desse planeta elevada ao cubo. Esses conceitos são mais abstratos aos estudantes, mas o currículo em espiral permite que sejam melhor compreendidos, uma vez que tiverem assegurado o acesso ao estudo dos pré-requisitos citados.

A Gravitação universal é uma ideia fundamental que permite o estudo da dinâmica dos movimentos planetários. Permite aos estudantes a compreensão do mecanismo por trás da atração gravitacional dos planetas por meio da força gravitacional, além do acesso aos demais conteúdos fundamentais derivados dessa

ideia. A relação da força gravitacional com a força centrípeta ($GMm/R^2 = mv^2/R$), e com a força na 2ª lei de Newton ($GMm/R^2 = m.a$), anteriormente estudadas, permite acesso aos conteúdos de campo gravitacional, aceleração da gravidade, velocidade orbital, além de determinar a própria lei dos períodos. O que é possível pelo crescimento da curva do currículo em espiral, que agora permite aprofundar os pré-requisitos estudados por meio das ideias fundamentais da cinemática vetorial e das leis de Newton.

Equilíbrio é uma ideia fundamental que permite o estudo da estática dos sólidos. Os conteúdos fundamentais para compreensão do equilíbrio aprofundam os pré-requisitos dos estudos realizados anteriormente sobre vetores e aumentam o entendimento sobre a aplicação das leis de Newton. O estudo do equilíbrio do ponto material e dos corpos extensos, articulam-se nesse propósito de proporcionar acesso aos estudantes sobre o conhecimento acerca dos tipos de equilíbrio, do funcionamento das máquinas simples, da aplicação de projeções vetoriais, além da compreensão sobre a importância do centro de gravidade e centro de massa dos corpos.

O Princípio Fundamental da Hidrostática (Teorema de Stevin), consiste em uma ideia fundamental que permite todo o estudo dos conteúdos relativos ao equilíbrio dos fluidos em condições de equilíbrio estático. A simples demonstração do Teorema de Stevin, a partir de um cilindro preenchido por água, leva à dedução da pressão hidrostática (ρgh) e do empuxo (dvg), o que mostra a essência desse princípio como fundante para o estudo conceitual de pressão, pressão atmosférica, densidade, massa específica, vasos comunicantes, prensa hidráulica, e suas aplicações nas situações de equilíbrio estático. Além de possibilitar a revisitação e aprofundamento da aplicação dos estudos sobre força, agora aplicada sobre os fluidos em situação de repouso, caracterizando a importância do currículo em espiral.

A equação de Bernoulli trata-se de uma ideia fundamental que fornece aos estudantes acesso sobre o comportamento de fluidos em situações dinâmicas, isto é, descreve o comportamento dos fluidos em movimento. Por meio dessa ideia fundante é possível desenvolver a compreensão de que a pressão depende da velocidade do fluido em condições de escoamento de um fluido em estado de fluxo contínuo. Como aprofundamento a revisitação dos conteúdos de energia potencial e cinética e proporcionalidade na demonstração da equação de Bernoulli, apontam o crescimento da curva espiral nesses estudos. De fato, na equação de Bernoulli a vazão do fluido ocorre numa variação de posição (h_1 e h_2), implicando os pré-requisitos da energia potencial e energia cinética, além dos conteúdos já estudados como força, pressão, densidade. Além da proporcionalidade em todo o processo, por exemplo, na equação da continuidade, por onde a velocidade de escoamento do fluido no interior de um tubo é inversamente proporcional à área da seção transversal ($A_1.v_1 = A_2.v_2$).

O conjunto de ideias e conteúdos fundamentais para composição de um currículo em espiral, com base no conceito de conhecimento poderoso, apresentados acima, garante uma sólida base sobre os conhecimentos iniciais sobre física que irão contribuir para a compreensão de outros fenômenos da disciplina estudados nas séries seguintes. Podemos deduzir que a mecânica como início dos estudos sobre a física escolar solidifica saberes essenciais nos estudantes, além de possibilitar o desenvolvimento de um perfil epistemológico racional a respeito da compreensão dos fenômenos naturais relativos a esse início de estudos da física. O que contribui fortemente para superação do senso comum e para construção de sua alfabetização científica, isto é,

o currículo em espiral apresentado na mecânica estabelece nos estudantes o início de sua emancipação intelectual ao fortalecer os saberes canônicos e propedêuticos da física escolar.

4.2. Conhecimento poderoso no currículo de física para o 2º EM

As dez ideias fundamentais e seus respectivos conteúdos, presentes na tabela 2, compõem os estudos historicamente presentes nos currículos de física do 2º EM. Tratam da oportunidade ao acesso de conhecimentos e saberes produzidos sobre termodinâmica, óptica e ondulatória, com base na física escalar. Ao final dos estudos desta série, é proposto o início dos estudos sobre eletricidade com os respectivos conteúdos de eletrostática, que envolvem os saberes produzidos no 1º EM sobre grandezas vetoriais, o que permite a revisitação e revisão dos conhecimentos adquiridos na série anterior, conforme prevê a crescente aquisição e aprofundamentos de conhecimentos no currículo em espiral.

Os conceitos de temperatura e calor, tratados como ideias fundamentais para o início dos estudos de termologia garantem a aquisição dos alunos sobre o perfil epistemológico racional, uma vez que podem refletir sobre a diferenciação entre temperatura e calor em relação ao seu uso no senso comum. Essa distinção abre o caminho para o ensino de termometria e dilatação térmica, cujas ideias fundamentais de proporcionalidade e medidas da série anterior são essenciais na crescente espiral do currículo proposto.

A energia térmica consiste na ideia fundamental que possibilita os estudos dos conteúdos ligados à calorimetria. É evidente em seus conteúdos os pré-requisitos de ideias e conteúdos fundamentais da série anterior, em especial àqueles relacionados com a física escalar que necessitam dos conteúdos de proporcionalidade e medidas, além dos conceitos de temperatura e calor estudados. O acesso a esses saberes específicos da física permite aos estudantes compreenderem a taxa de transferência de energia térmica como dependente da massa do corpo, de sua variação de temperatura e da propriedade microscópica do calor específico da substância em estudo. A compreensão sobre fenômenos decorrentes da transferência de calor fornece aos estudantes uma série de aplicações envolvendo calor e temperatura constituindo-se na base para compreensão da termodinâmica.

A lei geral dos gases perfeitos implica no aprofundamento do uso de proporcionalidade, medidas, temperatura e calor, realizadas, agora, sobre o estado de um gás e suas transformações, implicando na energia cinética dos gases e, na velocidade média das moléculas. Esses estudos emancipam os estudantes em relação à compreensão de fenômenos envolvendo as variáveis de um gás (volume, pressão e temperatura). Sua presença no currículo em espiral fortalece o desenvolvimento do perfil epistemológico racional dos estudantes, e sua alfabetização científica, especialmente, na superação do senso comum sobre os fenômenos cotidianos que envolvem as variáveis do estado de um gás.

Na consolidação do currículo de física térmica, as leis da termodinâmica são ideias fundamentais para assimilação do trabalho realizado pelos gases e sua transformação em calor. Busca-se a revisitação e revisão dos conteúdos trabalhados anteriormente, em especial, a conservação da energia para construção intelectual da primeira lei da termodinâmica. Possibilita, ainda, a compreensão do funcionamento de máquinas térmicas

com a segunda lei da termodinâmica, dos princípios de degradação da energia e a desordem, conteúdos consolidados no estudo da entropia.

Nos estudos da óptica geométrica, as leis da reflexão e refração representam as ideias fundamentais que possibilitam a compreensão do comportamento da luz enquanto corpúsculo, isto é, como partícula que se propaga em forma de raios de luz por meio de um modelo geométrico. Novamente, a proporcionalidade e medidas são revisitados e aprofundados nas aplicações pertinentes aos estudos dos conteúdos fundamentais da reflexão e refração da luz. No conceito de currículo em espiral, amplia-se a compreensão sobre os conteúdos específicos da óptica geométrica, uma vez que os pré-requisitos foram consolidados anteriormente e, agora, utilizados na modelagem geométrica a ser aplicada sobre os novos conteúdos.

O início dos estudos de ondulatória pode ser efetivado no conceito de currículo em espiral por meio da ideia fundamental de Movimento Harmônico Simples (MHS), pelo fato de permitir a revisitação e revisão dos conteúdos estudados sobre proporcionalidade, medidas, movimento circular, segunda lei de Newton e energia. O movimento curricular em espiral retoma estudos já consolidados e os aprofunda em torno do estudo do comportamento do MHS, ampliando seu potencial de compreensão.

Ondas mecânicas e eletromagnéticas constituem um conjunto de ideias fundamentais essenciais para o estudo de ondas mecânicas e eletromagnéticas. As características ondulatórias das ondas mecânicas e eletromagnéticas, e a diferenciação quanto ao seu comportamento, possibilita que os estudantes compreendam que a luz também é um tipo de onda. Os estudos de sobre os fenômenos ondulatório permitem que os estudantes passem a compreender uma série de situações interessantes que se constituirão como recursos fundamentais para estudos futuros na física escolar, como a compreensão do comportamento dual da luz e da matéria.

As ondas sonoras representam uma ideia fundamental para a compreensão da acústica e dos fenômenos decorrentes na interação sonora com vários meios. Os estudantes têm a possibilidade de agregar conhecimentos já estudados como a reflexão e refração da óptica, agora com foco na acústica, passando a observar qualidades fisiológicas do som, que fornecem sentido ao entendimento sobre os instrumentos musicais representados por cordas vibrantes, colunas de ar vibrantes e tubos sonoros. Permite a compreensão do comportamento sonoro quando há velocidade relativa entre uma fonte de ondas e seu observador por meio do efeito Doppler, princípio utilizado em radares, na medicina, ou na astronomia para medição de velocidade relativa de corpos celestes. Ainda, a ideia fundamental de medida é potencializada no estudo das ondas sonoras no uso de escalas logarítmicas para escala Decibel, em função da dos limites entre as intensidades máxima e mínima da audição humana e de outros animais.

A lei de Coulomb é a ideia fundamental sobre a qual orbita os conteúdos fundamentais da eletrostática. Importante apontar que os conteúdos curriculares do 2º EM, anteriormente descritos, se baseiam na física escalar. Dada a importância das grandezas vetoriais é interessante visitar e revisar as ideias e conteúdos fundamentais sobre vetores também nessa série escolar, principalmente para que não fiquem um ano letivo inteiro sem rever esses conteúdos, o que poderia causar dificuldades nos estudos dos conteúdos da série seguinte. Nesse contexto, os conteúdos de força, de campo, os princípios de conservação, ponto material e energia são relevantes para o estudo e compreensão dos conteúdos fundamentais da eletrostática.

O conjunto apresentado de ideias e conteúdos fundamentais para o 2º EM demonstra que muito do que se estudou no 1º EM é relevante, não apenas como pré-requisito para compreensão dos novos conteúdos curriculares, mas como base para seu entendimento e aprofundamento. O que consolida a proposição do currículo em espiral à medida que permite potencializar os estudos já realizados e fundamentar novos conhecimentos, consagrando o conhecimento poderoso no currículo da física escolar.

4.3. Conhecimento poderoso no currículo de física para o 3º EM

As seis ideias fundamentais e seus respectivos conteúdos, presentes na tabela 3, consolidam os saberes sistematizados na composição do currículo de física para o EM. Seu conjunto oferta aos estudantes a emancipação intelectual sobre a física escolar, não apenas por possibilitar o acesso a saberes finais da física clássica, como a eletrodinâmica, o magnetismo e o eletromagnetismo, mas por inserir elementos da Física Moderna e Contemporânea (FMC). Importante lembrar que a necessidade da inserção da FMC no currículo da física escolar tem sido reforçada extensivamente na literatura da área de Ensino de Física nos últimos 30 anos. Além de ser componente curricular imprescindível para a compreensão de fenômenos que ocorrem em velocidades próximas a da luz, ou em escalas subatômicas, constituem um rol de saberes necessários à vida contemporânea, altamente científica e tecnológica. Ainda, dado que uma parcela considerável dos estudantes do EM não terão mais acesso aos saberes historicamente produzidos pela física em suas vidas adultas, um currículo baseado no conhecimento poderoso não pode se olvidar de ofertar esses conteúdos fundamentais.

A primeira ideia fundamental, proposta para o currículo em espiral de física do 3º EM trata da estrutura das Leis de Ohm. Possibilita aos estudantes o acesso aos saberes da eletrodinâmica, base da eletrônica analógica. Essas leis se inserem nos estudos sobre corrente elétrica, circuitos elétricos, instrumentos e medidas elétricas, no entendimento dos efeitos da corrente elétrica como a conversão para energia térmica com o efeito Joule, e numa série de aplicações em dispositivos elétricos. Pré-requisitos essenciais são as ideias e conteúdos fundamentais de proporcionalidade, medidas, energia e potência. As grandezas tensão (U), resistência (R), e corrente elétrica (i), estão presentes em todos conteúdos desse bloco curricular. A primeira lei de Ohm ($U = R \cdot i$) consiste em uma proporção direta, ela estabelece que a tensão aplicada aos terminais de um condutor é diretamente proporcional à corrente elétrica que o percorre ($U \propto i$), sendo (R) constante. A segunda lei de Ohm ($R = \rho \cdot L/A$), determina fatores que possam interferir na resistência elétrica, que dependerá da área de seção transversal do condutor (A), comprimento do condutor (L) e do tipo de material que é constituído, sua resistividade (ρ). Observa-se, mais uma vez, a importância da proporcionalidade e das medidas na estrutura da segunda lei de Ohm, pois a resistência pode aumentar ou diminuir conforme o comprimento do fio aumente ou diminua ($R \propto L$), ao mesmo tempo em que a resistência pode aumentar se a área do fio diminuir, ou pode diminuir se a área do fio aumentar ($R \propto 1/A$). Essa compreensão permite escolhas adequadas de materiais, como o comprimento e área de fios que irão constituir algum circuito elétrico, também favorece o entendimento de dispositivos como chuveiro elétrico, ferro de passar roupa, além de análises conscientes sobre consumo de energia elétrica. Portanto, os conteúdos fundamentais do estudo das

leis de Ohm possibilitam a emancipação intelectual dos estudantes, não apenas por explicar aparelhos de uso cotidiano, mas de construir sentido na análise do seu uso.

O campo magnético é a estrutura fundamental dos estudos do magnetismo, revisita, revisa e aprofunda a ideia de campo ao estabelecer a importante relação entre campo magnético e campo elétrico (experimento de Ørsted), além da análise do comportamento do campo magnético em diversos tipos de condutores. A compreensão de que nosso planeta é protegido por um campo magnético terrestre, e que esse campo serviu e serve como bússola natural para diversos animais em suas migrações, possibilitou ao ser humano a construção da bússola, instrumento vital para a expansão humana em todo planeta. Também constituiu pré-requisito na crescente espiral curricular para os estudos de eletromagnetismo.

Os estudos sobre força eletromagnética e ondas eletromagnéticas, consistem em disponibilizar aos estudantes a oportunidade de compreenderem algumas das maiores realizações científicas da humanidade: a unificação entre eletricidade, magnetismo e óptica, por meio da generalização das Leis de Coulomb, Ampère, Faraday e Lenz. São ideias estruturantes para entender, desde a geração de energia elétrica por meio do surgimento de força eletromotriz na variação do campo magnético entre extremos de um condutor, até as implicações de raios ionizantes e não ionizantes na comunicação, tratamento de saúde, ou aplicações industriais. É tema final do currículo da física clássica, onde converge na curva espiral proposta diversas ideias e conteúdos fundamentais estudados ao longo do EM, dada a abrangência da unificação consolidada em seus estudos. A energia elétrica que usamos em toda sociedade para diversos fins, a propagação de ondas eletromagnéticas utilizadas nos meios de comunicação disponíveis na atualidade, além de aplicações industriais e tratamentos de saúde modernos, só existem devido aos conteúdos curriculares presentes nesse bloco. Ofertar esse conhecimento impar é obrigação de todo currículo que visa a emancipação e desenvolvimento intelectual e cultural de seus estudantes, para que possam compreender o mundo contemporâneo e que vivem.

Adentrando os estudos da FMC, o fator de Lorentz é ideia fundante para os estudos da relatividade restrita.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Está presente nas equações utilizadas nessa teoria: cálculos da dilatação temporal, da

contração espacial, na massa relativística, no momento linear, energia e massa relativística. O estudo dessa ideia fundamental potencializa a compreensão dos estudantes sobre os fenômenos ocorridos em velocidades próximas a da luz. Oportuniza o entendimento de limites no estudo sobre os fenômenos naturais, onde as leis de Newton continuam válidas para velocidades não relativísticas, mas que deixam de ser úteis para velocidades próximas a da luz. Ao aprofundar os estudos da relatividade restrita, é possível ofertar aos estudantes sua generalização para o princípio da equivalência da relatividade geral, consolidada na descrição unificada da gravidade como propriedade geométrica do espaço-tempo. O que favorece, ainda, o aumento do perfil epistemológico dos estudantes de um racionalismo clássico para um racionalismo completo.

A constante de Planck (h) representa a ideia fundamental da física quântica, estrutura essencial para compreensão da atribuição de comportamentos ondulatórios para partículas individuais, e aspectos corpusculares para qualquer forma de radiação. Tal estrutura fundante representa uma versão geral da

dualidade onda-partícula. É importante dizer que não só a cultura popular, por meio dos filmes de ficção científica, ou super-heróis de quadrinhos, como os princípios da tecnologia moderna, vem utilizando de conceitos da FMC, o que mostra a importância de seu ensino para os estudantes do EM. Tanto para que tenham a oportunidade de conhecer sobre os ramos mais contemporâneos da física, como para compreenderem melhor os elementos dessa área presentes em certos meios culturais. Seu estudo garante que os estudantes potencializem sua alfabetização científica, para que possam entender melhor a FMC e, até, se precaverem de explicações falsas ou pseudocientíficas sobre essa área de conhecimento da física. Os conteúdos fundamentais relacionados à constante de Planck apresentados demonstram essa importância, e sua presença no currículo em espiral fortalece o acesso ao conhecimento poderoso para emancipação dos estudantes no que se refere uma compreensão mais apurada sobre o mundo atual. Além de permitir que se ofereça aos estudantes uma aproximação das fronteiras da física atual, como a busca pela grande unificação, ou as implicações de novas tecnologias emergentes com base na computação quântica.

As Partículas elementares constituem a ideia fundamental para os estudos da física nuclear e da radioatividade. As mudanças sociais, dadas as implicações políticas, econômicas, filosóficas e culturais geradas por essa área da física, desde o final da segunda Guerra Mundial, mais que justificam sua presença na proposta de um currículo de física com base no conhecimento poderoso. Avanços científico-tecnológicos das últimas décadas, como a construção do Large Hadron Collider (LHC), bem como o uso de radioisótopos na saúde, no meio ambiente, na indústria e agricultura, demonstram a relevância dos conteúdos descritos sobre os estudos da física nuclear e radioatividade no currículo de física do EM.

O conjunto de ideias e conteúdos fundamentais descritos na tabela 3, para composição do currículo de física dos estudantes do 3º EM baseado no conhecimento poderoso, demonstra a importância de um ensino de física conteudista. Tal currículo visa a emancipação intelectual dos estudantes das escolas públicas, filhos e filhas das classes trabalhadoras, para seu pleno preparo, compreensão e atuação na vida contemporânea em que vivem.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação produzida no presente trabalho resultou na proposição de um currículo de física em espiral para o EM com foco no conhecimento poderoso. Foi visto que, a garantia de conteúdos canônicos e propedêuticos para transmissão-assimilação dos saberes eruditos/clássicos no currículo escolar é meio necessário para que os estudantes, especialmente os menos favorecidos socialmente, possam se emancipar.

Para esse fim, se fez preciso observar como a BNCC e o NEM se consolidaram como uma política pública de educação que negam o acesso ao conhecimento da física para os estudantes de EM das escolas públicas. Enquanto a BNCC, simplesmente extinguiu a disciplina de física, ao manter como disciplinas isoladas apenas matemática e português, o NEM, por sua vez, fragmenta consideravelmente o currículo escolar por meio de itinerários formativos, além de considerar a não obrigatoriedade do ensino de física nas escolas.

Observou-se uma incerteza muito grande no cenário político-econômico do país, que pode influenciar as políticas públicas de educação dos próximos anos, talvez com a revogação da BNCC e do NEM, como solicitam diversas entidades em cartas abertas assinadas com esse propósito. Dada essa instabilidade, o objetivo central deste artigo foi a de contribuir para futuras discussões curriculares que venham a ser realizadas com foco na reconstituição da física como disciplina específica no currículo escolar dos estudantes de EM.

A defesa apresentada, para que a física volte a ser considerada disciplina específica no currículo escolar do EM, e ministrada por professores formados em física, se assentou no conceito de perfil epistemológico de Bachelard (1940) e na ideia de perfil conceitual de Mortimer (1995). Como visto, o desenvolvimento dos saberes da física escolar, implica uma espécie de raciocínio próprio dessa área de conhecimento, com forte característica epistemológica racional. Portanto, indivíduos que não tenham a formação de licenciados em física, que não sejam profissionais dessa área de ensino, e que atuam com base no ‘notório saber’, constituem-se como profissionais genéricos ao ensino da disciplina. Há alta probabilidade de prejuízos à educação dos estudantes, quando não se respeita o perfil epistemológico de cada área do saber escolar. As especificidades epistemológicas da física devem ser garantidas e desenvolvidas por professores formados na disciplina, isso se quisermos o pleno desenvolvimento intelectual dos estudantes sobre essa área do conhecimento escolar a que eles têm o direito de estudar. Motivo que nos leva a não considerar a possibilidade de que a física seja ensinada dentro de uma área genérica, denominada de ciências, em geral, constituída por professores que não são formados em física. Conseqüentemente, sem condições de respeitar as especificidades epistemológicas da disciplina e, por fim, causar efeitos deletérios à formação discente por não conseguirem transmitir as estruturas essenciais dos conteúdos da física escolar. Consideramos que os conteúdos de física são inegociáveis, assim como a disciplina de física é inegociável, não como fim da plenitude da escolarização dos estudantes, mas como meio para que esta ocorra.

Nesse contexto, foi proposto um currículo de física em espiral para o EM com base no conhecimento poderoso do curriculista Michael Young, e nas ideias fundamentais associadas ao currículo em espiral de Jerome Bruner, por possibilitarem a existência de conteúdos canônicos e propedêuticos, clássicos e eruditos para o processo de transmissão-assimilação do saber objetivo (Saviani, 2003) na escolarização dos estudantes. Afirmamos que essa proposta curricular emancipa os estudantes, por meio da transposição e assimilação do conhecimento dos poderosos para o conhecimento poderoso (Young, 2007). E, que é capaz de proporcionar aos estudantes, filhos e filhas da classe trabalhadora, o acesso a um tipo de conhecimento ímpar que deve ter suas especificidades epistemológicas respeitadas. A apropriação do conhecimento poderoso que a física escolar oferta, instiga formas específicas de raciocínio, desenvolve as funções psíquicas superiores, como a abstração, a memória lógica e a atenção deliberada, além de fomentar nos estudantes um entendimento mais articulado sobre a realidade, para que não fiquem presos no realismo ingênuo de seu próprio senso comum (Duarte, 2016).

Com o propósito de atingir nossos objetivos, utilizamos os pressupostos da pesquisa qualitativa com foco na descrição das ideias e conteúdos fundamentais para a construção de um currículo em espiral de física para o EM. O currículo em espiral proposto promove sentido à escola e à escolarização, uma vez que que a

estrutura dos conteúdos ao ser ensinada, se torna fundamento para revisitação e revisão em conteúdos posteriores com possibilidade de maior grau de aprofundamento sobre os estudos (Bruner, 1978). Nessa perspectiva, para o 1º EM foram descritas 16 ideias fundamentais, 10 para o 2º EM, e 6 para o 3º EM, com seus respectivos conteúdos.

Destaca-se que a quantidade de ideias fundamentais decresce à medida que o currículo de física vai se aprofundando para as outras séries. Isso se explica porque o fundamento dos conhecimentos da física escolar se assenta no 1º EM, onde as ideias fundamentais, pelas suas características de acessibilidade, fluidez e abundância, uma vez garantidas, transbordam facilmente para outras aplicações e conteúdos da física, o que facilita o estudo da disciplina e reduz quantidades de ideias fundamentais que já foram ensinadas nas séries seguintes. De fato, como visto, a ideia fundamental de proporcionalidade e medidas aparece em todas as demais ideias e conteúdos fundamentais do currículo descrito para todas as séries do EM. Isso implica que, se for garantida a estrutura dos saberes fundamentais no 1º EM a curva da espiral crescente do currículo proposto possibilita o aprofundamento dessas ideias para os conteúdos seguintes. Além do que, pela sua própria natureza, as ideias fundamentais transbordam não só para os demais conteúdos da física escolar, mas podem ser base para estudo e compreensão de outras áreas do conhecimento. O que implica que os conteúdos relacionados à proporcionalidade e medidas, por exemplo, são importantes para compreensão dos estudos realizados em matemática, química, geografia, biologia, artes, entre outras disciplinas, cujas aplicações necessitem a base desses conteúdos. No mesmo sentido, a compreensão da acústica influencia positivamente estudos sobre música, enquanto uma formação sólida em eletromagnetismo contribui para melhor entendimento sobre as implicações das ondas eletromagnéticas em diversas aplicações. Esses poucos exemplos demonstram como a presença da estrutura do conhecimento em um currículo, pode contribuir para potencializar a compreensão dos estudantes para além da disciplina estudada.

A respeito da proposição do currículo em espiral de física, com base nas ideias fundamentais de forma a assegurar o acesso ao conhecimento dessa disciplina aos estudantes do EM, devemos fazer, ao menos, duas observações importantes. A primeira, se refere a descrição e quantidade dos conteúdos fundamentais apresentados nas 3 tabelas acima. Esses conteúdos não são estanques, muito menos temos a intenção que sejam totalizantes, pois entendemos que a escolha dos conteúdos é responsabilidade e prerrogativa do professor de física, com base em sua realidade escolar e, Projeto Político Pedagógico da escola. Os conteúdos descritos constituem, apenas uma proposta, que pode ser alterada pelos professores sem prejuízo à escolarização dos estudantes. Intentamos, somente, apresentar um rol de conteúdos que obedecessem à plenitude do conhecimento poderoso que a física escolar pode proporcionar, evidentemente outros conteúdos podem ser somados. Claro que a mera presença de conteúdos não resolve os problemas educacionais do Brasil, mas sem eles, também não há início de mudanças significativas, devendo-se somar a outras medidas importantes, como garantia de infraestrutura nas escolas, condições de trabalho e valorização profissional docente, e aumento da carga horária para a disciplina de física nas escolas públicas. O importante na proposta da inserção de um currículo de física em espiral para os estudantes do EM, é que as ideias fundamentais sejam garantidas, e a quantidade dos conteúdos e seu aprofundamento seja escolha didática e pedagógica dos professores de física, o que nos leva à segunda observação.

É importante dizer que não nos debruçamos sobre a didática, ou sobre a pedagogia necessária à efetivação do currículo de física proposto, não apenas por não ser nosso objeto de pesquisa, mas pelo fato de que constitui tema para outro trabalho dada sua extensão e complexidade. Entretanto, a proposição de uma pedagogia conteudista pode ser encontrada nas pesquisas de Duarte (2016), Enkvist (2020), ou Saviani (2003), como referencial para novas investigações, especialmente, por articular-se com a defesa do currículo aqui apresentado. Outra possibilidade de investigação, sobre qual proposta pedagógica melhor corresponderia à didatização dos saberes presentes em um currículo baseado no conhecimento poderoso, pode encontrar respaldo na simples comparação e análise do tipo de ensino que é empregado nos países com os melhores indicadores educacionais do planeta.

Trabalhos futuros podem contribuir, ao menos, com duas investigações derivadas do presente trabalho. A primeira, diz respeito a investigações empíricas nas escolas públicas ao longo de todo EM, com fins de verificar a consolidação ou não da potencialidade do currículo em espiral com base nas ideias fundamentais para a construção de conhecimento poderoso na física escolar. A segunda, consiste na proposição da construção de currículos em espiral, com base nas ideias fundamentais e conhecimento poderoso, para as demais disciplinas do currículo escolar.

Por fim, negar a presença da física no currículo do EM é perverso, pois se nega o acesso de futuras gerações a um conjunto de conhecimentos e saberes sistematizados produzidos ao longo da história da humanidade em uma área de conhecimento que é vital para compreensão do mundo contemporâneo. Devemos recordar que, para a maior parcela dos estudantes do ensino público, a presença da física no currículo escolar é, em geral, a única e última oportunidade desses indivíduos de terem acesso aos saberes e ao conhecimento poderoso que a física proporciona. Dificilmente terão essa oportunidade novamente, e alijá-los desse acesso é negar às futuras gerações, o entendimento sobre o mundo em que vivem, altamente científico e tecnológico, aprisionando-os em seu realismo ingênuo impregnado de senso comum.

Esperamos ter contribuído para as discussões a respeito da construção de um currículo de física para o EM, de forma a buscar ressuscitar a disciplina e seus conteúdos nas escolas de ensino público do país, respeitando as especificidades epistemológicas dessa área de conhecimento e promovendo acesso aos estudos da física para nossas futuras gerações.

REFERÊNCIAS

ANFOPE (2020). *Manifesto da ANFOPE em defesa da educação*. Rio de Janeiro: Associação Nacional pela Formação dos Professores da Educação. Disponível em: <http://www.anfope.org.br/wp-content/uploads/2020/03/1.-Manifesto-ANFOPE-em-defesa-da-educa%C3%A7%C3%A3o-e-da-democracia-01032020-1.pdf>

Arendt, H. (2005). A crise na Educação, In: *Entre o passado e o futuro*. São Paulo: Perspectiva.

Bachelard, G. (1940). *La Philosophie du Non: Essai d'une philosophie du nouvel esprit scientifique*. Paris: Les Presses universitaires de France.

- Bardin L. (1977). *L'analyse de contenu*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Baudelot, C., & Establet, R. (1971). *L'École capitaliste en France*. Paris: Librairie François Maspero.
- Brasil (2016). *Emenda constitucional nº 95 de 15 de dezembro de 2016*. Altera o Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, para instituir o Novo Regime Fiscal, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República.
- Brasil (2017). *Lei nº 13.415*, de 16 de fevereiro de 2017. Reforma do Ensino Médio. Brasília: Ministérios da Educação, 2017.
- Brasil (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação.
- Brasil (2019). *Resolução CNE/CP n. 2, de 20 de dezembro de 2019*. Brasília: Ministério da Educação.
- Bruner J. S. (1978). *O Processo da Educação*. São Paulo: Ed. Nacional.
- Creswel, J. W. (2010). *Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto*. Porto Alegre: Artmed.
- Delors, J. (1998). *Educação: um tesouro a descobrir*. São Paulo: Cortez Editora.
- Duarte N. (2016). *Os Conteúdos Escolares e a Ressurreição dos Mortos: Contribuição à Teoria Histórico-Crítica do Currículo*. Campinas: Autores Associados.
- Enkvist, I. (2020). *A Boa e a Má Educação: Exemplos Internacionais*. Campinas: Kírion.
- Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), pp. 265-287. Disponível em: <http://doi:10.1007/BF00486624>
- Ostermann, F. & Rezende, F. (2021). BNCC, Reforma do Ensino Médio e BNC-Formação: um pacote privatista, utilitarista minimalista que precisa ser revogado. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 38(3), pp. 1381-1387. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e85172%20>
- Rabelo, D. L., & Cavalari, O. J. (2022). Itinerário Formativo como Fragmentação do Saber. *Brazilian Journal of Development*, 8(4), 23633–23652. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-060>
- Rocha, T. U., Ostermann, F. (2022). Mesa redonda 3 do XIX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. In *Atas do XIX EPEF – remoto*. Disponível em: <http://youtu.be/ujR12QplC4M>
- Saviani, D. (2003). *Pedagogia Histórico-Crítica: Primeiras Aproximações*. Campinas: Autores Associados.
- Saviani, D. (2012). *Escola e Democracia*. Campinas: Autores Associados.
- Saviani, D., & Duarte, N. (2012). *Pedagogia histórico-crítica e luta de classes na educação escolar*. Campinas: Autores Associados.

- SBF (2018). *Solicitação de reformulação da Base Nacional Comum Curricular no Ensino Médio*. Sociedade Brasileira de Física. Disponível em: <https://sbfisica.org.br/v1/sbf/sbf-solicita-reformulacao-da-bncc-do-ensino-medio/>
- Triviños, A. N. S. (1987). *Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A Pesquisa Qualitativa em Educação*. São Paulo: Editora Atlas.
- Várias entidades. (2022). Carta Aberta pela revogação da reforma do ensino médio (Lei 13.415/2017). *Retratos Da Escola*, 16(35), 667–682. Disponível em: <https://retratosdaescola.emnuvens.com.br/rde/article/view/1611>
- Young, M. F. D. (1971). *Knowledge and control: new directions for the sociology of education*. London: Collier Macmillan.
- Young, M. F. D. (2000). *O currículo do futuro: da “nova sociologia da educação” a uma teoria crítica do aprendizado*. Campinas: Papirus.
- Young, M. F. D. (2007). Para que servem as escolas? *Educ. Soc.*, 28(101), pp. 1287-1302. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-73302007000400002>
- Young, M. F. D. (2010). *Conhecimento e currículo: do socioconstrutivismo ao realismo social na sociologia da educação*. Porto: Porto Editora.
- Young, M. F. D. (2011). O futuro da educação em uma sociedade do conhecimento: o argumento radical em defesa de um currículo centrado em disciplinas. *Revista Brasileira de Educação*, 16(48), pp. 609-810. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782011000300005>
- Young, M. F. D. (2013). Superando a crise na teoria do currículo: uma abordagem baseada no conhecimento. *Cadernos CENPEC*, 3(2), pp. 225-250. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18676/cadernoscenpec.v3i2.238>
- Young, M. F. D. (2014). Teoria do currículo: o que é e porque é importante. *Cadernos de Pesquisa*, 44(51), pp. 190-202. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/198053142851>
- Young, M. F. D. (2016). Por que o conhecimento é importante para as escolas do século XXI? *Cadernos de Pesquisa*, 46 (159), pp. 18-37. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/198053143533>