

DIDÁTICA E INTERCURRICULARIDADE: FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

DIDACTICS AND INTERCURRICULARITY: PHILOSOPHY OF SCIENCE IN PHYSICS TEACHING

Expedito Andrade de Jesus¹

Laerte Fonseca Da Silva²

Resumo: Este estudo traça um percurso histórico do conceito de Interdisciplinaridade (ID), aprofundando seu significado e propondo uma Pedagogia ID baseada na didática do Ensino de Física através da Filosofia da Física (FF). A pesquisa, de natureza teórica, revisou a literatura sobre o tema, apresentando as correntes analítica e continental da Filosofia da Ciência e os trabalhos de autores como Japiassu (1986), entre outros. A ID e a Transdisciplinaridade emergem como possibilidades para a Física, pois a FF, por ser intencional, questiona os paradigmas e a construção linguística e histórica da ciência e do ensino da Física, como apontam diversos autores. O estudo evidencia a banalização e o uso equivocado do termo Interdisciplinaridade. Por fim, investiga o caso de Feynman (1918-1988) como exemplo de aplicação da ID ao ensino da Física, propondo-o como um recurso metodológico para desenvolver habilidades interdisciplinares.

Palavras-chave: Metodologia; Currículo; Paradigma; Pedagogia; Epistemologia.

Abstract: This study traces a historical trajectory of the concept of Interdisciplinarity (ID), deepening its meaning and proposing an ID Pedagogy based on the teaching of Physics through the Philosophy of Physics (FF). The research, of a theoretical nature, reviewed the literature on the subject, presenting the analytical and continental currents of Philosophy of Science and the works of authors such as Japiassu (1986), among others. ID and Transdisciplinarity emerge as possibilities for Physics, as FF, being intentional, questions the paradigms and linguistic and historical construction of science and Physics teaching, as several authors point out. The study highlights the trivialization and mistaken use of the term Interdisciplinarity. Finally, it investigates the case of Feynman (1918-1988) as an example of applying ID to Physics teaching, proposing it as a methodological resource to develop interdisciplinary skills.

Keywords: Methodology; Curriculum; Paradigm; Pedagogy; Epistemology.

¹ Mestrando em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - PPGECEM pela Universidade Federal de Sergipe.

² Pós-doutor, livre docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - PPGECEM pela Universidade Federal de Sergipe.

1. Introdução

O presente trabalho surge como um incentivo do campo curricular do Mestrado chamado de Didática do Ensino de Ciências e Matemática da UFS para o Programa de Pós-Graduação PPGECEMA, ministrado no primeiro semestre de 2023. Esse trabalho surge como a concretização material de um seminário promovido que teve como base o tema Interdisciplinaridade: Didática e Prática de Ensino.

Dito isto, o objetivo na disciplina³ era o de escrever um artigo que interligasse os temas Ensino de Física, Filosofia da Ciência e Didática. Ele está estruturado em: 1. Percurso histórico da noção de disciplinaridade ao novo paradigma emergente: a) Definição dos termos Interdisciplinaridade (ID), Transdisciplinaridade (Trans), Multidisciplinaridade (Multi) e Pluridisciplinaridade (Pluri) e b) Aspectos Filosóficos e a História da Ciência na ID. 2. A dimensão Pedagógica e Didática do Ensino ID 3. A Filosofia da Ciência: Tradição analítica e continental no Ensino de Física. 4. Considerações finais.

Inicialmente na parte 01 foi feito um percurso histórico e uma etimologia com o objetivo de resgatar o sentido do termo Interdisciplinaridade. Logo em seguida foi feita uma discriminação dos termos ID, Trans, Multi e Pluri, com aproximações e diferenças segundo literaturas mais hodiernas. A abordagem foi conceitual e relacional. A ordem se justifica pelo fato de que primeiramente deve-se entender a formação das disciplinas para depois entender como o paradigma emergente da ID se desenvolveu no espaço-tempo. Para só depois falar sobre a definição da coisa.

Dois subtópicos trabalharam respectivamente a) definição e diferenciação dos termos e b) Os aspectos Históricos e os da Filosofia da Ciência como fundamentos teóricos e filosóficos do novo paradigma ocidental para a contemporaneidade e em seguida foi feita a defesa de uma pedagogia ampliadora do objeto do conhecimento baseada na potencialidade pedagógica e na didática intencional que a Filosofia da Física

³ Atualmente (2024) a BNCC compreende que a palavra disciplina está em desuso, cabendo então sua substituição pelo termo Componente Curricular que se adequa melhor aos objetivos do documento nacional por ampliar as possibilidades de atuação no campo da teoria e da prática escolar. Assim sendo, cabe essa nota para dizer que termos como Intercurricularidade, transcurricularidade, multicurricularidade, policurricularidade etc são equivalentes aos antigos termos em uso neste artigo, com a correção já feita no título, deixaremos os termos na íntegra tal como foi escrito antes, para mostrar justamente que o conhecimento é orgânico e vivo, quem sabe esse artigo possa marcar a passagem do paradigma e fazer escola.

pode oferecer ao Ensino de Física na pesquisa e no âmbito da cultura no geral com a Trans.

Por fim, sabendo que geralmente o leitor de Física possui um afastamento de temas como Filosofia, foi que tratamos de fazer uma diferenciação entre Filosofia da Ciência continental e analítica. Para tanto, foi pertinente diferenciar minimamente o que seja método filosófico do método científico, não obstante deixou-se claro no trabalho que a FF é um campo amplo que pode ser abordado de diversas maneiras por diversos pensadores e escolas. Não foi nosso objetivo varrer todas elas nem esgotar o tema, apenas apontamos um caminho possível de onde diversos podem ser vislumbrados. Daremos agora início ao nosso percurso, esperamos que fique por aqui até o final, caro amigo leitor.

2. Percurso histórico da noção de disciplinaridade ao novo paradigma da interdisciplinaridade

Há autores que, ao tratar do tema da ID, não nos furtam em alertar-nos de que não há um consenso para o termo em questão, como é o caso de Leis (2005). E as discussões teóricas e “ideológicas” a respeito da natureza, origem, criação e desenvolvimento do conceito e história desse termo, é pois, perda de tempo e o que importa é falar sobre como essa atividade se apresenta no campo acadêmico.

Aqui, neste artigo, concorda-se parcialmente com estas afirmações, pois, assume-se que é necessário tratar sim da história, epistemologia e fundamentação do termo, inclusive da sua etimologia como fez Philippi Jr, *et al* (2000).

Contudo, faz-se-á das preocupações de Leis (2005) também uma das principais deste trabalho. Ela consiste em não banalizar o termo ID, pois essa precaução é similar a tantas outras como as de Fazenda (2008) quando nos diz que a ID não é a eliminação das componentes curriculares. A ID caminha sob uma “corda bamba” do qual não é desejável cair para nenhum dos dois lados; 1) ao reducionismo simplista e 2) as cegueiras do conhecimento Morin (2002) ou um outro termo se quisermos usar Monismo de Lopes (1999).

Para sairmos desses embaraços iniciais é que justamente recorreremos a um breve histórico da ID, bem como achamos necessário preencher a palavra “Interdisciplinaridade” de sentido, já que há muito ela vem sendo esvaziada. Começamos pela etimologia em Philippi Jr, *et al* (2000). A palavra Interdisciplinaridade é a junção

de duas palavras, uma formada pelo prefixo inter e a outra pela palavra disciplina⁴. Ela é "despretensiosa na sua origem, ambígua na sua acepção corrente e complexa na sua aplicação" (*Ibidem*, p.54). Pois bem, se analisarmos a preposição latina Inter: do *Latim Edim* que significa algo como: entre, no meio de, de junto, dentro de, que como costume na tradição das palavras provenientes do *Latim* se tornam prefixos de outras palavras.

Já disciplina vem também do *Latim* da palavra *Discere* que é um verbo que significa aprender que tem seu particípio de forma declinada em *Discere*, aquele que aprende, que tem a mesma origem da palavra discípulo que é o seguidor que aprende com aquele que ensina, uma obediência a autoridade daquele que informa, ensina e educa.

Na mesma linha de defesa que vemos traçando até aqui o autor nos reforça que:

A apropriação do vocábulo para a elaboração de currículos escolares, mesmo que integrados, empobreceu a semântica e reduziu a força do significado radical da palavra. Esse esvaziamento parcial do sentido de aprender agravou-se com a fragmentação da cultura e do ensino escolar. (Philippi Jr, *et al*, 2000, p. 55).

De tal sorte que o autor ainda nos orienta, que diante do exposto, aprender ganha mais valor efetivo quando esse conhecimento aprendido explora os diversos sentidos da vida, nos seus aspectos e nos seus espaços, uma argumentação totalmente alinhada com Morin (2002, p. 38) quando este diz que “devemos educar para o complexo e para o contraditório” como afirma também, Santos (2019). Agora, concentrar-nos-emos em um breve histórico do fenômeno ID até ele se tornar um dos principais paradigmas emergentes do ensino e da pesquisa e de outras dimensões para além destas.

Na Idade Média (476-1453 d.C), ainda não existiam as “disciplinas” propriamente ditas, o que existia eram as duas grandes áreas do saber chamadas de *Trivium* e *Quadrivium* como atestam Oliveira e Moreira (2017). A primeira destas, a *Trivium* era composta por (gramática, retórica e dialética), já a segunda *Quadrivium*, concentravam-se os estudos de (geometria, aritmética e astronomia). Como deve-se perceber, é pois, uma situação *Sui Generis*, muito específica de um tempo, muito diferente de como se encontra nos dias de hoje. A fragmentação era menor, no entanto, os campos ainda não estavam bem divididos e delimitados com clareza.

Apesar dos campos disciplinares ainda serem bastantes vagos e os conhecimentos ainda muito difusos, havia algo do qual nos dias de hoje se faz falta e se sente necessário, havia, pois, um interesse sincero pelo conhecimento entre aqueles que faziam a busca.

Em decorrência disso, havia também uma interação verdadeira entre os participantes da busca pelo conhecimento. É o que Fazenda (2008) chama de atitude interdisciplinar.

E como todos sabem, atitudes se tem ou não se tem, diante disto é que se faz “florir” uma questão igualmente genuína de nossa pesquisa, qual seja: o de que; o que forma uma cultura científica capaz de mudar hábitos e gerar atitudes? Será Interdisciplinaridade, como aposta Fazenda (2008)? Para tanto, precisamos apontar suas possibilidades e limites, sem a ousada pretensão de querer esgotar o debate ou de encerrar a sua formação histórica e epistemológica só porque em sua acepção diária o termo gera ambiguidades, pois são elas mesmas a quem queremos desfazer.

Com a queda da Constantinopla (1453) e com o fim do comércio entre a Europa e o Oriente, foi, pois, que começaram as grandes navegações em direção ao Atlântico, dando então fim à Idade Média e iniciando a Modernidade Clássica (1453-1789) que termina na Revolução Francesa (1789). Entre a Idade Média e a Modernidade Clássica foram escritas centenas de obras fundamentais da humanidade.

Só para ficarmos em alguns poucos exemplos rasteiros, podemos citar: Nicolau Copérnico - *De revolutionibus Orbium Celestium* (1543), Galileu Galilei - *Sidereus Nuncius* (1610), Francis Bacon - *Novum Organum* (1620), René Descartes - *O Discurso do Método* (1637), escrito em Francês que era língua ordinária da época, por isso não está em Latim, pois o desejo de Descartes foi escrever para o povo e não para os *Doutos*. Aqui um marco para a Física que passa a ser depois das obras de Galileu Galilei (1564-1642) e Isaac Newton (1643-1727), uma disciplina, o “carro chefe” das Ciências Modernas cuja as demais queria chegar também ao “estatuto” de Ciência. No fim da Modernidade Clássica, Emmanuel Kant (1724-1804) publica sua principal obra, a *Crítica da Razão Pura* (1781) e Karl Marx - *O Capital* (1867).

A obra de Kant teve a pretensão ousada de tentar responder, quais são os limites do que é possível de ser pensado? Para tanto, o filósofo Alemão dividiu a razão em várias categorias do entendimento (12) e da razão (4) compartimentadas, ora, pois, parece que o filósofo Königsberg adorava “caixas” não é mesmo? A esse mesmo filósofo é creditado por Santos (2019) como o primeiro reformador das universidades com uma crítica às interferências sacras e políticas, em defesa de uma “razão pura”, nesse sentido, nos perguntamos se o filósofo que compartimentou a razão também não houvera compartimentado as disciplinas em sua proposta de reforma?

Os estudos sobre a didática aparecem na Europa desde os anos 50 em países francófonos como a França, a Bélgica e Quebec. Consecutivamente, a este debate também

por conta disso, surge o debate da disciplinaridade. Logo após isso, o debate da ID começa a emergir na Europa nos anos 60 do século XX segundo Lenoir (2008) e também Oliveira e Moreira (2017). Os anos 60 foi sem dúvidas uma época de muita efervescência política, econômica e social. Só ao final dos anos 60, início dos anos 70, segundo Silva e Tavares (2005), no Brasil em plena ditadura empresarial militar é que o debate da Interdisciplinaridade chega ao país, e logo de partida já exerceu influência na LDB 5692/71.

Há atribuições em especial as ideias de René Descartes (1596-1650) e as de Immanuel Kant (1724-1804) como sendo pensamentos que permitiram a hiperespecialização, fragmentação do saber e assim os cristalizou. A departamentação da academia castrou a capacidade de diálogo entre os pesquisadores de campos diferentes, centralizando o processo de produção do conhecimento voltado ao mercado de trabalho. Ao Kant é creditada a primeira tentativa de reforma das universidades lá na Alemanha, tendo em vista isolá-la de fatores externos aos conhecimentos puros conforme Santos (2019).

A modernidade que passou por duas guerras mundiais entre os anos de (1915-1945), vivenciou também o pavor da Guerra Fria entre a Rússia e os EUA. Era preciso perguntar como fizeram os intelectuais da Escola de Frankfurt, se a razão era mesmo um guia para a felicidade humana? Havia uma descrença enorme na *Razão Iluminista* como salvadora do mundo através do “progresso” científico uma busca aos trabalhos de Giroux (1983) e também os de Freitag (1988) atestam isso.

Seria então fundamental repensar o Ensino de Ciências que desde 1961 junto da UNESCO amparada em autores da ID como Georges Gusdorf (1912-2000) é que o tema vem sendo desenvolvido e cada vez mais aprimorado nas universidades. Aqui no Brasil alguns autores são pioneiros no tema em termos de pesquisa, bem dizer trouxeram o debate para o país citaremos os três principais pesquisadores: Ivani Fazenda (82 anos), Hilton Japiassu (1934-2016) e Olga Pombo (77 anos).

a) Definição dos termos Interdisciplinaridade, Transdisciplinaridade, Multidisciplinaridade, Pluridisciplinaridade e suas diferenciações

Em pesquisas mais hodiernas como as de Sommerman (2012) encontrar-se-á definições mais consolidadas dos termos Interdisciplinaridade, Transdisciplinaridade, Multidisciplinaridade e Pluridisciplinaridade. As categorias de análise deste trabalho

estão estruturadas em quatro pilares dos conhecimentos ocidentais, são eles: conhecimento mitológico, teológico, filosófico e científico moderno. Há duas formas de lidar com os conhecimentos, Sommerman (2012 p. 45) “1) numa perspectiva de delimitação da área e exclusão de formas anteriores de conhecimento e 2) a de delimitar o próprio campo, mas considerar que os conhecimentos coexistem e podem se articular na produção de novos conhecimentos. A primeira forma está mais ligada ao disciplinar e a segunda ao interdisciplinar”.

Com a delimitação explícita das disciplinas, houve também um aumento das especificidades e das especificações da linguagem usada por cada uma das disciplinas que acabaram se isolando uma das outras, por falta de dialogicidade entre as subjetividades dos pesquisadores/professores em suas respectivas redomas. Segundo Lopes (1999), como a realidade é complexa, as disciplinas não dão conta de apreender o todo, é necessária uma atitude que supere o monismo. À palavra disciplinaridade foram acrescentados prefixos como Inter, Trans, Pluri e Multi.

A disciplina aqui é tomada como um conjunto de conhecimentos particulares e seus modos de produção de uma determinada área, Silva (2014). No geral, Pluri e Multi são usadas como sinônimos, elas são insuficientes para lidar com a problemática da complexidade do conhecimento, pois são vistas como uma mera integração de diferentes conteúdos de uma mesma disciplina, o que pouco ajuda a romper com a razão instrumental, ou se preferimos outros termos: inteligência míope de (Morin) e a inteligência esfacelada de (Japiassu), segundo Oliveira e Moreira (2017).

Assim, p,ex; no Ensino de Física multidisciplinar não há a menor preocupação em associar o conteúdo de Física com um grande tema geral e abrangente. Na multidisciplinaridade as disciplinas não estão interligadas, cada uma dá o seu “diagnóstico” sob sua óptica. Assim sendo, as disciplinas mesmo próximas estão separadas.

Para autores como Silva (2014) há uma leve diferença entre Multi e Pluri e ela consiste em que a pluri diferente da multi justapõe não somente conhecimentos, mas também os saberes, mas ainda na perspectiva ‘disciplinar’ cada conhecimento e saber separados que atuam sem muito envolvimento, “É como se uma forma de conhecimento ou saber pedisse licença para outra forma que sai de cena quando uma outra entra, como se estivesse ligando e desligando chaves separadas” (*Ibid*, p. 38), isso não é interdisciplinaridade e muito se engana quem acha que é. Ainda, a Pseudo-ID é quando o

autor usa métodos de outras disciplinas crendo erroneamente que as relações teóricas ocorrem.

Na Interdisciplinaridade as “chaves” coexistem e ao mesmo tempo estão ligadas, pois um conhecimento atua e existe concomitantemente, em que eles nos dizem que “ela é uma necessidade relacionada à realidade concreta, histórica e social, assim como um problema político, cultural e pedagógico” Silva e Tavares (2005, p. 9). Para autores como Japiassu (1986) a ID é o encontro de duas ou mais disciplinas que partem da mesma axiomática em um nível hierárquico imediatamente superior o que vai nos sugerir uma ideia de finalidade.

Já autores como Fazenda (2008) vai dizer que a ID é um regime de copropriedade que faz a abertura para o diálogo genuíno e sincero entre as subjetividades. De tal modo que sem a visão holística do conhecimento ficamos alheios às contradições no interior da sociedade de classes. A questão problema deve ser a norteadora para que os diversos saberes se unifiquem.

Pois ela é a procura do equilíbrio entre a análise fragmentada e a síntese simplista, mesmo que a junção entre essas disciplinas se dê sob lógicas diferentes. E suas dimensões são múltiplas. Para Lenoir (2008), um caminho possível para se atingir a ID pode-se dar por pressuposição da articulação entre duas ou mais disciplinas com Axiomas próximos ou não, há a necessidade de uma interação entre as pessoas que olham para o mesmo objeto cruzando seus conhecimentos e afetando-se a subjetividade, sendo então a ID como o novo indicador do ocidente. Portanto, a ID não é o fim das disciplinas, ao contrário, partem delas.

O autor nos remete ao cuidado de que devemos ter ciência de que o escolar e o conhecimento científico não são as mesmas coisas como também nos ensina Lopes (1999), além de tudo, a ID é instrumental e de pesquisa, multifacetada. Assim sendo, a ID possui vários ângulos de acesso pelos quais podem se solicitar Lenoir (2008) são eles: o científico, escolar, profissional e o prático, um ângulo novo posto na literatura pelo autor. Além dos ângulos de acesso podem também ser usados de várias modalidades organizacionais diferentes tais como: pesquisa, ensino e aplicação. O que nessa literatura nos dá pelo menos 12 possibilidades de combinação para o uso da ID nas disciplinas.

Suspeitamos que no âmbito da pesquisa a ID possa ser manifestada como uma dimensão da triangulação de dados, e isso tem um viés de confirmação dado na metodologia de pesquisa mista em que a triangulação é a forma prática de pesquisa de natureza ID, como pode ser visto em:

O processo de integração metodológica tem suas origens entre antropólogos e sociólogos nos anos de 1960. O uso do termo triangulação, como sinônimo de uma junção de metodologias, desponta no final de 1970. A partir dos anos de 1980 houve um abandono da ideia de embate entre as metodologias qualitativas e quantitativas e focou-se na complementação de técnicas. (Leite; Carmo, 2023, p. 31).

Para além das 12 possibilidades da ID, ela pode ser do tipo linear, estrutural ou restritiva. A linear, ainda considera a hierarquia entre os saberes mesmo que eles estejam interligados e mesmo que haja a dialogicidade, já a restritiva não considera essa hierarquia, é parte de algo igualmente caro e comum aos diversos campos que se ligam, sendo, portanto, mais profunda. Também podemos visualizar a ID em sua forma curricular, pois:

A interdisciplinaridade curricular incorpora conhecimentos em um todo indistinto, mantendo a diferença disciplinar e a tensão entre a especialização disciplinar e o cuidado interdisciplinar. É necessário preservar as especificidades de cada componente do currículo, visando à complementaridade e enriquecimento do ensino através da troca entre as disciplinas. (Lenoir, 2008, p.57).

No mesmo sentido em que Lenoir (2008) coloca a questão da ID curricular, Oliveira e Moreira (2017) também nos auxilia nesta tarefa:

A organização dos conteúdos curriculares deve permitir a realização do constante movimento que vai do todo às partes e destas ao todo, bem como do abstrato ao concreto e deste novamente às abstrações, num processo de constante enriquecimento e aprofundamento da compreensão da realidade natural e social. (Oliveira; Moreira, 2017, p.07)

Essa concepção de currículo nos fornece bases sólidas pelo motivo de que nessa perspectiva não há mais a hierarquização dos saberes, pois todas as disciplinas têm lugar e função ao exigir do professor uma performance ID a partir de uma didática também ID, o que nos leva a questionar se também não é necessário formas ID de avaliações escolares. Autores como Lenoir (2008, p. 55) entendem que “A interdisciplinaridade escolar é, por sua vez, curricular, didática e pedagógica” e que uma coisa é a ID científica usada para construir novos conhecimentos e outra é a escolar com foco na divulgação do ensino.

Já a Transdisciplinaridade é tratada por Silva e Tavares (2005) como uma espécie de Pedagogia da Educação, no sentido em que não se deva existir limites entre os campos dos conhecimentos e para Santos (2019) a TRANS seria a relação não apenas entre diferentes conhecimentos acadêmicos, mas também a relação entre esses conhecimentos com os saberes não acadêmicos, o que permite uma maior integração com a cultura no geral com o multicultural e até mesmo com as questões Ciência, Tecnologia, Sociedade

e meio Ambiente (CTSA), como pode ser visto respectivamente em trabalhos como os de Francisco (2008) e em Genovese (2019).

Tanto a ID quanto a TRANS são artifícios que ajudam a romper com os paradigmas vigentes, no sentido em que a realidade é complexa e nem sempre ela respeita as regras lógicas como a do terceiro excluído, é necessário uma lógica paraconsistente quando temos que lidar com conhecimentos e saberes que possuem bases lógicas não só diferentes, mas às vezes também contraditórias e que estão nas fronteiras do conhecimento, assim Edgar Morin (2002) pontua que:

O paradigma desempenha um papel ao mesmo tempo subterrâneo e soberano em qualquer teoria, doutrina ou ideologia. O paradigma é inconsciente, mas irriga o pensamento consciente, controla-o e, neste sentido, é também supraconsciente. Em resumo o paradigma instaura relações primordiais que constituem axiomas, determina conceitos, comanda discursos e/ou teorias. Organiza a organização deles e gera a geração ou a regeneração. (Morin, 2002, p. 118).

Na hipótese de que tanto a ID quanto à Trans são tendências contemporâneas, tanto no âmbito da pesquisa, quanto no do ensino que tem um forte potencial de romper com paradigmas científicos, promover uma didática formativa e somativa com o currículo e as avaliações mais próximas da realidade. Que por ser complexa, acaba por exigir também uma relação complexa entre professor-aluno, aluno - aluno, professor - escola, aluno - escola, aluno - sociedade, sem o viés da exclusão entre ciências e os demais conhecimentos acadêmicos ou escolares com os diversos tipos de saberes das demais culturas.

A propósito, a Filosofia que já é interdisciplinar em sua constituição, aliada ao ensino de Física constitui um caminho frutífero tanto no âmbito da pesquisa quanto no do ensino para questionar, criticar, avaliar, analisar, clarificar os paradigmas vigentes colocando-lhes em situações de possíveis rupturas epistemológicas.

Pois, se adotarmos o rigoroso critério de que conhecimento é uma crença justificada cairemos na crítica de Grittier (96 anos). Portanto, para fugirmos dela diremos que é necessário também um esclarecimento do conhecimento que é dado pelos outros saberes e conhecimentos. Aqui a Filosofia será a nossa luz. Pois, tanto o filósofo quanto o físico são convidados a sentarem para um banquete, nas suas respectivas interdisciplinaridades em busca de uma epistemologia mais segura.

O físico e o filósofo se encontram na Filosofia da Ciência (FC), de modo que a Filosofia da Física (FF) é uma subcategoria que constitui para área 46 da CAPES do

Ensino de Ciências e Matemática. E é justamente aí que se insere o objetivo deste trabalho, guiados pela hipótese de que a FC tem o potencial ID de contribuir para a expansão das concepções, teorias, conhecimentos e saberes em torno do objeto do conhecimento com uma hipótese justificada e esclarecida.

Portanto, um grau de conhecimento de um nível de realidade mais complexo e a Transdisciplinaridade podem nos ajudar a alargar à ideia de culturas múltiplas da qual a científica é uma delas, sem hierarquia e também como a cultura se relaciona com a educação através das pedagogias e didáticas no ensino e na aprendizagem com o cuidado que "pedagogia didática" são termos bastantes amplos. Não queremos esgotar o assunto, nem teríamos como.

b) Aspectos Filosóficos e a História da Ciência na Interdisciplinaridade

Já que a ID diz muito a respeito de uma atitude que se tem diante dos conhecimentos, é prudente pensar que disciplina não tem atitude nenhuma, quem tem atitude ou não, são os sujeitos do conhecimento. As definições e as concepções de sujeito sempre foram debates caros à Filosofia, principalmente na Moderna e na Antiguidade Clássica, onde os filósofos estavam preocupados com o estudo do ser, a ontologia.

As concepções de sujeitos na história do pensamento, são, portanto, fenômenos modernos como mostra Sommerman (2012):

Este é um conceito vasto na história da filosofia, pois às vezes foi definido apenas como sujeito ideal ou universal (Platão, Fichte, Hegel), ou apenas como sujeito pensante ou epistêmico (Descartes, Kant), ou apenas como resultado das percepções sensoriais (Hume) (Sommerman, 2012, p. 557).

E diante das diferentes concepções de sujeito, o autor pode chegar a uma noção própria com base nos cânones da Filosofia, eis pois:

Numa definição geral, sujeito é um ser que tem experiências subjetivas ou uma relação com um objeto; é "o eu, o espírito ou a consciência como princípio determinante do mundo do conhecimento ou da ação ou, pelo menos, como capacidade de iniciativa em tal mundo". Em filosofia, é um ser que é ator de seus atos e não apenas reage; que porta o que entendemos por decisão ou vontade, e é capaz de conhecimento inteligente (Sommerman, 2012, p. 557).

Essa seria uma síntese possível do conceito de sujeito, esse entendimento é importante aos propósitos da ID e da TRANS porquê para atingi-las é necessária uma mudança de postura e de atitude daquele que aprende e também daquele que ensina. É o que para Aristóteles (384-322 a.C) assume a instância de primeira categoria do Ser, eis o

sujeito. Com os modernos, desde de René Descartes, sujeito passa a ser sinônimo de mente e ou consciência.

Tais concepções receberam inúmeras críticas na contemporaneidade, pois essas definições recaiam sempre no homem unidimensional, seja como a ideia de sujeito sendo um ideal espiritual, universal, seja pela ideia de *Ego Cógito* cartesiana, ou de sujeito transcendental pelo kantismo ou pela redução material do homem como mero resultado de sensações empíricas humanianas. Todas estas padecem do mesmo problema, a sua incapacidade de predizer o mundo em sua complexidade, contraditoriedade e criticidade. De tal maneira que:

Portanto, nesta acepção mais contemporânea do conceito de sujeito como pessoa humana real, ele é, ao mesmo tempo, uma realidade metafísica ou um sujeito epistêmico; uma realidade existencial ou um eu; um ente moral ou uma pessoa; é um ser político ou um cidadão (Chaui, 2009, p. 131, *apud*, Sommerman, 2012, p. 558).

Praticamente na mesma linha de defesa da filósofa brasileira vai às recomendações do filósofo centenário francês Edgar Morin (101 anos) em seu livro “Os sete saberes necessários à Educação do futuro” (Morin, 2002, p. 26). Especificamente o capítulo III em que no âmbito da educação diz que devemos educar para: as condições cósmicas, físicas, terrestres, a condição humana para além as dualidades indivíduo/coletivo, sujeito/objeto, alma/corpo, espírito/matéria, qualidade/quantidade, finalidade/causalidade, liberdade/determinismo, existência/essência. Para além da lógica disjuntiva de “isso ou aquilo”. Portanto, a própria moralidade de ensino que é uma dimensão humana precisa ser questionada, bem como a própria epistemologia pela qual se apreende as formas de conhecimento como posto em Lopes (1999).

Portanto, o homem é ao mesmo tempo todas essas coisas no espaço e no tempo, o sujeito contemporâneo é unidualista para usarmos um termo do Morin (2002). Ele acontece em circuitos concomitantes, assim como a luz é onda e também uma partícula ao mesmo tempo, dependendo da perspectiva. Nesse sentido, a ID ajuda não só a apreender o real de forma mais condizente, como também a TRANS por relacionar conhecimentos científicos, acadêmicos e escolares com outras formas de conhecimento e também com saberes não acadêmicos que acabam por contribuir para a multiculturalidade como a relação entre ciência e religião, por exemplo.

As questões de CTSA Philippi Jr (2000), Multiculturalismo Francisco Jr (2008), Educação, Cultura e Ecologia não podem ser entendidas disciplinarmente, pois suas naturezas são eminentemente ID e Trans, bem como as questões relacionadas ao Ensino

de Ciências e Matemática que tem como base a Sociologia, Antropologia e a Filosofia para a formação da criticidade humana no sentido Frankfurtiano, só podem ser feitas nas fronteiras do conhecimento de forma ID e Trans como mesmo bem fizeram esses intelectuais da Escola de Frankfurt.

Todas essas questões respeitam da mesma forma: partem, ambas, de um problema geral e complexo ligados a um grande tema. Liga-se a disciplina ao tema que por ser grande entende-se ‘complexo’, cuja resolução, ou o possível caminho, só se dá de forma ID e TRANS, até porque ela necessita de outras bases lógicas que não a clássica. Karl Marx (1867), por exemplo; jamais entenderia os processos de produção e trocas das sociedades capitalistas se não fosse a Dialética Hegeliana, nesse tipo de lógica e se ele mesmo não fosse um teórico ID.

A História da Ciência não pode ser deixada de fora do Ensino de Ciências e Matemática, em particular do Ensino de Física. O seu uso de modo multidisciplinar como já foi dito, não é tão eficaz, pois a História seria um mero complemento, estaria ainda sendo vista de forma separada da Física. A própria História tem que ser questionada, portanto, deve-se inseri-la como uma Epistemologia crítica visto em Lopes (1999). Assim também ilustramos melhor nas palavras de:

(...) A comunidade de pesquisadores da área deve investir na realização de intervenções visando a implementar o uso de HFC no Ensino de Ciências (em particular de Física), tornando-as objetos de investigação, para que se possa ter uma melhor compreensão da sua eficácia em situações reais de sala de aula. (Teixeira, *et al*, 2012, p. 33).

Por este motivo, o nosso objetivo geral será o de ajudar a suprir a demanda da ID aplicando ao Ensino de Física tanto a História da Física (HF) quanto para a FF, mas também sem abrir mão e/ou perder o rigor das lógicas internas.

A ID no Ensino de Física por meio da inserção desta com a História e seus agentes, Oliveira e Moreira (2017), cumpre o papel de desmistificar as concepções ingênuas a respeito da ciência colocando em destaque as contradições entre modelos e a discussão de temas “obscuros”, pois, o contexto histórico humaniza o fazer científico.

O fazer científico, portanto, humaniza também a própria ciência. A HC expõe o fazer científico como tendo leis internas, mas que estão sempre inseridas em contexto global de pesquisa, ou seja, fatores externos. Ela também demarca o valor do erro para correções e desenvolvimento das ciências. E todos esses aspectos juntos colaboram para a formação do sujeito crítico que é um dos maiores objetivos do Ensino de Ciências, então pois, é que:

Dentro das discussões atuais da área, a história pode servir para contextualização dos conceitos, enfocando a perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), destacando a visão sociológica. Muitas vezes, tal enfoque é caracterizado como Externalista. Ou então a história é utilizada apenas dentro do desenvolvimento dos conceitos. Muitas vezes, esse enfoque é caracterizado como Internalista. Tanto o primeiro quanto o segundo enfoques são enfatizados a partir do ponto de vista e da formação do professor/pesquisador que faz uso da história. (Oliveira; Silva, 2012, p. 42)

Esse debate dentro do campo da HC se intensificou nas oposições abertamente públicas entre os contemporâneos Thomas Kuhn (1922-1996) e Lakatos (1922-1974). A oposição entre eles se dá por cisões radicais, pois, para Kuhn, na leitura da HC deve haver uma maior valorização dos fatores externos, pois estes, levam em consideração diversos tipos de conhecimentos como sendo influenciáveis ao fazer científico como os conhecimentos socioeconômicos e os saberes não acadêmicos.

Já em autores como Lakatos, a HC é pautada como “qualquer construção racional da história interna da ciência e deve ser complementada com uma história externa”. Sendo a história externa uma consequência da interna que é de primeira ordem, enquanto que a externa é de segunda ordem e, desta forma, explica-se os fatores não racionais (sociopsicológicos) que influenciam à ciência” (Oliveira; Silva, 2012, p. 43).

Por fim, assim como os demais dualismos já citados neste trabalho, assim como o dualismo internalista-externalista, perde-se sentido tratá-los como coisas excludentes. Na perspectiva ID ou TD, as duas abordagens são manifestações da mesma realidade, local e global. Na próxima seção abordaremos as dimensões tanto pedagógicas quanto didáticas que envolvem o fazer ID no Ensino.

2. A dimensão Pedagógica e Didática do Ensino Interdisciplinar

Vimos em seções anteriores que tanto a FC quanto a HC constituem-se de mecanismos amplificadores dos paradigmas. Seja por elaborar uma Epistemologia da Ciência mais crítica, oferecendo um método de análise voltado ao contraditório, seja por situar e questionar cada um dos fatos históricos mediante uma valorização do erro para o conhecimento científico, entendendo os processos internos e externos da ciência e os sujeitos do conhecimento. No entanto, não podemos esperar que essas inserções ocorram de forma espontânea ao ensino e nem que ao ocorrerem não vá haver resistência de diversos lados nem que seja fácil de fazê-lo, mas é preciso ter coragem para aceitar o novo, pois o novo sempre vem.

Diante disso, partindo da Teoria da Transposição Didática de Yves Chevallard (1991), é que se entende que os conhecimentos científicos não são necessariamente os conhecimentos escolares e que a Transposição Didática (TD) não se focaliza apenas nos aspectos epistemológicos e nem nos semânticos, Mello (2019). Ela se realiza no estudo de como esses conhecimentos científicos se transformam em saberes a serem ensinados e no saber ensinar, ou seja, o conhecimento sai do saber sábio e é transposto até chegar no ensino. Yves Chevallard (1991), ainda explica de acordo com sua teoria, porque alguns conhecimentos se tornam permanentes no ensino e porquê que outros são excluídos, saber disso constitui um valor didático inestimável por parte do professor.

Segundo Mello (2019), atualmente há cinco níveis na produção do conhecimento científico acadêmico pelo qual a TD ocorre: 1) Pesquisa, 2) Pós-Graduação acadêmica, 3) Pós-Graduação Profissionalizante, 4) Graduação e, por fim, e não menos importante o 5) Ensino Médio. O Saber sábio é produzido de forma muito distante daquele saber que é ensinado pelo professor nas escolas e nas universidades. Essa distinção é importante para que aquele que ensina não se confunda com pensador, aquele dono da teoria ensinada.

Assim, espera-se que os idealistas de todo tipo aterrissem no solo materialista e concreto da realidade e deem de cara com as contradições do ensino que são as mesmas da sociedade onde ele se insere e que ele ao ensinar não se confunda com um sábio produtor de teoria, mas sim que se entenda como um transmissor do saber à ser ensinado. Por isso, deve adequar a linguagem, o nível, os objetivos e tudo mais concernente ao ensino e/ou a divulgação científica.

Uma vez superado o mundo das ideias e a confusão entre *Noesis* e *Noema*⁵, portanto, uma superação também do psicologismo, é pois que, não devemos nos confundir por exemplo; com o Einstein ao ensinar relatividade, nem confundir o objeto pensado com o referenciado Husserl (1988). Em sua crítica ao *psicologismo*, Edmund Husserl mostrou que há uma tendência do pensamento em confundir o mundo entre "parênteses" com as coisas fora dele, contribuindo então para as cegueiras do conhecimento para usar um termo moriniano, Morin (2002) do qual o maior erro e a maior ilusão do conhecimento seria desconsiderar o erro e a maior ilusão seria desconsiderar a ilusão do conhecimento daquilo pensado com aquilo que é real.

⁵ Noesis é a ideia do objeto pensado, noema é o objeto representado pela ideia, quando se confunde noesi com noema, digo, a ideia do pensando com o pensado, está a se cometer um psicologismo.

Este último, parte do ponto em que qualquer transmissão de conhecimento e de informação carrega consigo a possibilidade tanto do erro quanto da ilusão. Nossos receptores mecânicos, segundo Morin (2002), dizem que representam apenas 2% dos canais de entrada das informações em nosso corpo. Já os canais de saída 98% são internos e relativamente autônomos, disto que nem de fato autônomos nós somos, pois lá na *Noosfera* é permeado por medos, desejos, vontades, fantasias, ideias, devaneios, imagens e também as teorias e às ideologias de todo tipo.

Para tentar fugir dessas intempéries, assumirmos o postulado máximo e inaugural da fenomenologia do qual parece ser um consenso depois de Husserl (1859-1938), adotado inclusive por Maurice Merleau Ponty (1908-1961) na sua fenomenologia da percepção, eis, pois, o paradigma da fenomenologia, o de que consciência é intencionalidade para não alugarmos um ‘triplex’ no mundo das ideias e perdemos o caminho de volta para o mundo real.

Já que consciência é intencionalidade e que não mais queremos entender o mundo, mas sim mudá-lo é que ensejamos uma didática intencional ao Ensino de Física que seja pautado por atividades tanto da HC quanto da FC. Para que a HC e a FC deem luz ao fazer pedagógico, seria interessante que esse fazer pedagógico se pautasse em uma educação não universalista, mas em uma perspectiva multicultural, já que ela é um aspecto da cultura.

Vale a lembrança de que não faremos um desenho de Engenharia Didática através de um contrato didático neste trabalho, mas isso seria perfeitamente possível. O que estamos a defender aqui é que caso seja feito, seria um desenho que levasse em conta temas como: ID, Trans, Ensino de Física, HC e FC recorrendo aos recursos do multiculturalismo e da CTSA com os grandes temas como o da existência ou não de Deus que envolve debates entre conhecimento científico e saberes não acadêmicos.

Já a teoria da TD é reforçada pelas teorias de contrato didático e situação didática, segundo Brousseau (1998), *apud* Mello (2019), a TD é descrita como sendo o saber sábio a fonte de construção de conhecimento científico de ponta e através da transposição externa (*Stricto sensu*) vai definir quais são os saberes a serem ensinados que passam por uma outra TD de ordem interna (*Lato sensu*) para só aí decidir e definir o saber ensinado na escola.

Nesses processos de TD vai se perdendo todo o contexto de embates entre os cientistas, por conseguinte todas as contradições paradigmáticas desaparecem, os erros são suprimidos, a lógica clássica empírico-dedutiva impera e não há discussão sobre

diferentes visões de mundo sobre a Natureza da Ciência (NC). Em suma, a TD retira todos os empecilhos que possam prejudicar a aprendizagem do paradigma disciplinar.

Em *Lógica e Misticismo* de 1910 escrita por Bertrand Russell (1872-1970), ele questiona então, qual seria o papel do Ensino de Ciências posto pela educação burguesa, haja vista o abandono da leitura dos clássicos da ciência? É nos clássicos que se encontra toda uma riqueza de conhecimentos e informações ainda não transpostos ou transpostos em níveis mais acima do qual ainda não se perderá muito conteúdo original. Talvez uma didática que intencionalmente visasse a leitura parcial ou integral dos clássicos pudesse ajudar o Ensino de Ciências e Matemática em um possível letramento científico para colaborar na construção de uma cultura científica.

Há uma preocupação na didática da matemática por parte de Brousseau (2014) em criar um ambiente artificial, escolar, que imite um ambiente acadêmico. Além disso, este deseja que este ambiente crie condições para que os estudantes se sintam motivados a fazer descobertas matemáticas. Estas podem vir através de jogos, problemas e situações empresariais, como no caso dos jogos de mercado. Dependendo do meio – escola, rede de ensino privado ou público – o professor terá um ambiente de ensino. Devido a excelente formação em filosofia e sociologia dos professores franceses Brousseau conseguiu perceber que este meio também faz parte integrante do projeto pedagógico. (Mello, 2019, p. 06)

Ele ainda continua a nos mostrar o quanto a teoria de Brousseau (Mello, 2019) é frutífera ao campo da Didática e enseja um horizonte de possibilidades a ser trabalhado no ensino tendo em vista um contrato didático:

Assim, Brousseau (2011) admite a existência do sistema de interações, porém, identifica outros fatores interagindo no sistema: o meio ambiente material e escolar e o sistema educativo, como fatores fortes. Ele indica, além disso, dois fatores mais discretos: a interação entre o sistema e a pessoa aluno/aprendiz. A pessoa aluno, em interação com as regras do sistema educativo; e a pessoa (a mesma) do aprendiz, como sujeito que interage com o professor e com o conhecimento. (Mello, 2019, p. 07).

Ora pois, já dissemos que a ID escolar e a científica são diferentes em suas finalidades, uma de divulgação do conhecimento e das informações, outra mais relacionada à produção de novos conhecimentos, teorias e conceitos pelos pesquisadores do saber sábio. Sobre a Interdisciplinaridade escolar ela pode ser de três tipos: a) curricular, b) didática e, c) pedagógica, segundo Lenoir (2008).

A ID curricular para ele nada mais é do que a assunção que cada disciplina na escola tem um lugar e uma função específica dentro do currículo e que possuem métodos comuns, linguagem próximas e até objetivos específicos próximos de modo a ter um diálogo curricular que faça sentido com o todo através de uma didática. Eis a ID didática,

ela deve possuir um alto grau intencional, deve ser planejada, organizada, avaliada. Ela está em um segundo nível entre a ID curricular e pedagógica, sendo, portanto, de segundo nível, pois ela media as duas outras formas. Como diz o autor, ela acontece na dialética entre o currículo e o pedagógico.

No caso da ID pedagógica, ela faz com os professores tenham que lidar com fatores internos e externos ao ensino e a aprendizagem como: fatores psicológicos e concepções cognitivas, visões de mundo, saberes não acadêmicos e nem escolares, sendo então a ID pedagógica é na verdade Transdisciplinar. Deste modo, a Transdisciplinaridade pedagógica colabora para que os conhecimentos da própria mediação didática sejam revistos.

Daí que a ID pedagógica não se basta somente teorizar a prática ID através da didática, ela vai além, pois avalia as possibilidades curriculares de ID, assim o conflito entre o professor e a escola ficam evidentes e, é preciso, pois judiciar os interesses de cada um com base em uma argumentação pedagógico-didática por parte do professor ao coordenador pedagógico representante dos interesses da escola.

Por fim, em Lenoir (2008), a Didática Interdisciplinar se realiza de forma interna e externa. Na interna: há uma necessidade de se estabelecer uma ligação entre as disciplinas complementares ciências humanas, ciências sociais, ciências da educação e afins, levando em conta o sistema global as dimensões sócio-históricas-temporais dos sujeitos. Mas também a ID externa: ligada à dimensão intencional, pois se pergunta o tempo todo, qual é a finalidade do ensino? Na formação de habilidades para o sujeito e aprendizagem de atitudes, é uma dialética entre as didáticas diferentes de cada disciplina, para que os objetivos de aprendizagem façam sentido. Portanto, é a mobilização intencional e planejada de uma didática construtivista no campo de “guerra” do currículo escolar.

3. A Filosofia da Ciência: tradição analítica e continental no Ensino de Física

A FF é um campo específico da FC, é uma espécie de campo de aplicação da Física. Geralmente esse campo é permeado por pessoas com formação dupla, e/ou interesses subjetivos de pesquisadores em comum tal como propõe Fazenda (2008) ao tratar da ID como uma atitude que relaciona subjetividades. Pois, é necessário a formação em um dos dois campos como ponto de partida para se chegar aos axiomas comuns entre os campos. Aqui talvez seja pertinente diferenciar a Filosofia da Ciência, a fim de deixar as coisas bem postas em nossas bases.

Qual é em linhas gerais a diferença entre Filosofia e Ciência? Em Matallo Jr (1989, p.190):

Podemos dizer que a Filosofia se diferencia da Ciência por seu aspecto compreensivo, por querer dar significatividade à totalidade do mundo. Quando se diz 'totalidade do mundo' a pretensão é a não segmentação dos fenômenos, mas, ao contrário, evitar essa segmentação, abstraindo-se os seus predicados específicos para submetê-los a postulados universais onicompreensivos. [...] Assim, mediante os vários discursos filosóficos não há um critério de veracidade, por tanto sem critério de decisão em prol deste ou daquela filosofia. (Matallo JR, 1989, p. 190).

Por outro lado, também em termos gerais podemos definir Ciência como uma atividade que se diferencia da Filosofia por:

A Ciência, ao contrário, não pretende ser onicompreensiva. Seu estatuto se funda na escolha de problemas e na classificação dos fenômenos para a explicação. A Ciência é fundamentalmente seletiva, por não poder prescindir do conteúdo empírico que busca a formulação de teorias sobre conjuntos de fenômenos da mesma natureza. Quando se diz que a Ciência aspira à universalidade, isto não quer dizer que ela pretenda explicar a totalidade dos fenômenos do mesmo tipo. (Matallo Jr, 1989, p. 190-191).

Com base na diferença entre Filosofia e Ciência vista em Matallo Jr (1989), podemos afirmar que uma postura embasada pelos métodos da Filosofia nos leva mais para um caminho holístico. Portanto, a ID e os métodos da Ciência para um caminho monolítico, portanto, mais disciplinar. Daí que a aposta na Filosofia da Física (FF) como ID possa se aproximar do nosso objetivo que é o desenvolvimento da atitude ID em uma pedagogia intencional aplicada à uma didática no Ensino de Física.

É ainda preciso dizer que a FC possui dois tipos de investigações, no geral: a) a investigação de linha do tipo centrada na linguagem e b) a investigação do tipo centrada na epistemologia.

A primeira destas está mais relacionada à investigação dos conceitos a que a ciência se refere, similar ao que o físico teórico faz com as teorias, só que estes aos conceitos. Esta FC é de linhas mais analíticas que vem da tradição inglesa e alemã, anglo saxônica. Ela parte de pensadores como Bertrand Russell (1872-1970), Mach (1838-1916), G. Frege (1848-1925), entre outros que vieram depois como L. Wittgenstein (1848-1951), G. E Moore (1873-1958) e Karl Popper (1902-1994). Esses autores são os denominados precursores do Círculo de Viena, segundo Marcondes (1989). Assim, a Filosofia Analítica é classificada como (*Ibid*, p. 13-14) “Por ter como ideia básica que a filosofia deve centralizar na análise da linguagem (...) como é que uma sentença tem significado?”

É nesse sentido que os filósofos da Física de linha analítica investigam os conceitos do campo, fazendo uma análise da linguagem interna da Física, se perguntando em que medida um conceito físico em forma de proposição faz ou não sentido perante um estado de coisas? Quais as lógicas são consistentes com essas proposições em relação com o estado de coisas do mundo? Em que medida a forma lógica de uma lei física se reflete com a ligação fiel de um estado de coisas? Qual a natureza desse estado de coisas? No caso desta última pergunta, pergunta-se pela coisa em si, tratando-se de uma ontologia das entidades físicas o que recai na discussão entre realismo versus anti-realismo que é um debate caro tanto ao físico quanto ao filósofo.

O problema da análise da linguagem pode ser feita por diversos caminhos, cada um dos autores tem sua própria análise e diferem entre si. Não é nosso objetivo mostrar cada uma das análises nem teríamos como fazê-lo, o que faremos aqui é a apresentação de alguns conceitos e análises da FF nos auxiliando em Newton Da Costa comentado por Krause (2009) no intuito de fornecer subsídios didáticos ID para o Ensino de Física no geral.

A segunda investigação do tipo epistemológica está mais próxima da investigação da metodologia e qual a relação desta com a realidade, portanto de cunho mais holista. Essa linha de FC vem dos países de tradição da escola latina, voltada à epistemologia, que valoriza mais os aspectos da história, política, econômica e da cultura em geral no processo do fazer científico, e assim são autores como K. Marx (1818-1883), E. Husserl (1859-1938), G. Bachelard (1884-1962), T. Kuhn (1922-1996), I. Lakatos (1922-1974), P. Feyerabend (1924-1994) e P. Bourdieu (1930-2002) entre outros, embora também com suas enormes diferenças.

Similar ao que foi feito no item anterior, aqui abordaremos uma escola específica, a da Epistemologia da recorrência histórica de Gaston Bachelard, citado por Japiassu (1986) que pode ser usado como subsídio didático ao Ensino de Física através da FF no caso da FC continental. E como já dito, segundo Krause (2009) com sua lógica paraconsistente como subsídio didático da FF no caso da FC analítica ao Ensino de Física.

Em especial na Física Moderna há mudanças de paradigmas entre a chamada Física Clássica e a dita Moderna. Essas mudanças de paradigmas se dão com base em novas teorias e conceitos emergentes como da saída de postulados da Mecânica Newtoniana para a Relatividade Geral, no qual há dilatação do espaço-tempo. E na Mecânica Quântica o fenômeno da luz é entendido como uma onda eletromagnética formada por quantidades discretas de energia chamadas de quanta e luz que ora age como

partícula ou como onda. A Física Clássica é empírico-dedutiva e sua lógica dedutiva se baseia na lógica clássica que necessariamente deve respeitar a regra da identidade e o princípio do terceiro excluído, onde uma entidade fenomênica não pode ter a identidade A e Não-A ao mesmo tempo, sendo uma e outra coisa concomitantemente, como é o caso da luz como sendo de natureza dual partícula-onda dependendo do tipo de experimentação e das unidades de medida do observador que influencia o experimento.

Krause (2009), nos assevera que Da Costa comenta que muitos Físicos ainda possuem a crença de que a Física representa um estado de coisas de que se é possível dizer algo sobre com toda certeza, no sentido do que o que existe, ou é físico ou tem uma explicação física, ou então não existe, mesmo os fatores psíquicos, eis o fisicismo. Mas como sabemos na saída da Física Newtoniana para a Relatividade Restrita de Einstein (1879-1955) para velocidade acima de $0,1c$ (c = velocidade da luz) os postulados da Física Clássica não mais funcionam sob certos limites, o que gera uma não correspondência entre os enunciados da Física Clássica com os postulados da nova Física. “Se a Física Newtoniana não é mais verdadeira no sentido da correspondência, como é ainda largamente utilizada, e qual é a razão do seu emprego?” (Krause, 2009, p. 114).

O mesmo é válido para o caso do espaço-tempo curvo de Einstein que aceita triângulos cuja soma é superior à 180° o que desdiz o terceiro postulado de Euclides (Krause, 2009). Há duas realidades físicas? Devemos abandonar a Física Clássica? A lógica clássica deve ser substituída? “Com Irene Mikenberg e Rolando Chuaqui, Da Costa desenvolveu o conceito de quase-verdade, que parece mais afeito às ciências empíricas (Mikenberg, *et al*, 1986)” (Krause, 2009, p. 114). O conceito de quase-verdade é a base da Lógica *Paraconsistente* criada por Da Costa para dar conta de uma realidade física que é complexa. De tal sorte que:

De fato, a história da ciência mostra que teorias, mesmo as muito bem fundamentadas e aceitas como literalmente refletindo a realidade, eram falsas. Portanto, nada impede que as teorias atuais e futuras, por mais plausíveis e sensatas que possam parecer, mostrem-se também ser falsas em sentido correspondencial. Este seria um dos motivos pelos quais o cientista parece necessitar de um conceito de verdade mais ameno que o correspondencial, e a quase-verdade aparentemente responde satisfatoriamente a esta demanda (Krause, 2009, p. 115)

São lógicas desse tipo que permitem com que novos campos do conhecimento sejam criados como os da Teoria da Informação (TI), Ciência da Computação (CC) como pode ser visto no trabalho de Mattos e Hamburger (2004) intitulado História da Ciência, Interdisciplinaridade e Ensino de Física: o problema do “Demônio de Maxwell”.

Esse artigo exemplifica uma aplicação da ID no Ensino de Física ao tratar de um problema que só pode ser resolvido de forma ID e como este problema abre margem para a existência de outras disciplinas como as já citadas TI e CC, bem como a relação entre Biologia e a Vida. De tal modo que recorrer aos textos originais dos autores pode fazer com que a ID seja exercitada, pois no contexto original dos escritos, todas as divergências e complexidades não são eliminadas, o que naturalmente nos leva para problemas que são complexos e por serem como são, exigem soluções que envolvam mais de um campo do saber, portanto temas amplos e difíceis exigem uma postura ID.

Tal problema é o problema do “Demônio” de Maxwell (Mattos; Hamburger, 2004). Que não pretendemos discutir e nem resolver, apenas apresentar em termos gerais como um exemplo de um problema ID no Ensino de Física e que gera a necessidade de outros saberes. Eis a descrição do problema:

Um ser cujas faculdades são tão refinadas que pode seguir o percurso de cada molécula e está habilitado a fazer o que para nós ainda é impossível [...] vamos supor que um recipiente esteja dividido em duas partes A e B, por uma pequena parede, na qual há um pequeno buraco, e que um ser que pode ver moléculas individualmente, abre e fecha esse buraco, de maneira a permitir apenas que as moléculas mais rápidas passem de A para B e que as mais lentas passem de B para A. Esse ser, sem realizar trabalho algum, aumentará a temperatura de B e diminuirá a de A, em contradição com a segunda lei da termodinâmica. (Maxwell, 1871, p. 328-329, *apud*, Mattos; Hamburger, 2004, p. 479).

Assim, J. C. Maxwell (1831-1879) fez um experimento mental que quis verificar os limites da Segunda Lei da Termodinâmica já que se isso fosse verdade a entropia que sempre aumenta estaria diminuindo, é como se o calor estivesse sendo passado do corpo mais frio para o mais quente o que parece violar as leis da Física. Como dissemos, não temos a pretensão de resolver o problema e nem de matematizar, pois isso já está feito no trabalho, o que queremos abordar aqui é que para que o “Demônio” pudesse violar a Segunda Lei da Termodinâmica ele teria que possuir informações sobre o sistema de cada uma das partículas de modo a separá-las e guiá-las ao orifício, isso custaria energia em forma de informação que poderia ser lida como 1 bitcoin, cerca de $0,7k$ (k = cte de Boltzmann) ou $k \cdot \ln(2)$, (Mattos; Hamburger, 2004, p. 484), mostrando que para inverter a Segunda Lei da Termodinâmica geraria custo energético por conta da informação obtida pelo “Demônio”. Um problema além de ID, também filosófico.

Ora isso gera uma nova área de pesquisa chamada de Termodinâmica da Computação, assim o referido artigo cumpre o papel de apresentar uma ferramenta que obrigue a própria Física a ser ID no ensino. De forma bastante similar, também fez o

Feynman (2008) em Lições de Física no cap-3: a relação da Física com as outras disciplinas (Química, Biologia, Astronomia, Geologia e Psicologia), ao mostrar que um axioma da Física (a de que tudo que é material é feito de átomo) está relacionado a estes campos citados partindo exatamente do mesmo axioma. Ao professor de Física esse exemplo também serve como objetivos didáticos para incentivar a ID no ensino, isto é útil. Não cabe aqui discutir e analisar cada uma destas ID, mas que o exemplo como aplicação também é válido para não ficarmos só na teoria ID sem apresentar nenhum exemplo.

Por fim, vamos tratar de um outro recurso de forma breve, o da Epistemologia Histórica de G. Bachelard vista em Japiassu (1986). Essa epistemologia pertence à tradição da FC continental. No ensino de Física ela pode nos ajudar pois suas questões são do tipo: Qual tipo de Filosofia a Ciência merece? O que é a Ciência? Quais são seus métodos? Ela traz felicidade? Ela aliena o homem? Como visto em Japiassu (1986), o autor nos atenta que fazer ciência é bem difícil, o homem de ciência a faz, mas não a compreende em princípios.

Já o homem de vida comum se sente humilhado por não compreender a grandiosidade do fascínio da ciência que ele julga ser poderoso e que por isso mesmo o cativa. Este por está longe do convívio e do fazer científico acaba por achar que seus fazeres “são mais ou menos esotéricos, que se divulga em publicações onde se encontra uma mescla de magia, de pseudociência e de charlatanismo” (Japiassu, 1986, p. 64).

A epistemologia da recorrência histórica se preocupa com os valores do fazer científico atribuindo-lhe significados, uma ciência que se funda na ética. Nessa epistemologia é buscado um lugar para a filosofia dentro da própria ciência em que este lugar consiste em produzir uma epistemologia que questione a própria epistemologia, assim a preocupação de autores como Bachelard e Canguilhem segundo (Japiassu, 1986) produziram uma filosofia da história das ciências. Assim é que Bachelard produz sua epistemologia em oposição a Augusto Comte que quis isolar o fazer científico do cultural, econômico, ideológico e histórico, Japiassu (1986).

Assim, segundo Japiassu (1986), diz que Bachelard nos diz que a única epistemologia das ciências puras e das empírico-formais é a história das ciências tipicamente problematizadas, a epistemologia histórica que dá valor ao erro no processo de produção científico. O que choca frontalmente com os princípios do Ensino de Física positivista que são:

1) As únicas verdades do mundo são as científicas; 2) Juízos filosóficos e teológicos bem como metafísicos não possui o menor valor; 3) O que importa não é o porquê das ciências, mas o como fazer para poder dominar a natureza; 4) A Ciência vai “salvar” o mundo pela ordem e pelo progresso (Japiassu, 1986, p. 67).

Bem, se assim o for, todo este trabalho perde o sentido, pois a ID entre Física e Filosofia segundo as teses do positivismo não passa de um grande “besteirol”, posicionamento petulante e arrogante que empaca a construção de novos conhecimentos contra paradigmáticos, novos métodos de pesquisa e novas metodologias ID de Ensino de Ciências, no nosso caso de Ensino de Física já que a ID se desdobra em várias dimensões, Lenoir (2008).

Além disso, por conta de sua formação Transdisciplinar, G. Bachelard retira da poesia uma noção de tempo de que somos um breve instante e morremos a cada instante, mas que fica em nós gravados na memória os nossos saberes, isso abre uma dimensão não só político, social e econômica, mas também existencial do fazer científico que há muito fora abandonada pelo positivismo castrador. Sua epistemologia histórica e pedagógica duplamente uma por razão e outra por imaginação, a epistemologia do homem complexo de dia cientista e de noite poeta (Japiassu, 1986).

Assim, sua epistemologia pode servir ao ensino didático de Física resumido em 3 postulados:

1. Não existem verdades primeiras, o que existe são erros primeiros. Daí que todo conhecimento científico objetivo se fez sob um fundo de erros, pois é preciso errar para se atingir os fins. Um conhecimento só se faz conhecimento quando as polêmicas a seu respeito forem resolvidas, já que a experiência para Bachelard é a lembrança das retificações dos erros;
2. Valorização da intuição que quando aparece à consciência, nos traz dados que são reencontrados como uma norma de confirmação;
3. Por fim, não menos importante, é que a compreensão do complexo, digo do real, se organiza na medida em que a necessidade se organiza, nosso pensamento vai ao real, não parte dele, isso parece estar de acordo com o postulado de E. Husserl de que consciência é intencionalidade. O que está de acordo com (Sassure), pois o real nunca nos interroga, nós é que vamos até a ele e o interrogamos (Japiassu, 1986, p. 80-81).

Por fim, tentamos mostrar que a FC pode ser útil ao Ensino de Física através da aplicação da Física pela própria FF que se divide também em continental e analítica. As abordagens tanto do campo da linguagem como do campo da epistemologia poderiam ser diversas, o que dá pano para outros artigos. No entanto, focalizamos aqui em Da Costa e

em Bachelard com o intuito de fornecer caminhos para a ID no Ensino de Física, não conseguimos avançar para a TRANS, o que pode ser tema de trabalhos futuros.

4. Considerações finais

O presente artigo teve por objetivo fazer um percurso histórico do termo Interdisciplinaridade (ID), solidificar seu significado e ampliar para uma Pedagogia ID guiada por uma didática no Ensino de Física através da Filosofia da Física (FF). Constatou-se que a palavra Interdisciplinaridade vem sendo esvaziada e banalizada e que nos termos atuais já foi substituída pela BNCC de 2017 por termos como Intercurricularidade e o termo Disciplina foi alterado pelo Componente Curricular, pois isso alarga o escopo da teoria já que mais de um tema pode ser trabalhado dentro de uma mesma componente curricular.

Ainda sobre os antigos termos, quando não, vinham por vezes, sendo usados de forma errada. A ID tem diversos aspectos e finalidades e é um paradigma da contemporaneidade. De modo que a FF é uma área da Física aplicada que possui ID entre Física e Filosofia, que se aliada ao Ensino de Física favorece a alfabetização científica, o letramento, a formação cultural e o pensamento crítico reflexivo.

Inicialmente vimos que a ID não é um termo que possui uma definição consensual, mas também se constatou que este termo tem ganhado cada vez mais espaço dentro da literatura especializada. É importante fazer esse percurso para que o termo não seja banalizado. Este termo não pode ser esvaziado, por isso carece de ser colocado no espaço e no tempo. Além disso, ele é muito mais profundo do que simplesmente a junção entre disciplinas que não se conversam, antes disso ele é uma atitude de pesquisa, ensino, metodologia. Essa atitude é capaz de expandir a visão geral do objeto de pesquisa e do objeto do conhecimento no geral.

É importante recuperar não apenas o percurso histórico dessa palavra bem como a sua etimologia para encher de sentido o que não pode ser esvaziado. Para além disso, é de fundamental importância que haja uma discriminação entre os termos disciplina, Interdisciplinaridade, Transdisciplinaridade e Multidisciplinaridade. A ID e a Trans se diferenciam por que a primeira destas relaciona diferentes saberes acadêmicos através de axiomas comuns e a segunda destas além de relacionar os conhecimentos acadêmicos entre si, também relaciona estes com outros tipos de saberes não acadêmicos.

Desta forma, uma pedagogia ID é necessária para uma didática também ID cabendo à trabalhos futuros investigar também uma avaliação ID. Uma didática do Ensino de Física que se alie a HC, Natureza da Ciência (NdC), FC, Epistemologia da Ciência no Ensino de Física pode desenvolver uma visão mais holística e mais sólida na formação do Ensino de Física no geral, bem como contribui para a pesquisa, pois a triangulação de dados possui uma natureza de dimensão ID.

A FF, seja analítica ou continental contribui para a criação de novas teorias no âmbito da pesquisa, bem como potencializa a aprendizagem no Ensino de Física através de uma didática ID. A FF analítica contribui mais para a formação do sujeito cognoscente do conhecimento, já a epistemologia da ciência feita de forma holística que valoriza o erro, a história, fatores sociais e econômicos acabam por valorizar a cultura científica e contribui sim para a formação de uma cultura científica. Na medida que entendemos que para uma cultura científica seja formada é preciso recorrer à complexidade do mundo, evocando assim as dimensões (alfabetização científica, letramento científico e formação cultural) da alfabetização científica no auxílio do Ensino de Física.

Por fim, os exemplos de autores como Da Costa citados por Krause (2009), Feynman (2010) e Bachelard (Japiassu, 1986), mesmo que distintos e totalmente independentes, nos mostram que é possível sim um Ensino de Física ID e também TRANS, embora este último caso tenha sido muito pouco trabalhado. Não foi possível esgotar o assunto, no entanto, é possível que futuramente seja explorado outras análises de analíticas de outros autores que foram somente citados, bem como epistemologias de alguns outros.

Para cada um destes daria ao menos um artigo. É possível que o paradigma emergente da educação seja contemplado ao Ensino de Física sem a ‘destruição’ das disciplinas, antes devemos partir delas. Por fim, em futuros trabalhos visamos investigar grandes temas como o do agnosticismo versus religião, que nada mais é que uma TRANS entre Ciência e Religião, bem como o dogmatismo e o cientificismo, continuidade e descontinuidade na ciência, demarcação da ciência, o problema da completude, discussão sobre espaço e tempo na FF e a discussão filosófica da microfísica entre outros grandes temas específicos e a lógica da ciência na FC.

5. Referências Bibliográficas

BROUSSEAU, G. **Théorie des situations didactiques**. Grenoble, La Pensée Sauvage, 1998.

CHEVALLARD, Y. La **Transposición Didáctica**: del saber sabio al saber enseñado. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991.

FAZENDA, I. C. A. Aquisição de uma formação Interdisciplinar de professores. In: FAZENDA (Org). **Didática e Interdisciplinaridade**. Campinas: Editora Papirus, 13º ed, 2008, p. 07-11.

FEYNMAN, R, P. **Lições de Física** vol 01. Porto Alegre: Editora Bookman, 2008.

FRANCISCO JR, W. E. Educação Anti-Racista: Reflexões e contribuições possíveis do Ensino de Ciências e de alguns pensadores. **Ciência & Educação**, São Paulo: Bauru, v. 14, n. 03, 2008, p. 397-416.

FREITAG, B. **A Teoria Crítica ontem e hoje**. 2 ed., São Paulo: Editora Brasiliense, 1988.

GENOVESE, C. L. C. R; GENOVESE, L. G. R; CARVALHO, W. L. P. Questões Sócio Científicas, origens, características, perspectiva e possibilidades de implementação no Ensino de Ciências a partir dos anos iniciais do Ensino Fundamental. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Unigranrio, v. 5, n. 34, jul./dez 2019. p. 5-17.

GIROUX, H. **Teoria Crítica e resistência na Educação**. 1 ed., Editora Vozes. Rio de Janeiro: Petrópolis, 1986, p. 09.

HUSSERL. E. **Investigações Lógicas - Sexta investigação**: Elementos de uma elucidação Fenomenológica do conhecimento. Livro, 1. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1988, p. VII.

JAPIASSU, H. F. **Introdução ao pensamento Epistemológico**. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves Editora S.A, 1986.

KRAUSE, D. Newton Da Costa e a Filosofia da Quase-Verdade. **Epistemology and Logic Research Group**, Santa Catarina, 2009, v. 13, n. 2, p. 105-28,.

LEIS, H, R. Sobre o conceito de interdisciplinaridade. **Caderno de pesquisas interdisciplinares em ciências humanas**, Santa Catarina, v. X, n. 73 p. 1-23, ago. 2005.

LEITE, J de C. CARMO, T do. Metodologia Mista. In: Júnior C, A de O, M; Batista M, C (Orgs). **Metodologia da Pesquisa em Educação em Ensino de Ciências**. Ponta Grossa: Editora Atena. 2023, p. 31-38.

LENOIR, Y. Didática e Interdisciplinaridade: Uma complementaridade necessária. In: FAZENDA (Org): **Didática e Interdisciplinaridade**.Campinas: Editora Papirus, 2008, p. 32-45.

LOPES, A, R, C. **Conhecimento Escolar**: Ciência e Cotidiano. Editora: EdUERJ, 1º ed. Rio de Janeiro, 1999, p. 236.

MARCONDES, D. Duas concepções de análise de desenvolvimento da Filosofia Analítica. In: CARVALHO (Org). **Paradigmas Filosóficos da atualidade**. Campinas: Editora Papirus, 1989, p. 11-38.

MATALLO JR. Considerações sobre Dialética. In: CARVALHO (Org). **Paradigmas Filosóficos da atualidade**. Campinas: Editora Papirus, 1989, p. 187-202.

MATTOS, C; HAMBURGER, A. I. História da Ciência Interdisciplinaridade no Ensino de Física: O problema do demônio de Maxwell. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 477-490, 2004.

MELLO, L. A. A Teoria da Transposição Didática de Chevallard, Izquierdo e de Mello (CHIM). **Riufs**, 2019, p. Link: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/12216>. Acessado em: junho, 22.06.23 às 03:54h.

MORIN, E. **Os sete Saberes necessários à Educação do futuro**. 6. ed. Brasília: Editora Cortez, 2002, p.116.

OLIVEIRA; SILVA. Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino. In: Peduzzi, et al (Org). **Editora da UFRN**. Rio Grande do Norte. 2012. Cap II. Pág. 65-84.

OLIVEIRA, L, M, S, R. MOREIRA, M, B. Da disciplinaridade à Interdisciplinaridade: Um caminho a ser percorrido pela academia. **REVASF**, Petrolina, v. 7, n. 12, p. 6-20, abr. 2017.

PHILIPPI JR, A. *et al*. **Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais**. 1. ed. São Paulo: Signus Editora, 2000.

SANTOS. G. Interdisciplinaridade: **concepções e práticas de docentes em um instituto da Universidade Federal da Bahia**. 2019. 103 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Interdisciplinares sobre a Universidade) – Instituto de Humanidades, Artes e Ciências Professor Milton Santos, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SILVA, Erivanildo Lopes da. **Contribuições da elaboração de sequências de ensino aprendizagem tratando das tendências interdisciplinaridade, cotidiano e história da ciência no âmbito da formação de professores da Universidade Federal de Sergipe**. 2014. 184f. Tese (Doutorado em em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências do Instituto de Física, Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, 2014.

SILVA, B da. TAVARES, O, A de O. Uma Pedagogia Multidisciplinar, Interdisciplinar e Transdisciplinar para o Ensino/Aprendizagem da Física. **HOLOS**, Natal, vol. 1, n. X, p. 4-12, mayo. 2005.

SOMMERMAN, A. **A interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade como novas formas de conhecimento para a articulação de saberes no contexto da ciência e do conhecimento em geral**: contribuição para os campos da educação, da saúde e do meio ambiente. Salvador 2012, 1305f. Tese (Doutorado Multidisciplinar e Multi-institucional em Difusão do Conhecimento), Universidade Federal da Bahia (UFBA).

TEXEIRA, *et al*. Uma breve revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. In: Peduzzi, *et al* (Orgs). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Rio Grande do Norte: Editora da UFRN, 2012. p. 09-40.

Enviado em: 12 de julho de 2023

Aceito em: 12 de agosto de 2024