

DOUTORADO

GUSTAVO AFFONSO DE PAULA

**ANÁLISE DE DISCURSOS DE PROFESSORES DE
FÍSICA DO ENSINO MÉDIO SOBRE O USO DE
SIMULADORES**

2020



Estácio

Programa de Pós-Graduação em Educação

Universidade Estácio de Sá
Programa de Pós-Graduação em Educação

**ANÁLISE DE DISCURSOS DE PROFESSORES DE FÍSICA DO ENSINO
MÉDIO SOBRE O USO DE SIMULADORES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Estácio de Sá, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Educação.

Área de concentração: Educação e Cultura Contemporânea.

Orientador: **Professor Dr. Marcio Silveira Lemgruber**

Rio de Janeiro
2020

Espaço para a ficha catalográfica



Estácio

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO

A Tese

**ANÁLISE DE DISCURSOS DE PROFESSORES DE FÍSICA DO ENSINO
MÉDIO SOBRE O USO DE SIMULADORES**

elaborada por

GUSTAVO AFFONSO DE PAULA

e aprovada por todos os membros da Banca Examinadora foi aceita pelo Programa de Pós-Graduação como requisito parcial à obtenção do título de

DOUTOR EM EDUCAÇÃO

Rio de Janeiro, 17 de abril de 2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Silveira Lemgruber – Presidente
Universidade Estácio de Sá

Profa. Dra. Jaciara de Sá Carvalho
Universidade Estácio de Sá

Profa. Dra. Stella Maria Peixoto de Azevedo Pedrosa
Universidade Estácio de Sá

Profa. Dra. Giselle Martins dos Santos Ferreira
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Emanuel José Reis de Oliveira
Instituto Federal do Espírito Santo

DEDICATÓRIA

Dedico esta Tese aos meus filhos, Cecília e Samuel, e à minha leal companheira Melissa. Meu mais sincero amor e agradecimento por todo apoio durante a minha trajetória no doutorado.

AGRADECIMENTO

Aos meus pais, por todas as palavras de carinho e apoio; pela torcida e aconchego de sempre, muito obrigado!

Aos queridos Mark, Eliana e Fred pelo suporte em inúmeros finais de semana para minha produção e pelo incentivo constante.

Aos meus irmãos, muito obrigado pela preocupação e apoio.

À professora Ines Senra, que enquanto Gerente Acadêmica da Escola Sesc me incentivou na retomada da pesquisa.

Meu sincero agradecimento à Professora Cláudia Fadel, por viabilizar o financiamento deste projeto.

Obrigado ao Diretor da Escola Sesc, Luiz Fernando de Moraes Barros, por todo o suporte durante minha caminhada no doutorado, seu apoio foi fundamental!

Obrigado a todos os colegas de trabalho palavras de incentivo, vocês são incríveis! Mesmo sendo grato a todo corpo docente (que aprendo todos os dias!), os colegas Alex Dias, Carla Rênes, Fernanda Freitas e Milton Alves sempre fizeram a diferença com pequenas (e valiosas!) dicas. Muitíssimo obrigado!

Aos Professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Educação da UNESA, meu agradecimento e admiração. Aprendi muito com todos!

Deixo minha sincera admiração aos colegas de disciplina e grupos de estudo, agradeço por todas as trocas e discussões enriquecedoras (muitas vezes fora da Universidade, nos finais de semana...)

Ao meu orientador Márcio Lemgruber, minha imensa gratidão! Não tenho palavras para agradecer sua dedicação, compreensão e paciência diante de meus “perrengues” e dinâmica de vida. Sua postura de incentivo é uma inspiração na minha carreira docente. Muito, muito obrigado!

No “mundo real”, nenhum conhecimento ocorre com autonomia ou independência, exige-se interdependência.

(Attico Chassot)

RESUMO

Este estudo parte de questionamentos acerca do uso de simuladores no ensino de Física durante o Ensino Médio (EM). O ensino de Física normalmente desconsidera o contexto social e cultural e se fundamenta na resolução de exercícios e na interpretação matemática. Essas atividades didáticas, de resolução de exercícios, ocupam um grande número de horas das aulas e essa prática não tem garantido aos estudantes melhoria no desempenho ou a construção sólida de um conceito. Ainda sobre este segmento da educação básica, a prática experimental em Física é uma consagrada alternativa de construção de conceitos científicos nos espaços de aprendizagem, mas a presença desse tipo de metodologia ainda é pequena e, frequentemente, atrelada ao caráter alegórico ou de confirmação de leis já demonstradas de forma teórica. Por outro lado, a popularização de *tablets*, *smartphones* e computadores, proporcionou uma enorme disseminação de plataformas pedagógicas virtuais, os simuladores, com muitos professores e pesquisadores sugerindo a substituição de exercícios e recursos laboratoriais de Física por esses artefatos digitais. Tais questões tem gerado um grande apelo de aplicação dos simuladores no EM, trazendo esses novos recursos como uma alternativa para as lacunas apresentadas. Muitos dos argumentos de defesa são sustentados pela ideia de inovação e pela crença de que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) podem, por si só, promover avanços para a aprendizagem de Física. Mesmo sendo notório o surgimento de uma juventude mais alinhada com as tecnologias digitais, faltam apontamentos, inclusive na literatura, de desenvolvimento de habilidades e avanços reais na aprendizagem em Física pelo uso dos simuladores. Além disso, vale destacar que um estudante com muitas possibilidades para a informação não está necessariamente dialogando com os objetivos educacionais. A partir desse cenário, o estudo baseia-se em uma investigação que teve como objetivo geral explorar as concepções de profissionais atuantes no EM e suas práticas de ensino com simuladores. Os dados coletados foram esmiuçados com base em entrevistas semiestruturadas e organizados a partir de categorias, de acordo com a Análise de Conteúdo de Bardin. A fundamentação teórica também inclui literatura acerca do EM, ensino de Física e textos críticos da Tecnologia Educacional. Os achados das entrevistas indicam que tem havido um modesto impacto dessas tecnologias digitais nas estratégias docentes, e que a integração de novos artefatos tende a ser feita a partir de influências de práticas pedagógicas já estabelecidas. Assim, o trabalho procura contribuir nas questões mais sutis acerca da relação entre as TIC e as práticas de Física no EM, reiterando a necessidade de estudos que possam desafiar os discursos generalistas para a introdução dos simuladores nas aulas de Física.

Palavras-chave: Ensino Médio. Ensino de Física. Tecnologia de Informação e Comunicação. Práticas de Ensino. Simuladores.

ABSTRACT

This study initiates with questions regarding the use of simulators in the teaching of physics during high school. Physics teaching at this stage is usually based on solving exercises that disregard external influences and emphasize mathematical interpretation. Exercise solving activities take up a large number of class hours, and this practice does not guarantee students an improved performance or a solid concept building. Experimental practice in physics is a well-established alternative for the construction of scientific concepts in learning spaces. Experimental practices provide a full understanding, but the presence of such methodology in classrooms is still small and often linked to the allegorical or confirming character of laws already theoretically demonstrated. On the other hand, the popularization of digital artifacts, such as tablets, smartphones and computers, have provided a huge spread of virtual pedagogical platforms, simulators, often even advertising the replacement of physics laboratory resources and advances in the understanding of theoretical concepts. Such characteristics generate great application appeal in high schools and a portion of educators and researchers point out these new features as an alternative to the presented gaps. Many of the arguments to be defended are supported by the idea of innovation and the belief that Information and Communication Technologies can promote advances in the learning of physics. It is notorious that the youth is more allined with digital technologies, but the literature lacks notes that effectively show the development of skills and real learning advances in physics through the use of simulators. In addition, the students with mobiles are not necessarily dialoging with the school's intentions. Thus, the study is based on an investigation that aims to explore the conceptions of professionals working in high schools and their teaching practices with simulators. The data collected was retained on semi-structured interviews and also organized according to the Bardin Content Analysis. The theoretical foundation also includes literature about high schools, physics teaching and critical texts of Educational Technology. The findings of the interviews indicate that there has been a modest impact of these digital technologies on teaching strategies. The integration of new artifacts tends to be done as a continuity of established pedagogical practices. Thus, the work contributes to the subtler questions about the relationship between technology and the teaching practices of physics. This brings up the need for empirical studies that can challenge generalist discourses for the introduction of simulators in physics classes.

Keywords: High School. Physics teaching. Information and Communication Technology. Teaching Practices. Simulators

LISTAS

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração retirada de trabalho da disciplina Docência com Tecnologia	16
Figura 2 – Imagem do perfil da missão Rosetta no Instagram	18
Figura 3 – Gráfico sobre engajamento de estudantes da educação básica americana ao longo dos anos	20
Figura 4 – Imagem de uma simulação na plataforma <i>PhET Colorado</i>	48
Figura 5 – Imagem da modelagem de um esquema de espelhos planos com o simulador <i>Modellus</i>	49
Figura 6 – Imagem do simulador <i>Geogebra</i> em um problema sobre pêndulo simples	49
Figura 7 – Imagem do programa Tracker com uma análise de movimento	50
Figura 8 – Sequência do filme PSSC Introduction to Optics	67
Figura 9 – Nós criados no software NVivo	80
Figura 10 – Plano de aula de eletrodinâmica para atividade com o simulador disponibilizado pela plataforma do <i>PhET Colorado</i>	140
Figura 11 – Visão geral da aplicação da simulação	141
Figura 12 – Aplicação da simulação em sala de aula	142
Figura 13 – Visão da aula aplicando uma simulação de circuitos elétricos	143

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Informativo sobre as principais atividades dos jovens na internet	26
Tabela 2 – Apontamentos sobre o ensino de Ciências no Século XXI	55
Tabela 3 – Evolução das matrículas no ensino médio regular brasileiro no período de 1991 a 2016	60
Tabela 4 – Comparação entre a demanda estimada de professores e concluintes de licenciatura no período de 1990 a 2010	60
Tabela 5 – Tempo de atuação no ensino médio e formação de cada entrevistado	75
Tabela 6 – Códigos utilizados e suas descrições para unidade de codificação	79

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular.

EM – Ensino Médio.

ENEM – Exame Nacional de Ensino Médio.

EOL – Projeto Educação On Line.

GeoGebra – Aplicativo de matemática dinâmica que combina conceitos de geometria e álgebra.

MEC – Ministério da Educação.

PhET Colorado – Physics Education Technology of Colorado University (Simulações Interativas da Universidade de Colorado).

PROINFE – Programa Nacional de Informática Educativa.

PROINFO – Programa Nacional de Informática na Educação.

SEMTEC – Secretaria de Educação Média e Tecnológica.

TIC – Tecnologia de Informação e Comunicação.

Tracker – Software de análise de movimentos.

UCA – Programa Um Computador por Aluno.

UNESA – Universidade Estácio de Sá.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	13
INTRODUÇÃO	16
1 REVOLUÇÃO DIGITAL E OS AMBIENTES ESCOLARES	22
1.1 Desafios e possibilidades para a “Juventude Digital”	22
1.2 A escola na revolução digital	29
1.3 Histórico da tecnologia educacional no Brasil	35
2. O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO DO SÉCULO XXI	40
2.1 O Simulador como solução?	40
2.2 Simuladores no ensino de Física	45
2.3 O Ensino Médio no Século XXI	56
2.4 A cultura do ensino de Física no Brasil	65
3 METODOLOGIA	74
3.1 Os entrevistados	74
3.2 Métodos	75
3.3 Análise de Conteúdo: Categorias	80
3.3.1 Formação inicial e continuada para as TIC	80
3.3.2 Objetivos da escola	90
3.3.3 Relação dos simuladores com as práticas experimentais	101
3.3.4 Simulação como ferramenta	111
3.3.5 Afinidade por questões geracionais	118
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
ANEXO A	140
ANEXO B	141
ANEXO C	142
ANEXO D	143
ANEXO E	144

APRESENTAÇÃO

Comecei minha trajetória como professor de Física durante o curso de graduação na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, no final dos anos de 1990, em preparatórios e monitorias em diversos níveis. Mas, apesar de estar atuando no ensino de Física desde este período, minha primeira turma regular de Ensino Médio (EM) foi no início do ano de 2003. Desde esse período, tenho dedicado minha carreira majoritariamente a este segmento de ensino. Lecionei por alguns anos na rede estadual do Rio de Janeiro, na rede federal como professor substituto e em instituições privadas. Em 2009, iniciei um vínculo de dedicação exclusiva na Escola Sesc de Ensino Médio e, justamente a partir deste período, mergulhei com maior complexidade na educação básica e também senti o anseio de desenvolver uma pesquisa na área de Educação.

Em 2018, tive a oportunidade de ser cedido para a Gerência de Educação do Departamento Nacional do Sesc como Coordenador de Área, cargo que ainda ocupo. Desde então, conheci escolas do “Sistema S” em diversos estados brasileiros e interagi com professores talentosos e motivadores, mas não posso negar que também observei inúmeras lacunas da educação básica no Brasil. Percebi a carência de profissionais habilitados em Física no interior do país, a dificuldade de oferecer internet para a comunidade escolar, mesmo com orçamento previsto para infraestrutura, a força do livro didático na cultura escolar brasileira e a longa jornada de trabalho de muitos companheiros.

Retomando a minha formação, cursei o mestrado na área da Física Experimental e iniciei o curso de doutorado com um sentimento de estrangeiro descobrindo novas terras. Vinha de uma cultura acadêmica recheada de “entende-se”, “verifica-se”, “apontamentos exatos” e mudei para a análise de alguns textos tratados em primeira pessoa, onde, em muitos momentos, torna-se mais explícita a falta de neutralidade.

De certa forma, eu já tinha uma expectativa sobre esse formato subjetivo durante a construção do meu anteprojeto sobre artefatos tecnológicos no ensino. Eu não poderia ser isento diante do acréscimo de possibilidades que a internet proporcionou aos processos educacionais. Cursei a graduação sem a potência da ferramenta *Google*, mas hoje sou questionado inúmeras vezes por meus estudantes que sacam seus celulares com a certeza de que as respostas estão na rede.

Isso porque mesmo a instituição escolar apresentando ranços do passado (formação de uma elite intelectual, formato expositivo, poucos espaços de criatividade...), os elementos da

revolução digital chegaram até estes ambientes. Tenho forte recordação dos meus primeiros anos de magistério com diretores e coordenadores citando leis que proibiam o uso de celulares, jogos e demais artefatos na sala de aula. Mas, no mesmo período, também tenho a lembrança de uma O que assisti no Cap-Uerj sobre atividades de Geometria utilizando a câmera do celular. Naquele momento, comecei a entender, mesmo que de uma forma superficial, que uma mudança já estava encaminhada.

Também vi, ao longo dos anos, o crescente descontentamento dos jovens do ensino médio com as operações dos exercícios de Física. Mesmo trazendo o ímpeto de uma formação libertadora e dialógica, nunca abandonei integralmente os exercícios de vestibulares que fazem parte do acordo da Física do nível médio.

Assim, minha questão de investigação vem sendo construída ao longo da minha formação acadêmica e experiência profissional, com reflexões e questionamentos que passam, obrigatoriamente, pelo meu fazer pedagógico. E, nesse caminho, me deparo até hoje com um universo de entendimentos e opiniões sobre a relação do ensino com a tecnologia. E um fato nunca mudou sobre essa questão: os desafios são enormes! De uma forma geral, existe uma expectativa que os espaços formais de educação ultrapassem os limites de preparação técnica e possibilitem o surgimento de um cidadão criativo, capaz de se apropriar do saber em qualquer fase de sua vida. E seria incorreto não analisar o peso das tecnologias nesse cenário.

Mas a insistência em um o discurso de um “deus salvador tecnológico para a educação”, ainda vem ganhando muitos adeptos entre mídia, publicações especializadas, pais, alunos e professores sem, aparentemente, uma reflexão mais aprofundada sobre o tema. Atrevo-me a dizer que uma grande parcela da população acredita fielmente que seu filho liga o aplicativo do celular por processos de evolução genética e, seguindo essa lógica, os artefatos digitais seriam ferramentas mais completas para a prática pedagógica.

Caso esse caminho seja real, de uma geração com forte afinidade para os artefatos digitais, estaríamos diante de uma bifurcação que apontaria para o caminho da tecnologia digital como um elemento de libertação, atendendo às liberdades individuais e respeitando as sutilezas da humanidade, ou para o caminho pessimista de uma geração controlada por máquinas, tal como retratado nas obras de ficção *1984*, de George Orwell, e *Metrópolis*, de Fritz Lang, onde a tecnologia vigia e divide a sociedade.

E entre esse embate da cultura digital, instituições escolares, gestores e governantes, está o professor. Sobre este personagem recaem elementos clássicos, tais como o conflito de gerações, o esvaziamento do poder do docente na sociedade e o seu deslocamento para uma

função de expositor de conteúdos. E diante das necessidades da educação, esse profissional pode estar entre a imposição de se submeter ao modelo de comunicação digital, ou a repetição de uma prática fordista, sem um momento de crítica.

Nesta pesquisa, pretendi mergulhar no universo do uso dos recursos tecnológicos digitais e a cultura de ensino de Física para o EM. A oferta de dispositivos e aplicativos disponíveis aumentou exponencialmente em um curto intervalo de tempo. Recursos para a aquisição de vídeos, editores e aplicativos para gamificação de aulas, são cada vez mais populares. Mas, como meu recorte possui uma especificidade para o ensino de Física, centralizei o trabalho nos simuladores que tratam de fenômenos físicos para estudantes do EM. Esses recursos apresentam forte apelo pela disponibilidade em repositórios virtuais, aspectos lúdicos e gratuidade.

Considero que, a partir dessas observações, torna-se urgente um levantamento da relação entre a aplicação de artefatos digitais e a prática de ensino de professores de Física da educação básica. Em um primeiro momento da pesquisa, lancei-me sobre a cultura de ensinar Física e leituras críticas sobre o uso de tecnologias em ambientes educacionais. Utilizei esse material para a sistematizar entrevistas focais e explorar a relação de professores de Física com a tecnologia aplicada em suas experiências no EM, analisando suas opiniões e comparando com a literatura especializada da área.

INTRODUÇÃO

Há muitas dúvidas entre professores sobre como lidar com as novas tecnologias dentro da sala de aula. Alguns adotam como método a pura e simples proibição dos celulares, sustentados por orientações institucionais; outros argumentam que essas tecnologias são propícias para estimular o aprendizado. No início da década, Matheus e Brito (2011) problematizavam sobre o crescente uso de celulares, e, em poucos anos, a quantidade de recursos eletrônicos e aplicativos cresceu exponencialmente. Não faz muito tempo, conheci escolas com projetores trancados e gestores escolares que conseguiam laboratórios de informática, mas, por algum motivo, não ofereciam esse recurso de portas abertas para seus estudantes. Assim, a existência de um artefato, tal como um projetor, não significa que esse aparelho esteja incorporado de forma orgânica na unidade escolar, uma vez que ele possa estar trancado e sem acesso facilitado para o usuário.

Também não é difícil perceber, que, na perspectiva desse gestor, essa postura seja compreensível, uma vez que são poucas as escolas com trâmites facilitados de aquisição e manutenção de equipamentos.

Figura 1 – A disponibilidade dos artefatos digitais ainda é uma barreira em muitas escolas.



Fonte: Disciplina Docência com Tecnologias – UNESA 2015.1.

A disponibilidade dos recursos, ou a falta dela, não significa o fim das controvérsias sobre esse tema no ambiente escolar. Existem muitos discursos que celebram a compra de equipamento por si só, como uma tábua salvadora de todas as demandas. Barreto (2002) diz que existe uma “aura de magia” que envolve as tecnologias e evidencia uma “fetichização”, da qual surge uma suposta capacidade de desencadear mudanças significativas no processo de ensino-aprendizagem, bem como de minimizar a lacuna entre as práticas escolares e as demais práticas sociais de docentes e discentes.

Certamente devemos manter uma margem para críticas e possibilidades, mas, diante desse dilema, surge a questão: estimular ou proibir?

Existem momentos pedagógicos em que sistematizar o foco e desenvolver a concentração é a atitude mais importante para um aprendiz, e, nesse sentido, vale deixar a internet e todos os processos de tecnologia digital envolvidos de uma forma periférica.

A internet é um espaço genial, mas não podemos desconsiderar que a maioria dos usuários não estão fazendo um uso criativo a partir dessas plataformas. Por outro lado, todas as tecnologias da informação e comunicação poderiam estar na escola, preferencialmente de forma integrada e com acesso facilitado para toda a comunidade escolar.

Mas, entra uma outra grande questão: a diferença entre a nossa sala de aula atual e o que ela poderia sonhar em ser. Hoje, o mundo exige protagonismo e autoria, mas o espaço escolar ainda encara o estudante como um ouvinte passivo.

Um aluno passa por uma sequência didática muito bem delimitada e rígida, e as relações interdisciplinares, por exemplo, que criam uma condição de aproximação da vida prática, ainda não são fomentadas nos espaços de aprendizagem.

Uma outra questão é que, em um mundo onde os estudantes de EM convivem com muito acesso às tecnologias, a nossa educação ainda discute a necessidade de um computador por aluno, por exemplo. É certo que esses jovens que possuem condição de acesso já são múltiplos em possibilidades, mas esses seriam os *nativos digitais*? A velocidade da comunicação viabilizou a opção de conteúdos por demanda para o usuário, o filme pode ser visto a qualquer momento e as músicas são escolhidas em *playlists* de sua preferência e no seu tempo, e, sem essa dinâmica nos espaços escolares, não é incomum o surgimento de uma ideia de inevitabilidade do uso das tecnologias. Como crítica a essa condição, podemos entender que

A ideia da inevitabilidade das tecnologias e sua presença maciça em ambientes extraescolares parecem ser a base prevalente de justificação de sua assimilação em contextos educacionais. Para atender essa inevitabilidade, é anunciada a urgência de se oferecer novas tecnologias às novas gerações e de “letrá-los” digitalmente, ao mesmo tempo em que se imagina uma geração de “nativos digitais” com fluência inata no uso de artefatos digitais (ainda que tal rótulo já tenha sido exaustivamente discutido e, predominantemente, abandonado na literatura internacional) (ROSADO; FERREIRA; CARVALHO, 2017, p. 238)

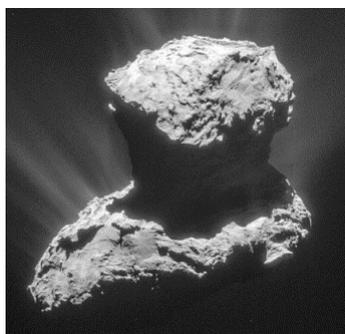
De certo, existe uma gama de entendimentos para a aplicação dos artefatos digitais. Para essa reflexão, questiono o trabalho de Silva (2011) que indica a capacidade de um poderoso recurso digital, a *realidade virtual ampliada*, como um elemento transformador da prática pedagógica. Esse autor afirma que:

os aplicativos de realidade virtual ampliada induzem os alunos a aprender de maneira curiosa e interessante. Futuramente isto poderá auxiliar o ensino a distância, possibilitando a simulação de uma sala de aula virtual e colaborativa onde o aluno poderá interagir com seus companheiros naturalmente, eliminando parcialmente a sensação de ensino a distância (SILVA, 2011, p.14)

Na minha percepção, essa aplicação anuncia uma diminuição do termo tecnologia, com uma perigosa crença de que a *realidade virtual ampliada* seria estimulante por si e capaz de gerar inúmeras habilidades no aprendiz. Se eu, como professor de Física, seguir essa lógica de ensino com tecnologia de *realidade virtual ampliada*, poderei lançar problemas de Mecânica Newtoniana, tais como pêndulos e planos inclinados, e todos os desafios de trigonometria e dinâmica serão superados com maior facilidade que a utilização de um recurso analógico, tal como um quadro negro. O fato é que a estratégia expositiva e passiva poderá ser a mesma com a interação de qualquer tecnologia.

Acredito que as condições oferecidas pela popularização dos computadores e celulares formem uma estrutura ímpar na história da humanidade. Canais institucionais das redes sociais divulgam, a cada segundo, imagens do limite da exploração espacial, por exemplo. No perfil institucional da missão Rosetta, da *NASA*, no *Instagram*, podemos acompanhar imagens de um cometa com atraso de poucas horas após a captação e tratamento da imagem. Além disso, vídeos de experiências de baixo custo são disponibilizados por jovens e artigos acadêmicos podem ser encontrados em segundos de pesquisa. A rede possibilita uma estrutura inacreditável de divulgação do conhecimento.

Figura 2 – Imagem do cometa 67P/C-G, que viaja entre as órbitas da Terra e de Júpiter, na conta da missão *Rosetta* na rede social Instagram.



Fonte: Perfil da missão Rosetta no Instagram.

Sem dúvida, os espaços formais podem “beber dessa água” para ampliação de estratégias na relação ensino-aprendizagem, com geração de hipóteses para solução de

problemas inesperados e trabalho cooperativo. Mas, sem um profissional de ensino crítico, a escola continuará sendo uma instituição de relação unilateral e efetivamente para poucos.

A escola não deve ser um ambiente de repetição, onde o estudante faça o que já sabe ou que venha a entregar o que já está pronto. Por exemplo, em um momento de tanta informação falsa, as *fake news*, o estudante deve aprender a discernir informações, interpretar mensagens nas redes sociais e saber selecionar alternativas.

Convergindo em uma pergunta central: Quais são os desafios da escola contemporânea? Talvez a resposta seja: fazer que cada aprendiz não seja somente mais um usuário.

Em um mundo extremamente complexo, com muitas questões e problemas a se resolver, precisamos tornar as pessoas cada vez mais atentas a essas transformações. A escola deveria ser a instituição preparada para criar espaços de protagonismo. É urgente repensar a missão da escola e, a partir disso, viabilizar uma nova “engenharia didática” baseada em práticas de ensino e aprendizagem mais adequadas às demandas de seu público.

Nós, professores, normalmente somos capturados pela forma que a escola funciona, a sua cultura. Julia (2012) entende a cultura escolar como um conjunto de normas que definem conhecimentos a ensinar e condutas a imprimir. Ela é um conjunto de práticas que permitem a transmissão desses conhecimentos e a incorporação de comportamentos que podem variar segundo as épocas (finalidades religiosas, sociopolíticas ou simplesmente de socialização).

A cultura da escola está alinhada a uma missão centrada em ensinar, ao invés de criar cenários de aprendizagem. O discurso defendido pela escola é o ensino, baseado na transmissão de códigos e linguagem da Física, Matemática e História. Uma renovação da nossa missão docente é um desafio! Construir esses cenários de aprendizagem, diariamente, não é uma missão fácil, por conta de uma cultura altamente estável, que, no caso do ensino de Física, no Brasil, foi construída a partir de meados do Século XX.

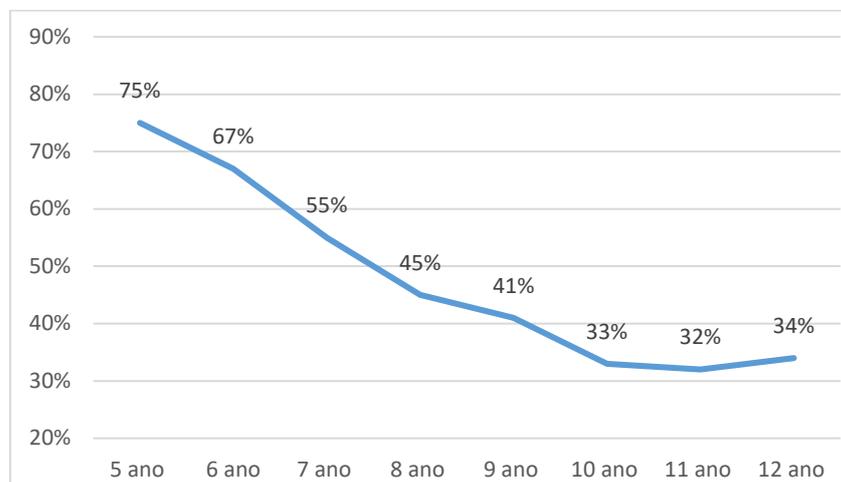
Hoje, o “ensinar” Física se sobrepõe ao “aprender” Física, ou mesmo o “investigar” através da Física. Para corroborar essa perspectiva, Sousa e Fávero (2012) destacam que os professores de Física se referem à habilidade de “resolver problemas” como uma característica essencial do bom aluno de Física.

Romper com essa cultura baseada em uma pedagogia de monólogo é o começo para uma virada na escola básica. A sociedade já paga um preço muito elevado com a continuidade dessa forma passiva de ação da escola, e esse prejuízo poderia ser contabilizado na falta de adesão e perda de capacidade criativa.

Brenneman (2016) apontou o decréscimo de engajamento, ao longo dos anos, em

escolas americanas e o resultado indica, com muita clareza, uma crise do envolvimento nos espaços escolares.

Figura 3 – Sentimento de engajamento de estudantes da educação básica americana ao longo dos anos.



Fonte: Brenneman (2016)

Esse resultado evidencia uma crise, até certo ponto, afetiva pela instituição escolar. E, apesar de ser um contexto diferente do brasileiro, tenho a mesma percepção como professor, da minha própria vida escolar, relatos de colegas e noticiários diários.

Dayrell (2007) afirma que, embora a escola brasileira esteja mais acessível para as camadas populares, ela ainda não se abriu verdadeiramente para receber esse público e não é capaz de estabelecer um verdadeiro diálogo com os sujeitos e sua realidade, resultando em uma falta de adesão.

No sentido de analisar essa falta de adesão, vale destacar que até a organização das salas reflete a construção de um alinhamento, onde, nos anos iniciais, as mesas facilitam o trabalho em grupo e as paredes são vitrines de sua produção. Com o avanço dos anos escolares, o que se verifica é um alinhamento na organização da sala e as paredes tomam função de controle espacial. A aprendizagem não é imersiva, pois fazê-la com a pressão do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) é um grande desafio.

Se é preciso modernizar a educação para termos a sala de aula que sonhamos, precisamos torná-la viva e atuante, e esse modelo para o sucesso não pode recusar a tecnologia digital quando necessária. Contudo, essa “mente pedagógica do Século XXI” precisa ponderar o uso das tecnologias digitais a partir dos objetivos estabelecidos.

Entendo que seja necessário um pensamento crítico para não colocarmos a temática da digitalização como a única alternativa que nos ofereça sucesso. Usando uma analogia, é

possível fazer uma bela refeição em um fogão a lenha. Se trocarmos a tecnologia do fogão, por equipamento elétrico, por exemplo, boa parte do resultado ainda dependerá das habilidades do cozinheiro. E claro, tratando de processos em escala, a tecnologia pode ser uma aliada na eficiência e disseminação de práticas. Mas existe um ponto anterior que, na minha opinião, deve estar mais explícito para essa analogia: o propósito de cozinhar.

As tecnologias educacionais, digitais ou analógicas, precisam ser pensadas em função do projeto de educação que se almeja, deve estar claro o propósito de um artefato no conjunto de ações. Esse propósito surge a partir de um entendimento coletivo, do qual a escola precisa se reunir para pensar a sociedade desejada e como incorporar essas tecnologias no currículo e prática pedagógica. Muitos autores, como Selwyn (2011), questionam a crença que a tecnologia tenha a capacidade de mudar a educação para melhor, contrariando muitos pressupostos acadêmicos de que as TIC estão alterando inevitavelmente a educação.

Tenho interesse sobre essas relações didáticas em contextos de uso de tecnologias digitais para aplicação em sala de aula. E, apesar de apresentar um panorama dos principais artefatos digitais para o ensino de Física, meu olhar não está exclusivamente ligado aos aspectos técnicos, mas a outros fatores que vão além das características dos recursos. Tenho a expectativas de conhecer as situações de uso e as alternativas de inovação para a Física do EM e buscar o propósito dos docentes entrevistados no uso pedagógico com simuladores.

Assim, este estudo empírico se propõe a contextualizar, dentro do ensino de Física, o debate sobre as tecnologias digitais aplicados na educação e contribuir para uma visão mais aproximada dentro dessa temática. Para isso, apresento uma perspectiva da relação entre tecnologias digitais, educação e Física na educação básica.

Dessa forma, a pesquisa foi estruturada da seguinte maneira: Os capítulos seguintes, 1 e 2, apresentam uma revisão da literatura que sustenta as análises conduzidas. No capítulo 1 são abordadas as relações das TIC com a educação. O capítulo 2 é um panorama do EM no Brasil e uma análise da relação de ensino e aprendizagem da Física na educação básica no cenário brasileiro. O capítulo 3 apresenta a metodologia, incluindo a descrição do campo, as técnicas para coleta e análise dos dados, e a apresentação dos dados. Por fim, os principais achados são discutidos e respondidos no capítulo 4.

1 A REVOLUÇÃO DIGITAL E OS AMBIENTES ESCOLARES

O capítulo atual trata de temáticas que ajudarão na análise dos dados das entrevistas. Essa etapa também cumpre a função de anunciar os pressupostos teóricos defendidos por essa tese. Primeiro, trazendo reflexões sobre a relação das TIC com o público do EM, jovens que vivem a “Era Digital” e principais tensões desse contexto e o entendimento de tecnologia. Em seguida, um apontamento sobre como as tecnologias promovem mudanças na educação. Por fim, uma abordagem dos referenciais que trazem o histórico de aplicação dos artefatos digitais nos espaços escolares brasileiros, com o objetivo de revelar a descontinuidade dos programas de fomento e colaborar para o entendimento de como ocorre a construção de uma cultura de interação dessas tecnologias nos espaços de aprendizagem.

1.1 Desafios e possibilidades para “Juventude Digital”

Compreender as TIC apenas pela perspectiva de operação de um artefato é uma análise tendenciosa e superficial. Os impactos das tecnologias nos processos educacionais necessitam de uma abordagem ampla, que relacione o papel da tecnologia com a sociedade atual. Assim, para uma análise do potencial pedagógico das TIC, torna-se necessário entendermos desde os processos dessa revolução digital, os impactos cotidianos na vida do cidadão e os desdobramentos na escola.

E são muitas as relações que modelam a percepção de solução através das TIC para um problema educacional. Nesse sentido, muitas justificativas são alinhadas através de fins geracionais, que indicam os jovens com características próprias para as tecnologias digitais e, supostamente, mais receptivos para essa interação nos processos de ensino-aprendizagem.

Também existem muitos discursos com uma defesa da aliança das TIC nas escolas motivada por outros interesses, tais como a expansão de mercado de equipamentos e *softwares* (também para esse público jovem) ou a solução imediata de problemas que, historicamente, desafiam a educação. Cuban (2001) aponta que essas alianças se congregam em torno de alguns objetivos: aumentar a eficiência da escola, torná-la mais produtiva, transformar o ensino e a aprendizagem em um processo envolvente, criar relações ativas de aprendizagem e preparar a juventude para os postos de trabalho do futuro.

Assim, a temática da “digitalização” tem surgido como uma alternativa para o sucesso, principalmente em referência a essa faixa etária. Dessa forma, o público do EM, que vive na íntegra uma revolução nas comunicações, normalmente é tratado como um “nativo digital”.

Entender a relação da revolução digital com o público da educação básica, é uma questão importante que perpassa, inclusive, à percepção dos docentes do EM.

Mas a correlação incondicional de afinidade desse público jovem com as tecnologias entra em contradição quando percebemos que a própria fronteira da juventude não está extremamente delineada. Dayrell (2007) afirma que a transição para a vida adulta se encontra cada vez mais fluida e indeterminada, fazendo com que os próprios marcadores de passagem para a vida adulta (terminar os estudos, trabalhar, casar, ter a própria casa e ter filhos) não ocorram em uma sequência lógica previsível ou mesmo com o avançar da idade.

Dayrell (2007) também indica que a constituição da condição juvenil vem ocorrendo de maneira cada vez mais complexa, com o jovem vivendo experiências variadas e, às vezes, contraditórias, pois são expostos a universos sociais diferenciados. Ou seja, os marcadores que definiram historicamente a mudança para a vida adulta foram ressignificados de forma que a trajetória de cada indivíduo possua uma variação com o seu contexto social. Diversos trabalhos (SPÓSITO, 1997; CARRANO, 2000; DAYRELL, 2003) apontam para a necessidade de problematizarmos os jovens e termos a compreensão da diversidade que constituem a categoria juventude. Portanto, o jovem constitui-se como um ator plural, resultado de experiências de socialização em contextos sociais múltiplos que expressam os mais diferentes modos de ser.

A revolução digital, que também permeia os ambientes escolares com a premissa de adesão juvenil, não deve ser entendida apenas pela perspectiva geracional. Inclusive porque os dilemas enfrentados pelas escolas são muitos e não se restringem ao EM. Krawczyk (2013) aponta para uma ampla crise de legitimidade de toda a escola básica e, retomando Dayrell (2007), essa crise surge como um reflexo das profundas mutações que vêm afetando as sociedades ocidentais e que interferem nas instituições e processos socializadores da educação.

Diante de um cenário complexo, e até certo ponto contraditório pela inegável inserção das tecnologias na vida cotidiana, percebemos que os elementos da tecnologia são relacionados ao público alvo do EM, mas ainda não alcançamos articulações efetivas entre a escola e o universo juvenil. Como exemplo, cito Odorico (2012) que investigou o uso de laboratórios de informática em escolas públicas. A pesquisadora indica que a inserção dos recursos computacionais no projeto pedagógico da escola, e o incentivo de apropriação da cultura digital por grande parte dos professores, é um enorme obstáculo.

Mesmo com esses apontamentos, os estereótipos de “Geração Digital”, “Geração Net” e “Geração X e Y”, ainda são frequentemente defendidos e desconsideram os recortes culturais, sociais, econômicos e políticos. Na literatura que trata sobre o tema, é possível encontrarmos

estudos sobre perfis estabelecidos quanto as interações com as tecnologias digitais. Dutra, Nakata e Veloso (2008) consideram a seguinte classificação: (a) baby boomers (nascidos até 1964); (b) geração X (nascidos entre 1965 e 1977); (c) geração Y (nascidos a partir de 1978).

Mas essas generalizações têm sido alvo de críticas justamente por relacionar de maneira determinística a relação humana com os elementos da revolução digital. Lemos (2012), aborda sobre a distinção geracional da seguinte forma:

Ainda que este conceito seja válido, indivíduos nascidos em um mesmo período são integrantes de um grupo geracional por compartilharem vivências históricas comuns, no entanto, as caracterizações que generalizam os valores, expectativas e sentimentos desses indivíduos são duvidosas. Por esse motivo, pesquisas no campo da sociologia e da antropologia tendem a utilizar o conceito de “juventudes”, por entender o caráter multifacetado desse grupo geracional. (LEMOS, 2012. P. 740)

Oliveira, Piccinini e Bittencourt (2012) também destacam que as diferenças sociais, econômicas, culturais, de gênero e de etnia tendem a ser ignoradas na maioria das caracterizações acerca dessas gerações.

Com o intuito de investigar essa afinidade geracional, Ferreira e Castiglione (2018) examinaram práticas e perspectivas de um grupo de jovens do EM sobre como aprendem com as TIC. O estudo, que analisou desenhos de jovens e sua relação com os artefatos digitais, revelou que quando os estudantes usam artefatos digitais que são aceitos em seu repertório de recursos para trabalhos escolares, esses jovens não apresentam usos surpreendentes a partir dessas tecnologias. Sobre esses dados, os pesquisadores ressaltam que

Nos usos das TIC representados pelos jovens autores em seus desenhos, identifica-se a presença ubíqua das plataformas de redes sociais como artefatos já integradas no repertório de recursos que usam para a aprendizagem. Entretanto, ainda que não se possa qualificar os participantes da pesquisa como passivos, pois o processo de recepção é complexo e consiste em objeto de estudo e debate que escapam ao âmbito da pesquisa aqui relatada, as ações retratadas nas imagens sugerem que esses jovens parecem posicionar-se, predominantemente, como receptores. (FERREIRA e CASTIGLIONE, 2018, p. 20).

Na contramão de uma afinidade juvenil incondicional com as TIC, existem indícios que os jovens são participantes que recebem informações nos processos de aprendizagem, com uso de artefatos digitais, através da mediação de elementos da cultura escolar sem esses artefatos. Neste sentido, os pesquisadores também apontam que:

Ainda que as TIC tenham um papel de centralidade no processo formativo dos jovens, com impacto ainda pouco compreendido, podem muito bem não ser mais do que meios para a articulação de aspectos culturais produzidos e compartilhados em

contextos que possuem especificidades próprias. A empiria tratada não aponta para exemplos de usos inusitados de artefatos digitais, ou seja, usos que fujam a expectativas associadas mesmo a tecnologias anteriores às digitais (por exemplo, o livro impresso e o telefone). Pelo contrário: sugerem uma apropriação de tais artefatos mediada por elementos de uma cultura escolar mais tradicional e hierarquizada. Reiteram-se, assim, limites da utilidade da categoria nativos digitais e de expectativas prometeicas descontextualizadas do potencial transformador das TIC (FERREIRA e CASTIGLIONE, 2018, p. 20).

Na multiplicidade vivida pelos jovens, no tocante à diversidade econômica, Sales (2014) afirma que as tecnologias digitais, apesar de possuírem grande relevância na vida contemporânea, não estão amplamente distribuídas na sociedade brasileira.

E, seguindo neste contexto, a Fundação Telefônica realizou a pesquisa Juventude Conectada (CONNECTADA, 2014), com o objetivo de entender o comportamento do jovem que atravessa a geração digital e as transformações geradas a partir desse contexto.

Os resultados apontaram que 60% das residências brasileiras não possuíam acesso à internet naquele ano, com indicativos de uma enorme assimetria de distribuição das tecnologias. Enquanto o Sudeste atingia um índice de 54,6% de domicílios com pelo menos um computador, o Norte tinha um índice de 35,3% das residências com pelo menos um deste aparelho. Segundo essa pesquisa, o telefone celular era usado por jovens de todas as classes socioeconômicas da seguinte maneira: A (86%), B (75%), C (69%) e D (54%). O estudo mostrou, ainda, o papel do aparelho celular para os jovens com as seguintes prioridades:

“ (a) um elemento que se integra com a aparência visual; (b) promove e possibilita desenvolver uma personalidade autônoma e independente; (c) é um mediador no processo de construção da própria imagem e (d) é um símbolo para a construção de identidades coletivas”. (CONNECTADA, 2014, p. 43).

O estudo também apontou as principais atividades desempenhadas pelo jovem internauta brasileiro, e a educação apareceu como a quarta prioridade para esse público. A tabela abaixo indica a ordem das principais atividades:

Tabela 1 – O que os jovens fazem na internet

	Atividade Desempenhada	Principal atividade para o jovem
1	Comunicação	37,3%
2	Lazer	29,6%
3	Busca por informações	28,7%
4	Educação e aprendizado	28,1%
5	Comércio eletrônico	8,1%

Fonte: CONECTADA, 2014

Além desses dados, destaca-se que apenas 35% tinham o hábito de verificar e-mails todos os dias e que 51% dos jovens nunca produziram conteúdo em blogs e websites.

Em um contexto geral, é notório o surgimento de uma juventude mais alinhada com as tecnologias digitais, mas não existe uma amostragem que aponte efetivamente o desenvolvimento de habilidades tecnológicas, diferenças cognitivas e de aprendizagem.

Parece pouco provável que essa revolução digital seja uniforme nos espaços educacionais que, por si só, apresentam uma multiplicidade no núcleo de sua estrutura. E retomando a diversidade no EM, Leão, Dayrell e Reis (2011) indicam que a ampliação do EM, a partir dos anos de 1990, potencializou o caráter heterogêneo desse segmento da educação básica. Os pesquisadores afirmam que o EM passou:

[...] a receber um contingente de alunos cada vez mais heterogêneo, marcado pelo contexto de uma sociedade desigual, com altos índices de pobreza e violência que delimitam os horizontes possíveis de ação dos jovens na sua relação com essa instituição. Os conflitos e contradições de uma estrutura social excludente se tornam mais explícitos em seu interior, interferindo nas suas trajetórias escolares e sentidos atribuídos a ela. Novos desafios se apresentam então à escola e seus profissionais. (LEÃO, DAYRELL e REIS, 2011, p. 255)

Neste *locus* de diversidade, o EM, um professor de Física que se dispõe à aplicação de simuladores deve compreender o cenário múltiplo de sua realidade. Assim, a inserção das tecnologias certamente é um dos elementos que desafiam a escola básica, mas não o único. Os jovens desse segmento também passam pela pressão das avaliações externas, e vale destacar que existe uma grande diferença entre instituições com foco na aferição do desempenho e outras com o objetivo no desenvolvimento de habilidades e competências. Sobre esse fato na educação básica, Machado e Alavarse (2015) destacam que

[...] a divulgação dos resultados da Prova Brasil e do Ideb tem possibilitado, aos meios jornalísticos, a divulgação das melhores (e conseqüentemente das piores!) escolas e sistemas do país em forma de ranking, corroborando uma cultura classificatória, inclusive, muito presente nas escolas. A nosso ver, essa apropriação dos dados, desatrelada de outras análises, é equivocada, pois impele as escolas e as redes à competição e não ao estudo minucioso da realidade educacional e suas dificuldades (MACHADO e ALAVARSE, 2015, p. 71).

Essa pressão midiática sobre o EM, e, conseqüentemente, sobre o seu público, também irá dialogar com a proposta pedagógica da instituição escolar e a forma de aplicação de sua instrumentação de ensino.

De uma forma geral, há um sentimento de que algo está dando errado no nosso sistema educacional. A escola, em tese, deveria preparar seu público para o mundo real. Mas as escolas não mudaram ao longo dos anos e continuam com uma concepção industrial. Mesmo sabendo que a educação não está à parte do rearranjo supervalorizado das novas tecnologias, precisamos emergir o espectro de questões sobre as relações das juventudes com as tecnologias digitais, além de uma visão mais abrangente e criticamente aprofundada a respeito da aplicação das tecnologias no contexto da educação.

E nesses discursos também surgem outros equívocos e contradições. Nessa linha, Veraszto et al (2009) apontam para a dificuldade da própria definição de tecnologia, e que hoje são verificadas diferentes conotações e interpretações para o termo. Eles indicam uma inabilidade das populações na percepção de que a tecnologia está estreitamente ligada à história da humanidade. Como uma concepção formal, os autores definem a tecnologia como um conceito prático derivado direta e exclusivamente do conhecimento teórico científico através de processos progressivos e acumulativos, onde teorias cada vez mais amplas substituem as anteriores.

Retomando a falta de percepção de uma construção histórica dos sujeitos tecnológicos, percebo que quando usamos a palavra “tecnologia”, nos aproximamos mentalmente “das digitais”. Mas os usuários de lápis, papel e caderno também tiveram que se compatibilizar com essas tecnologias em algum momento. Hoje, no aspecto geral, existe uma tendência da nossa sociedade a forçar uma maior adequação às tecnologias digitais em detrimento das analógicas. É bem verdade que os artefatos digitais compõem parte significativa da infraestrutura contemporânea e esse fato traz um grande impacto na vida cotidiana, mas, nas aplicações educacionais, essas fronteiras devem estar mais definidas.

Outra questão importante é o aspecto ambíguo no uso da tecnologia, tal como aponta Rüdiger (2003) sobre duas linhas de pensamento: uma otimista, visões ditas como “prometeicas”, defendida por aqueles que superestimaram as vantagens que a tecnologia

confere ao desenvolvimento humano e que, no caso dos simuladores para o ensino de Física, pode ser percebido como uma maneira de solucionar a carência de laboratórios. E os pessimistas, com visões “fáusticas”, aqueles que só enxergam os malefícios da tecnologia, os que entendem a adoção de simuladores virtuais apenas pela visão econômica ou de adesão por questões geracionais.

Ferraz (2000) não associa, de forma tão direta, “prometeicos” a otimistas e “fáusticos” com os pessimistas da tecnologia. A partir das reflexões do sociólogo português Hermínio Martins, que analisa a sociedade tecnológica contemporânea nas sociedades pós-industriais ocidentais, ela leva essas classificações de categorias ao destino que se pensa a tecnologia. Para esse sociólogo, prometeicos possuem um viés social do qual o desenvolvimento tecnológico, mesmo antes dos artefatos digitais, como os processos e industriais e a eletricidade, por exemplo, possuem a capacidade de melhorar a condição de vida humana. Já os fáusticos não são contra o uso da tecnologia, mas seria uma visão da tecnologia para seu empoderamento. Nesta perspectiva, a tecnociência não visaria apenas descrever uma visão de mundo, mas teria objetivo especificamente para fins de previsão e controle. Nesta perspectiva, mesmo posicionamentos muito dispares, como o Positivismo e o Marxismo, possuem a mesma visão de melhoria da vida alinhada com as ideias prometeicas, e relata a expansão da concepção fáustica na Alemanha da primeira metade do século XX:

A visão prometeica, que se estende de Augusto Comte, Charles Fourier e Saint-Simon ao Marxismo russo, aposta firmemente no aprimoramento tecnológico das condições de vida da espécie, considerando o melhoramento da condição humana como consequência necessária de domínio tecnológico da natureza. A concepção fáustica, que se expande na Alemanha da República de Weimar e do Terceiro Reich, pressupõe a prioridade ontológica da técnica sobre a ciência, dissociando os procedimentos científicos da busca da verdade ou do conhecimento da natureza íntima das coisas (Ferraz, 2000. Pág. 122).

De qualquer forma, a defesa dos simuladores de Física no EM, tem normalmente se aproximado de uma visão otimista. Ferreira e Castiglione (2018) destacam, para esse tipo de discurso, uma proliferação de rótulos que frequentemente são propostos como novidades ou soluções para problemas mal formulados ou apresentados sem especificidade.

Lemgruber e Ferreira (2018) também destacam contradições sobre o entendimento da tecnologia no contexto educacional, e que o termo “ferramenta” aparece repetidamente nos discursos acadêmicos e de *marketing* da tecnologia para sugerir a ideia da “tecnologia como ferramenta”. Sobre essa metáfora, e a complexidade no uso de artefatos digitais, os autores dizem que

Relatos de usos de artefatos digitais em contextos educacionais tendem a apresentar, com bastante frequência, “mais do mesmo”, ou seja, a mera substituição de *meios*: como as ferramentas de metal fundido substituíram as ferramentas de madeira utilizadas durante séculos, a planilha eletrônica substituiu a impressa, o processador de texto tornou obsoleta a velha máquina de escrever, os *slides* em *PowerPoint* substituíram as anotações no quadro-negro e os aplicativos CAD (*Computer Assisted Design*) tomaram o lugar do equipamento tradicional utilizado para compor o desenho técnico no papel. Isso reflete a enorme pressão, que ecoa, também, no próprio PNE 2014-2024, no sentido de se promover a *inovação*, compreendida como a inserção de *novas* tecnologias, sobretudo, digitais, em contextos de práticas tradicionais, em geral a partir da premissa ingênua de que a simples substituição de suportes será suficiente para engendrar mudanças mais profundas (Lemgrumber e Ferreira, 2018, p. 10).

O fato é que as tecnologias educacionais não são “ferramentas” neutras, mas estão intrinsecamente associadas a aspectos culturais, econômicos, sociais e políticos das sociedades. E as discussões acadêmicas a respeito da aplicação da tecnologia na educação, segundo Selwyn (2017), vão da aceitação desinteressada até a crença profundamente enraizada nas maravilhas e benefícios. E tal dualidade também é verificada nas entrevistas dos professores investigadas nesta tese. Assim como os discursos de inevitabilidade de uso, nos aspectos de eficácia, em que a tecnologia aumenta as possibilidades para estudantes, e nos discursos de inovação, do qual se confundem com inovações curriculares e de métodos. Para um panorama de tais questões, apresento, na sequência, algumas questões da revolução digital na instituição escolar.

1.2 A escola na revolução digital

A proliferação da informação é um fenômeno contemporâneo e um ponto central da vida moderna. Atualmente, são muitas fontes a partir de emissões particulares, compartilhamento e reconfigurações da informação. Esse ideal concebe a existência de uma organização de vida orientada pela racionalidade tecnocientífica.

A internet possibilitou uma conexão planetária em diversos formatos, desde textos, vídeos e fotos. Ou seja, temos uma amplitude muito maior que há poucas décadas, mas podemos perceber que as tecnologias são “inventadas” por uma demanda, e possuem uma proposta de uso. Por isso é importante ressaltar que essa conexão não significa o surgimento de um novo padrão igualitário para a humanidade. Canclini (2007) indica que:

A expansão mais ou menos uniforme e mundial de próteses tecnológicas (computadores e programas, telefones celulares, CDs, cartões de crédito) não elimina a diversidade das relações sociais entre as pessoas, destas com o conhecimento, com o dinheiro e com seu corpo. Sem dúvida, contribui para estabelecer relações entre os

estilos de vida e de representação da vida. Mas persistem as diferenças, as diferenças e as discrepâncias. Não só pela inércia de modos pré-informacionais e pré-globalizados de interação social, mas porque a terceira revolução industrial não substitui as anteriores. (CANCLINI, 2007, p. 241)

Para a descrição desses conjuntos de fenômenos tecnológicos contemporâneos, o termo *Cibercultura* tem sido amplamente usado. Na medida que ocorre uma capilarização desse uso de uma maneira muito rápida, não deixa de ser um fato que estamos introduzindo novos hábitos na cultura das pessoas. E sobre esse fenômeno, como posto anteriormente, Levy (1999) define *Cibercultura* como um conjunto de técnicas e práticas, associadas a atitudes e modos de pensamento, que desenvolvem valores juntamente com o crescimento do *Ciberespaço*. Ele complementa ainda que o *Ciberespaço* é a rede por onde circulam informações provenientes da conexão de computadores, onde se trabalha com interação e memória compartilhada, sendo a internet seu estado mais avançado. Assim, essa “Era da Informação” certamente constitui um novo momento histórico onde as relações se estabelecem também através da informação e capacidade de processamento.

Em outra vertente, Castells (2000) denomina esse mesmo fenômeno como “sociedade em rede”, que tem como lastro a apropriação da Internet e seus usos e aspectos completamente incorporados pelo sistema capitalista. Esses autores abordados, Castells e Lévy, seguem caminhos com diferentes características. Sobre essa diferenciação, Simões (2009) indica que Castells possui uma abordagem que se aproxima de um olhar marxista sobre a sociedade capitalista, enquanto Lévy segue com um pensamento mais alinhado com a antropologia. Mas, invariavelmente, existe uma intersecção dos autores acerca dos estudos das tecnologias de comunicação e que leva para uma conclusão primordial: não é possível ignorar o impacto dessas tecnologias para a vida em sociedade.

Assim, nessa cultura mediada pelas tecnologias digitais em rede, muitos dizem que as tecnologias digitais são as protagonistas, mas trata-se de todo um desenvolvimento científico, do próprio uso das tecnologias e o que a sociedade faz desses artefatos. Sobre a origem dessa cultura, Rüdiger (2011) aponta que durante a segunda metade do Século XX a sociedade entrou em um novo ciclo de desenvolvimento tecnológico, baseado na expansão dos maquinismos informáticos de processamento de dados e desenvolvimento de redes de comunicação. E, hoje, essas tecnologias digitais, além de formarem a base do sistema produtivos, impactaram os modos de gerar e compartilhar o conhecimento. Retomando Rüdiger, sobre a trajetória de surgimento dessa cultura, vemos que:

Em meados de 1990, a internet começou sua trajetória de popularização como plataforma de comunicação cotidiana. Mas tão relevante quanto sua apropriação ordinária, foi a exploração publicística e mercadológica que, dessa época em diante, de dentro e de fora do meio, a formatou para a sociedade. O aparecimento do que, daí então, foi passando a ser chamado de Cibercultura por vários comunicadores e intelectuais tem a ver com sobretudo com esta transformação dos novos aparatos de informação em recurso de uso extraordinário por parte de pessoas e instituições. O fato não deve nos fazer esquecer, porém, que os computadores e a internet são já, eles mesmos, efeitos do que, estrito senso, se pode chamar de Cibercultura (RÜDIGER, 2011, p. 7).

Portanto, é sensato entender que o aumento das conexões não significa que as diferenças ou desigualdades sejam eliminadas, mesmo com uma possibilidade de expansão do saber nessa nova cultura de informação.

Para a educação e conhecimento, essa oferta é um universo de oportunidades e desafios, e, justamente por isso, surge a dúvida se a escola participa de forma fluida do universo digital. Ferreira, Freitas e Moreira (2018) apontam que a crescente demanda pelo uso de artefatos digitais ignora a realidade do “chão da escola”, um ambiente marcado que obscurece questões sociais e políticas.

Entre tantas perguntas em aberto, e alternativas para o futuro escolar, Sibilia (2012) propõe em seu livro uma reflexão que simula a própria escola como uma tecnologia, um dispositivo ou uma ferramenta capaz de produzir algo. Sobre essa comparação, ela argumenta que

Não é muito difícil verificar que, aos poucos, essa aparelhagem (a escola) vai se tornando incompatível com os corpos e as subjetividades das crianças de hoje. A escola, então, seria uma máquina antiquada. Tanto seus componentes quanto seus modos de funcionamento já não entram facilmente em sintonia com os jovens do século XXI. (SIBILIA, 2012, p. 13).

Sobre essa incompatibilidade, ela também indica que “é claro que não se trata de um fenômeno muito enigmático: há explicações históricas e antropológicas para essa discrepância crescente entre colégios e jovens” (Sibilia, 2012, p.20). Mas, um desdobramento apontado é que celulares e computadores contribuíram para alargar essa fissura que está aberta há séculos entre a escola e seu público.

Se partirmos da premissa de que essa fissura foi alargada, a ação docente deve ser um pilar a ser analisado. Independente das tecnologias digitais, não precisamos de um professor para passar a informação, mas de um profissional que crie articulações com o conhecimento. Essa nova mediação, que, eventualmente, possa ser uma “não mediação”, ainda é um desafio para o cenário educacional, e ainda maior com as aplicações de tecnologias digitais. Assim, o professor precisa “estranhar” a sua própria prática, permanentemente. E o grande desafio é atuar

em sala, a partir de uma cultura didática com aulas expositivas, enraizada por séculos de tradição, e com um novo elemento: uma turma pode buscar e encontrar informações por outros meios.

Em alguma instância, pode-se julgar que exista uma diminuição do papel do professor, mas, se partirmos da premissa de um mediador do conhecimento, existe uma amplificação da demanda desse profissional. Com o volume de informações, não se faz necessário um filtro, mas um gestor/orientador que ofereça um passeio crítico pelas informações. Gatti (2013) indica que a escola:

nos reporta a pensar em pessoas, em relações pedagógicas intencionais, portanto, em profissionais bem formados para isso, dentro das novas configurações sociais e suas demandas; profissionais detentores de ideias e práticas educativas fecundas, ou seja, preparados para a ação docente com consciência, conhecimentos e instrumentos. (GATTI, 2013, p. 54).

Isso aponta que a ação pedagógica precisa ser significada, e que um artefato educacional não existe por si, ele é mediado por um professor ou estudante. Então, uma sala de aula recheada de computadores e dispositivos eletrônicos não será, necessariamente, um local otimizado, uma vez que sem um propósito claro não teremos esse espaço desejado para a aprendizagem.

Uma escola clássica, com quadros e carteiras, também coloca em jogo a possibilidade de hibridismo e a relação entre o sujeito e os objetos. Então, não se trata de negar ou afastar a relação com as tecnologias, mas produzir boas relações dos envolvidos com os artefatos, sejam digitais ou analógicos.

A educação exige um espectro maior de possibilidades que a aplicação exclusiva de uma tecnologia. A formação de professores e gestores, com trabalho colaborativo em torno de um projeto pedagógico consistente, que possibilitará uma educação democrática e inclusiva, que, efetivamente, promova o processo de aprendizagem. E ainda, “nem tudo que é tecnologicamente viável e pertinente em termos educacionais é realizável em todos os contextos educacionais” (COLL e MONEREO, 2010, p. 33).

Ou seja, um espaço escolar com amplas condições de aprendizagem também pode existir sem as tecnologias digitais. Entretanto, em um mundo com tantas possibilidades para as tecnologias da informação, se torna um pouco estranho trabalharmos com tantos conteúdos sem essa mediação que usamos no cotidiano, como se elas não existissem. É importante trazermos tudo de significativo para a escola, e que isso possa ser feito em qualquer tempo e lugar, ou mais, é necessário um posicionamento crítico em relação às tecnologias para um uso potencial de seus recursos.

Nessa linha, da necessidade de pensamento crítico, Selwyn (2017) retoma as ideias de Neil Postman, um pensador central nas relações de mídia e tecnologias das décadas de 1980 e 1990, e entende as tecnologias digitais como “problemáticas” na abordagem educacional. Ele indica que

Para muita gente, então, as únicas perguntas que tendem a ser propostas seriamente à educação e tecnologia são aquelas relacionadas a “o que funciona?” ... ou, mais frequentemente, “o que poderia funcionar? “. Entretanto, compreender a tecnologia e educação não é apenas uma questão de solucionar problemas de “efetividade” ou “melhor prática”. Claramente, precisamos desafiar todas as hipóteses predominantes na área – mesmo que seja apenas para melhor nos informarmos sobre quais, exatamente, seriam os aspectos benéficos da tecnologia (e, conseqüentemente, quais não o seriam). Nesse espírito, é preciso que a escrita, a pesquisa e o debate abordem o uso da tecnologia na educação como problemático. (SELWIN, 2017, p.88).

O termo “problemático” não surge com a indicação de um problema, mas de entender que existe uma urgência em interrogar o uso da tecnologia na educação. Na linha do questionamento, Selwin construiu seu argumento em torno de sete perguntas que Postman propôs nos anos de 1990, na tentativa de compreender os primeiros computadores e artefatos conectados em rede, e que estavam sendo introduzidos nas escolas naquele período. As questões, são:

1. Qual o problema para qual essas tecnologias se afirmam como solução?
2. De quem são esses problemas?
3. Que novos problemas serão criados se solucionarmos os velhos problemas?
4. Que pessoas e instituições serão mais prejudicadas pela nova tecnologia?
5. Que mudanças de linguagem estão sendo promovidas por essas novas tecnologias?
6. Que redirecionamento de poder econômico e político podem resultar dessa nova tecnologia?
7. Que usos alternativos poderiam ser feitos da tecnologia?

Os questionamentos são da década de 1990, mas suas relevâncias continuam válidas para nossos tempos de celulares e computadores porque as questões apontam para uma série de preocupações que continuam latentes para a tecnologia aplicada na educação. Na atual arena, com tantas possibilidades e desafios, devemos considerar que as tecnologias não são inocentes, muito menos neutras. Um entendimento mais amplo cabe considerar que as tecnologias não sejam boas, ruins ou neutras, e estão marcando o modo de vida desse século. Sobre os

questionamentos de Postman, e a falta de neutralidade

De fato, essas questões apontam para uma gama de preocupações perenes, ideias e abordagens que precisam ser retomadas em qualquer discussão contemporânea da educação e tecnologia. Ressaltam, por exemplo, a natureza incerta e contestável da mudança tecnológica, sugerindo, também, que as tecnologias não são neutras, mas, sim, promovem certos valores, interesses e pautas, em detrimento de outros. (SELWIN, 2017, p. 90).

O fato é que o cenário econômico a partir de meados do século XX evoluiu até tornar o conhecimento a mercadoria mais importante dos novos tempos. E a escola, como, em tese, produtora de conhecimento, surgiu como um valioso elemento na sociedade da informação.

Neste cenário, a educação deixou de ser vista apenas como um instrumento para promover o desenvolvimento, a socialização e a enculturação das pessoas, um instrumento de construção da identidade nacional ou um meio para construir a cidadania. Neste cenário, a educação adquire uma nova dimensão: transforma-se no motor fundamental do desenvolvimento econômico e social. Tradicionalmente, a educação tem sido considerada uma prioridade das políticas culturais de bem-estar social e equidade. Juntos com as TIC, na sociedade da informação a educação e a formação passam a ser uma prioridade estratégica para as políticas de desenvolvimento, com tudo que isso representa. (COLL e MONEREO, 2010, p. 68)

As escolas são apontadas, ou deveriam ser, como uma das principais alternativas para alcançarmos o letramento digital, com formação e desenvolvimento de um cidadão que conduza para tais exigências da sociedade moderna. Mas existe uma dúvida se a tecnologia digital está realmente afetando as relações nos processos educacionais.

A partir desta perspectiva, Rosado, Ferreira e Carvalho (2017) realizaram um levantamento de literatura acadêmica sobre Educação e Tecnologia. Alguns resultados desta pesquisa reforçam a necessidade de investigações sobre o uso das TIC. Em 193 artigos selecionados, de revistas *qualis* A em Educação e Tecnologia, foram encontradas altas concentrações de trabalhos na regiões Sul e Sudeste do Brasil, seguindo a previsão de maior concentração de universidades e centros de pesquisa. Uma segunda tendência é a investigação ser elaborada, majoritariamente, a partir das localidades nas quais os pesquisadores estão envolvidos com sua prática docente.

Os dados da pesquisa também indicam que o EM vem sendo deixado de lado nos estudos sobre tecnologias na educação, em paralelo existe uma tendência geral do aumento do número de estudos conduzidos em ambiente universitário, tanto em nível de graduação, quanto na pós-graduação. Também foram mapeadas as abordagens de Educação e Tecnologia, e um dos exemplos tratados foi a abordagem caracterizada como *Propositiva*

Criativa.

Neste caso, o professor propõe um *software*, ou produto tecnológico, para uma área específica de educação e este é visto, invariavelmente, como uma forma de inovação. Outro aspecto são os rótulos da tecnologia educacional, que, normalmente, são ligadas aos lançamentos de mercado. Logo, os estudos em Educação e Tecnologia tendem a serem influenciados pelas ondas comerciais, tais como tecnologias móveis ou inclusão digital.

Direcionando o foco para as simulações e *softwares* de Física para a educação básica, se faz necessário entender quais são os artefatos e as possíveis expectativas dos docentes para esses recursos. Um tópico a ser analisado é o discurso de inevitabilidade que envolve os aspectos da eficácia, onde a tecnologia teria uma relação direta com o rendimento e produção dos estudantes, e os discursos de inovação. Todos estes fatos apontam para a necessidade de um olhar ponderado, visto que o benefício da técnica pode ser naturalizado e as questões políticas e comerciais descartadas.

Para essa investigação, também cabe emergir o histórico das TIC no cenário brasileiro, apontando que, majoritariamente, não encontramos uma linha ou política pública sistematizada para essa área.

1.3 Histórico da tecnologia educacional no Brasil

Em uma perspectiva de entender o histórico da integração da informática com os ambientes educacionais, no cenário brasileiro, Valente e Almeida (1997) destacam que as primeiras iniciativas para a integração das tecnologias na educação são das décadas de 1960 e 1970, em instituições como a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Essas universidades fizeram uso do computador como suporte no ensino de Ciências da Natureza e programação. Seguindo o contexto histórico, Almeida (2012) indica que o debate sobre o computador na escola se intensificou, no Brasil, a partir da década de 1980. Com a estruturação da Secretaria Especial de Informática, inicia-se um debate mais intencional sobre a implementação das tecnologias como recurso pedagógico.

Almeida (2012) também indica que, no ano de 1983, foi estabelecido o EDUCOM, um projeto com softwares educativos e aplicação de computadores para resolução de problemas. Sobre o EDUCOM, Tavares (2002) relata as dificuldades enfrentadas por esse projeto em meio a um país sem uma indústria da informação bem sedimentada. Ela diz que

O projeto EDUCOM surgiu em uma época histórica particular, pois o país ainda vivia na reserva total de mercado, ou seja, não era possível adquirir equipamentos e softwares estrangeiros. Não que isso fosse o maior problema, mas um deles, já que não havia, até então, uma indústria que possibilitasse o desenvolvimento de computadores e muito menos de softwares de acordo com a demanda do país (Tavares, 2002. Página 1).

No início dos anos de 1990, como indica Barreto (2017), surge uma corrente fortemente marcada por características tecnicistas, que trazem ideias do mínimo custo e máxima eficiência. Neste sentido, do movimento de incorporação educacional das TIC, a pesquisadora localiza:

Na história da recontextualização educacional das TIC, é imperativo reconhecer que, no Brasil, a partir da segunda metade da década de 1990, Leis, Decretos, Portarias, Resoluções, Pareceres, Planos e Programas têm sido estruturados a partir de diagnósticos dos problemas a serem enfrentados e da identificação de soluções representadas por iniciativas centradas nas TIC. Na tentativa de sintetizar essa história, dois movimentos merecem especial atenção: (1) a substituição tecnológica total, representada pela formação de professores a distância, através do deslocamento para local não universitários, e a interposição da figura do tutor; e (2) a substituição tecnológica parcial, em que o professor não é exatamente retirado da cena, mas é relegado a um papel secundário, sendo suas ações tentativamente reduzidas a aspectos como o gerenciamento do tempo necessário à execução de tarefas determinadas, tendo como suporte materiais veiculados nas/pelas TIC (BARRETO, 2017, p.. 127-128).

Um pouco antes do período indicado, surgiu o Programa Nacional de Informática Educativa – PRONINFE. Este programa foi instituído em 1989, pela então Secretaria de Educação Média e Tecnológica – SEMTEC/MEC, com o objetivo de capacitar professores, técnicos e pesquisadores da educação básica e superior. Tavares (2002) aponta que

o PRONINFE possuía um modelo funcional e geograficamente descentralizado, funcionando através de centros de informática na educação espalhados por todo o país. Esses centros contavam com apoio mútuo, divulgando e analisando projetos educacionais, seus objetivos e resultados. Outro ponto forte do PRONINFE era a formação de professores dos três graus (hoje fundamental, médio e superior), bem como na área de educação especial e em nível de pós-graduação. Também visava a pesquisa sobre a utilização da informática na educação, aproveitando a interatividade e a interconectividade que o computador possibilitava (TAVARES, 2002, p. 6).

Apesar de apresentar uma estrutura promissora, o programa foi descontinuado. Tavares (2002) descreve que não existem informações claras sobre a extinção dos programas de tecnologia para a educação desse período, e que muitos foram incorporados em novas ações.

E esse foi o destino do PRONINFE ao ser incorporado ao PROINFO (Programa Nacional de Informática na Educação) em 1997. Holanda (2003) relata que o PROINFO teve

por objetivo introduzir as tecnologias nas escolas públicas como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem. Foi, em essência, um programa de educação. Até o ano de 2002 estava implantado em 2.881 escolas em todo o Brasil, com a aquisição de aproximadamente 55.000 computadores e periféricos (servidores, impressores, scanners). Mas o mesmo autor indica que na época as ações já eram insuficientes para alcançar objetivos robustos e significativos.

Outro projeto do período foi o *Ensino On Line* (EOL), uma iniciativa da Secretaria de Estado da Educação de São Paulo em 1997. As escolas participavam de um plano de adesão, realizavam um processo de discussão entre diretores, coordenadores pedagógicos e professores, para a elaboração do projeto didático-pedagógico que viabilizaria o recebimento dos computadores. Tavares (2002) destaca que

O Projeto Ensino On Line foi lançado no mesmo ano em que o PROINFO, mas não se constitui um segmento deste. A princípio, o Projeto Ensino On Line não contava com o envolvimento da Internet e de outras redes de comunicação em sua proposta. Viabilizava-se apenas a utilização de um pacote de softwares educacionais em situação de aula e/ou pesquisa (TAVARES, 2002, p. 11).

Curioso pensar que, em menos de 30 anos depois dessa iniciativa, é impensável propor a tecnologia da educação sem o acesso à internet. Ainda sobre o EOL, Tavares (2002) também destaca o entusiasmo de uma publicidade governamental sobre as possibilidades pedagógicas.

O Projeto Ensino On Line é uma iniciativa do Governo de São Paulo, que "sai na frente e está montando laboratórios com computadores e softwares para um trabalho integrado que facilita o dia-a-dia dos professores e o aprendizado dos alunos nas escolas de São Paulo" em duas mil escolas de 5ª a 8ª séries e Ensino Médio. O Projeto Ensino On Line faz parte do Programa "A Escola de Cara Nova na Era da Informática - O computador a serviço da melhoria da qualidade de ensino" (TAVARES, 2002. Página 12).

Uma outra ação relevante foi o programa *Um Computador por Aluno* (UCA), que teve o seu início durante o Fórum Econômico Mundial em Davos, na Suíça, em 2005. Foi desenvolvido pelo MEC e implantado com o objetivo de intensificar as tecnologias da informação e da comunicação nas escolas, por meio da distribuição de computadores portáteis aos alunos da rede pública de ensino. Esse programa nacional foi um marco relevante na busca da integração das tecnologias nos ambientes escolares.

Alvarez, Moll e Souza (2015) realizaram entrevistas estruturadas realizadas com diretores de escolas municipais e estaduais de seis Estados da Federação, no período de julho

de 2013 a fevereiro de 2014, com o objetivo de abordar os critérios para a seleção das escolas e a necessidade de formação dos professores e de gestores no UCA. A complexidade do tema se reflete com a análise das etapas desse projeto.

Mesmo com todo planejamento, modernos instrumentos metodológicos e firme apoio político e pedagógico de diferentes esferas de governo e, por que não, paixão, o Projeto UCA não fugiu à regra dos naturais equívocos e dificuldades de experiências com forte dimensão de inovação. Se o planejamento foi um processo muito elaborado, a fase de implementação já encontrou algumas dificuldades e, definitivamente, o processo de acompanhamento foi insuficiente, não integrado e carecendo de continuidade institucional, pedagógica e, principalmente, político institucional (Alvarez, Moll e Souza, 2015, p. 59).

Atualmente, o governo federal mantém o Programa de Inovação Educação Conectada, que foi instituído pelo Decreto nº 9.204, de 23 de novembro de 2017 (BRASIL, 2017a). O objetivo do programa é apoiar a universalização do acesso à internet de alta velocidade e fomentar o uso pedagógico de tecnologias digitais na Educação Básica. Apesar de possuir metas audaciosas, de atingir todas as escolas até 2024, não existem resultados disponíveis (na busca realizada no site do programa) sobre o real impacto das ações realizadas.

Hoje, na minha realidade, verifico que algumas tecnologias digitais já estão completamente incorporadas ao nosso cotidiano e, em muitos momentos, temos a sensação que elas sempre estiveram na nossa vida. Mas todos esses aparatos são base de alguns setores da sociedade há apenas 20 ou 30 anos, e esse fenômeno vem se configurando nesse período com conflitos, desafios e maravilhas.

E, do meu ponto de vista, essa relação com os dispositivos é muito intensa. Basta pensarmos em como seria nosso dia sem comunicação se esquecêssemos o celular em casa. O nosso modo de vida está compatibilizado com os barulhos, estética e funcionalidade dos celulares.

A vida moderna foi sacudida pela velocidade da informação, mas, para uma reflexão mais profunda sobre as tecnologias digitais, faz-se necessário ultrapassarmos a constatação do valor desses aparelhos e buscarmos desdobramentos dessa revolução e um entendimento sobre tecnologia e ensino. Sobre essa aparente contradição, de termos artefatos essenciais em nossa vida que não entraram nas práticas pedagógicas, Oliveira (2018) diz que:

É inegável que as novas tecnologias da informação estão presentes no cotidiano de muitas pessoas no mundo inteiro. As crianças e adolescentes, cada vez mais, utilizam com destreza as TICs. Entretanto, é notável que esses recursos tecnológicos nem sempre são bem aproveitados, por simples falta de desenvoltura, além de baixos

investimentos em políticas públicas, na área de tecnologia na educação, para qualificação dos docentes. Ao citar a falta de desenvoltura, leva-se em consideração o fato de que a grande maioria das pessoas, dentre elas os profissionais da educação, sabem lidar com as redes sociais, internet, mídias sociais, etc, para uso pessoal. Então, onde está a falta de qualificação? Provavelmente, na aplicação, nas possibilidades em utilizá-las de modo a tornar o processo de ensino-aprendizagem mais atraente, contemporâneo e desafiante, não só para o professor, mas também para o discente (Oliveira, 2018, p.163).

Observando esses aspectos, é possível uma reflexão sobre o papel dos estudantes, professores, escolas e governos nessa reorganização nas comunicações. Entretanto, não se trata de uma análise binária, mas, como ressaltado por Foucault (1982, *apud* SELWYN, 2017), a aplicação da tecnologia na educação não deve ser assumida como “má”, porém ele propõe que abandonemos os juízos de valor dicotômicos (bom ou mau) e passemos a pensar nas coisas como “perigosas”, o que pode abrir novos horizontes e possibilidades.

Mesmo com a inserção dessa nova visão, e analisando o histórico das TIC no cenário brasileiro, vemos que a equidade na educação através da tecnologia digital não é uma realidade. Ainda assim, existe uma forte defesa, ideológica e comercial, de que o rearranjo educacional passe por essas tecnologias. No ensino de Física essa defesa também é recorrente. Dessa forma, para uma conexão da temática de uso dos artefatos digitais com contexto de atuação dos entrevistados, o próximo capítulo abordará especificamente do ensino de Física na educação básica.

2 O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO DO SÉCULO XXI

Neste capítulo, o ensino de Física no EM será problematizado com o apoio dos pressupostos teóricos de vários autores com reconhecida produção neste campo. A cultura estabelecida nestes processos de ensino-aprendizagem, fortemente relacionadas pelas práticas experimentais, resolução de exercícios e aulas expositivas, será confrontada com a alternativa do simulador como possibilidade para as lacunas apresentadas neste segmento de ensino. O objetivo é situar o complexo emaranhado de alternativas que recaem sobre os professores de Física do EM e refletem em suas práticas pedagógicas.

2.1 O simulador como solução?

Em um período de tantos distúrbios e diferenças sociais, depositar as esperanças de salvação na instituição escolar não é uma novidade. Tal como culpá-la, citando as lacunas e apontando suas mazelas, também não é um fato inédito. Dentre tantas possibilidades para essa análise de esperança e/ou pessimismo, um novo elemento que surge no contexto educacional é a indiscutível revolução digital que ocorre desde o final do século XX.

Mesmo considerando que a busca pela informação com a ferramenta Google é um avanço de velocidade, o uso de celulares nas salas de EM ainda é controverso. Bento e Cavalcante (2013) apontam que, em uma amostragem com professores da educação básica, 84% desses docentes consideram o celular um recurso pedagógico importante. Mas, nessa mesma pesquisa, 71% dos entrevistados o proíbem justificando, dentre outros fatores, que o celular dificulta o controle de uma turma. Nesse temor, podemos até realizar um paralelo com o labirinto infinito do escritor Jorge Luis Borges, onde, na perspectiva desses educadores, um *viajante-estudante* provavelmente se deparará com portas bem mais sedutoras que as indicadas pelos nobres mestres.

No contexto do ensino de Física, também encontramos contradições quanto ao uso de recursos eletrônicos. Bernardes (2018) afirma que o celular pode ser considerado uma nova tecnologia pedagógica porque com ele é possível obter imagens, gravar vídeos, acessar a Internet e, entre outros recursos, possibilita ao professor trabalhar com uma gama de aplicativos da área de Ciências da Natureza na sala de aula. Mas soa como um discurso superficial a crença que um celular com conectividade na mão de um estudante se torne uma varinha mágica do saber, e que todas as teorias sejam entendidas e aplicadas de forma exata pelos estudantes.

Este é um ponto central: um estudante assolado de possibilidades e informações não está necessariamente dialogando com a proposta pedagógica da escola. Assim, as tecnologias nos processos educacionais não se apresentam necessariamente como uma possibilidade onipresente para o ensino contemporâneo de Física. A produção acadêmica já aponta para questionamentos e soluções anteriores, tal como a alfabetização científica e as contradições quanto as práticas laboratoriais. Justamente pela importância desses temas, entendo que tais questões devam permear a reflexão sobre o ensino de Física e a aplicação da tecnologia nas salas de aula.

Sobre a alfabetização científica, Sasseron e Carvalho (2016) realizaram uma revisão bibliográfica sobre como o tema é debatido ao longo dos anos e perceberam que, em âmbito nacional e internacional, existe uma concordância quanto às finalidades da alfabetização científica para toda a formação básica. E que, mesmo existindo uma pluralidade semântica, verifica-se a mesma concepção quanto aos objetivos de estimular os estudantes para uma atuação cidadã, crítica e responsável.

No Brasil, o Professor Attico Chassot, considerado por muitos como o “pai da alfabetização científica”, aborda como o propósito da educação básica não está necessariamente submetido à aplicação de uma tecnologia exclusiva. Chassot (2006) aponta para a necessidade de um ensino mais impregnado de posturas holísticas, que contemple os aspectos históricos, as dimensões ambientais, as posturas éticas e políticas. E ainda, que mergulhe ao encontro de saberes populares e da dimensão das etnociências, ações que trazem vantagens para uma alfabetização mais significativa e que também confere uma dimensão privilegiada para a formação de professoras e professores.

Assim, o propósito da educação deve estar à frente das estratégias. Um mesmo objetivo pode ser alcançado com uma roda de conversa, ou com um documento compartilhado em uma nuvem. Seguindo com o pensamento do Professor Attico Chassot, em seu ensaio *Propondo Semeaduras*, existem alternativas mais urgentes para o *locus irradiador do conhecimento*, a Escola. Ele afirma que

O conhecimento chega à Escola de todas as maneiras e com as mais diferentes qualidades. Essa é a mudança radical que ela vive hoje. É evidente que essa Escola exige outras posturas de professoras e professores. O transmissor de conteúdo já era. Hoje precisamos mudar de informadores para formadores. Portanto, parte de nossas ações é ajudar a formar um pensamento crítico que permita a nossos alunos discriminar “verdades” de falácias e privilegiar - dentro do extenso repertório de conhecimentos - aqueles conteúdos que possibilitem ter uma melhor qualidade de vida. (CHASSOT, 2013, p. 62)

Certamente, a finalidade da formação em Ciências no EM deve dialogar com aspectos contemporâneos que são relacionados com a qualidade de vida, os fatores históricos da Ciência, os saberes populares e o cotidiano, e todas essas questões podem ser potencializadas pelo uso de artefatos, mas acredito que o núcleo de ações docentes deva estar relacionado prioritariamente com as intenções daquele espaço pedagógico.

Nessa perspectiva, e seguindo na linha de Werneck (2006), entendo que o ensino não seja apenas a transmissão do já conhecido, mas o processo que leva à capacidade de observação e de reflexão crítica, por isso, a necessidade de uma postura crítica quanto aos métodos e processos pedagógicos.

As práticas laboratoriais também formam um dos pilares esperado no itinerário dessa formação em Física. E sobre essas ações de caráter prático no ensino, Pereira, Amaral Moreira (2017) indicam que essas aulas normalmente estão associadas ao reforço de uma visão ingênua e positivista da Ciência, que, por vezes, privilegia o laboratório como espaço de comprovação da teoria, uma celebração para o que é tratado em sala de aula. Também é fato que “a importância do laboratório para as práticas em aulas de Ciências da Natureza não está dada a priori, mas explicita-se a partir da construção do currículo e da didática de cada escola e de cada professor” (SASSERON, 2015, p. 52).

Borges (2002) destaca que, mesmo com uma forte observação para as dificuldades para a adesão nas aulas de Física, os professores acreditam que a melhoria do ensino passa pela introdução de aulas práticas no currículo. E, apesar da quase unanimidade de sua importância para o ensino de Ciências, Ribeiro e Verdaux (2012) indicam que a presença dessa metodologia nas salas de aula ainda é pequena, frequentemente atrelada ao caráter alegórico e com a finalidade de confirmação de leis já demonstradas de forma teórica em sala de aula. Estes pesquisadores também indicam que, no EM, os roteiros experimentais tendem a castrar o questionamento do estudante e, nos materiais didáticos, residem fundamentalmente em curiosidades no final dos capítulos.

Essa dispersão de objetivos quanto às práticas de laboratório de Ciências permite a existência de um espectro muito amplo de propostas, desde atividades ricas e investigativas, até roteiros prontos que inibem a curiosidade e a elaboração de hipóteses. E, infelizmente, as atividades que não instigam a curiosidade são as mais frequentes. Heidemann, Araújo e Veit (2016) citam que o editor da revista *Physics Today*, Charles Day, expôs em um artigo suas dificuldades na disciplina Física Experimental, no *Imperial College London*, por conta de

atividades entediantes e repetitivo preenchimento de tabelas, a ponto de não se recordar dos experimentos realizados.

Esse relato no nível superior também é verificado na educação básica. Lunetta, Hofstein e Clough (2007) estabelecem que o laboratório de Ciências deveria desenvolver a compreensão conceitual, conhecimento do funcionamento da Ciência e compreensão dos métodos de investigação e raciocínio científico, mas que tais metas quase sempre não são atingidas.

Seguindo na análise sobre as práticas experimentais, Berezuk e Inada (2010) investigaram as condições de laboratórios didáticos de Ciências em escolas públicas e privadas do Paraná. Essa pesquisa englobou 17 escolas estaduais e 4 particulares do município de Maringá. Sobre a assimetria de condições físicas, ele afirma que

Nestas escolas (particulares), os laboratórios de Ciências e/ou Biologia, Física e Química estão em melhores condições para a execução de aulas práticas quanto aos aspectos de infraestrutura, recursos para a obtenção de materiais e equipamentos e manutenção desses equipamentos, melhor organização por parte dos professores e da escola e, também, condições para que os alunos frequentem estas aulas no contraturno. Nas escolas públicas, as atividades experimentais são realizadas no turno da disciplina, haja vista a dificuldade dos alunos em deslocarem-se para a escola neste período. Apesar de alguns laboratórios estarem em boas condições, pode-se constatar que os mesmos não são utilizados com frequência, fato associado a muitas vezes pela dificuldade em preparar estas aulas para salas numerosas e sem a ajuda de um técnico de laboratório. (BEREZUK e INADA, 2010, pag 210).

Na literatura sobre práticas experimentais, existem indicativos de uma variedade de barreiras que dificultam o processo de aprendizagem. Em muitos casos, a atividade de laboratório é elaborada de tal forma que “cabe ao estudante compreender a natureza do problema, o procedimento experimental, a adoção da perspectiva teórica relevante relacionada com o tema em estudo, o acompanhamento da leitura e a assimilação das instruções do experimento, a compreensão, ou pelo menos, o manejo correto dos aparatos em questão” (HODSON 1990 *apud* LABURU 2016, p.162). Ou seja, existe a expectativa de que os estudantes entendam os enunciados, compilem e saibam processar os dados e reconheçam a diferença entre os resultados obtidos e os esperados. Esse anseio é um fator que limita uma investigação e a geração de hipóteses, uma vez que o estudante prioriza a tarefa em si e executa apenas uma sequência de comandos.

Laburú (2016) indica que os profissionais, formados e graduandos, entendem a experimentação, prioritariamente, de forma funcional, ou seja, valorizam quando as medidas são fáceis de se obter ou o experimento é fácil de realizar, a coleta de dados é apropriada ao

tempo de aula, possui fidedignidade com o que se quer observar (os resultados experimentais devem ser os esperados, repetíveis e não ambíguos) e os experimentos mais complexos são admitidos se forem trazidos prontos pelo professor. Essa pesquisa aponta ainda que as expectativas dos licenciados refletem uma prática utilizada e fomentada pelos cursos de formação por que passaram.

A aplicação de simuladores em aulas de Física é uma realidade crescente, mas existe uma pauta ainda maior no ensino de Ciências, os objetivos e estrutura de laboratórios didáticos e a alfabetização científica. De certo, essas lacunas são uma justificativa para a aplicação em larga escala de aplicativos e repositórios eletrônicos. Mas, defendo que atingir um nível de excelência no ensino de Física é uma questão mais ampla. Como exemplo, cito Fourez (2016) que apresenta uma revisão crítica sobre os principais problemas enfrentados pelo ensino de Ciências, com reflexões a partir de escolas belgas de língua francesa. A pesquisa indica que os aspectos levantados são verificados em todo “mundo industrializado”. Nessa pesquisa, alguns atores são evidenciados para as dificuldades no ensino de Ciências da Natureza. Dentre eles, destaca-se que jovens não buscam as carreiras de Ciências da Natureza e Engenharia porque não se sentem preparados para se engajar em estudos científicos que envolvam esses conceitos. Outra questão seria que a formação dos licenciados sempre esteve centrada sobre um projeto de fazer deles técnicos em Ciências e não torná-los educadores. E isso, invariavelmente, reflete em sua prática docente, inclusive nas ações laboratoriais.

Esse fato é uma barreira para a relação entre a alfabetização científica e o linguajar técnico das Ciências da Natureza, onde a abordagem cotidiana pode ser uma opção dificultosa para o professor. De acordo com a pesquisa de Fourez (2016), a própria seleção dos materiais aplicados em uma aula evidencia um caminho de possibilidades e contradições. Sobre essas questões, ele questiona

Serão privilegiados os materiais e os aparelhos que se pode comprar na loja de quinquilharias ou na drogaria da esquina ou os dos fornecedores de laboratórios? A química ensinada, por exemplo, será sobretudo a das substâncias puras (que se adquire em um fornecedor especializado) ou a de todos os dias (que se encontra em casa e na cozinha)? O ensino será ligado às situações correntes ou às de laboratório? Tudo sem, por isso, negligenciar a importância das substâncias puras e das situações de laboratório. Partir-se-á da realidade vivida cotidianamente ou daquela que os cientistas já conceituaram? (FOUREZ, 2016, p. 115).

Mesmo com as incoerências apresentadas, a experimentação é uma alternativa que certamente aumenta o repertório dos estudantes. Villani e Nascimento (2016) verificaram a existência de um discurso específico do laboratório didático, por parte dos estudantes. Este

discurso pode ser identificado pela presença de argumentos que utilizam dados empíricos, para contrapor uma opinião defendida no cotidiano. Essa pesquisa também demonstrou que o laboratório didático introduz elementos específicos, que facilitam o reconhecimento do contexto escolar, e aumentam a probabilidade e a necessidade de os alunos utilizarem argumentos mais adequados, cuja estrutura se aproxima da estrutura dos argumentos científicos em suas respostas a problemas e questões escolares.

Chagas e Martins (2009) discutiram a heterogeneidade discursiva de professores de Física acerca do laboratório didático na educação básica e a investigação apontou a existência de uma relação dialógica entre os professores de Física e os pesquisadores em ensino de Física. Os discursos identificados dos profissionais que atuam na educação básica surgem prioritariamente das leituras especializadas e participação em espaços de formação e referem-se basicamente à situação de infraestrutura escolar, carência de material, salas de aula lotadas, carga horária e a falta de manutenção.

Diante dos questionamentos, defendo que seja fundamental a compreensão de que ensinar Ciências seja mais que inserir uma tecnologia na sala de aula, e sim levar o aluno para um novo universo cultural com linguagens e princípios próprios.

Os professores devem considerar que um estudante entra em sala com conhecimentos empíricos já constituídos e, portanto, “não se trata em adquirir uma cultura, mas sim de mudar de cultura, de derrubar barreiras já sedimentadas pela vida cotidiana” BACHELARD (1996, p. 23). Mas como avançar, com qualidade e significado nas aulas, com os artefatos tecnológicos e os desafios clássico do ensino de Física? Por isso, apresentarei uma análise das inserções dos simuladores, que são populares no EM, e abordados nessa pesquisa.

2.2 Simuladores no ensino de Física

A popularização dos artefatos digitais, tais como computadores, *tablets* e celulares, proporcionou uma enorme disseminação de plataformas pedagógicas virtuais, tais como ambientes virtuais de aprendizagem e *softwares* de aplicação de conteúdos educacionais. Nos documentos oficiais também existem orientações que enfatizam o uso dos recursos virtuais. A BNCC reforça que: “Os jovens têm se engajado cada vez mais como protagonistas da cultura digital, envolvendo-se diretamente em novas formas de interação multimidiática e multimodal e de atuação social em rede, que se realizam de modo cada vez mais ágil” (BRASIL, 2017b, p. 57).

No ensino de Física, muitas vezes, essa premissa divulga uma modificação na cultura de ensinar a disciplina na educação básica, com a substituição de recursos laboratoriais e demais materiais didáticos. Como exemplo, Herpich e Tarouco (2016) relatam a implantação de laboratório virtual de Física, com ambiente imersivo, para aplicação de conceitos de eletromagnetismo. Eles afirmam que tais laboratórios virtuais facilitam o acesso aos conteúdos educacionais porque esses artefatos

[...] permitem os usuários interagirem, e.g. iniciar, parar, reiniciar e alterar as suas variáveis de execução. Estes aspectos ensejam a aprendizagem ativa dos usuários, onde os mesmos vão ao encontro da aquisição dos conhecimentos, observando e refletindo sobre aquilo que está disponível, como também através da exploração do laboratório virtual e seus objetos 3D. Outras vantagens observadas neste estudo, consistem no baixo custo para o seu desenvolvimento, a extinção dos riscos intrínsecos a execução do experimento, a motivação em trabalhar de maneira virtual e o feedback imediato de suas ações, aliados à possibilidade dos usuários aprenderem de maneira colaborativa, quando incentivada a troca de experiências. (HERPICH e TAROUCO, 2016, página 19).

Neste apontamento, existe a compreensão de que há um aumento de interesse, e que a diminuição do risco ao experimento é uma vantagem que justifica a sua aplicação. Mas não existe, neste caso, a observação de um rompimento com a elaboração de hipóteses, ponto central de uma experimentação real, que sugere uma interpretação reducionista para a aprendizagem.

Dentre as simulações, nem todas se propõem à substituição literal da experimentação. “Muitos simuladores são apresentados como desafios, utilizando a ferramenta, de forma espontânea como um jogo de vídeo game” (ARAUJO, 2017a, p. 662). Essas características geram um apelo de aplicação no EM, e uma parcela dos professores entendem esses novos recursos como uma alternativa para as lacunas apontadas anteriormente. Por isso, muitos educadores têm procurado diversificar a sua prática e alcançar seus objetivos com a aplicação desses artefatos digitais. Como exemplo, Calegari et al (2013) citam em sua pesquisa um apoio de mais de 90% para os professores entrevistados sobre a aplicação de jogos computacionais no ensino de Física. Mas um fato é que existe falta levantamento empírico dos desdobramentos desse interesse.

Hoje, são muitas as opções de artefatos nessa área. Como exemplo de recursos virtuais para o ensino de Física, temos, no Brasil, o Banco Internacional de Objetos Educacionais do Ministério da Educação, que é descrito por Afonso et al (2011) e, “nos Estados Unidos uma bem sucedida iniciativa na produção de simulações para o ensino de física, protagonizada por Carl Wieman, laureado com o Nobel de Física de 2001, é o *PhET*

Colorado - sigla em inglês para Tecnologia Educacional em Física” (ARANTES, MIRANDA e STUART 2010, P.27). O *PhET*, da Universidade do Colorado é, segundo Wieman, Perekins e Perkins (2008), muito popular entre os professores e um dos mais disseminados objetos de aprendizagem em experimentos virtuais de Ciências da atualidade.

Piedade et al (2016) apontam o *PhET Colorado* como um facilitador para a compreensão de fenômenos naturais e por fornecer um melhor entendimento para estudantes, além de ser consoante com o entendimento dos educadores que o computador faz parte do recurso didático de uma sala de aula. Zara (2011) aborda, com menos otimismo, sobre a substituição de práticas de Física por simulações do *PhET*. Ele afirma que

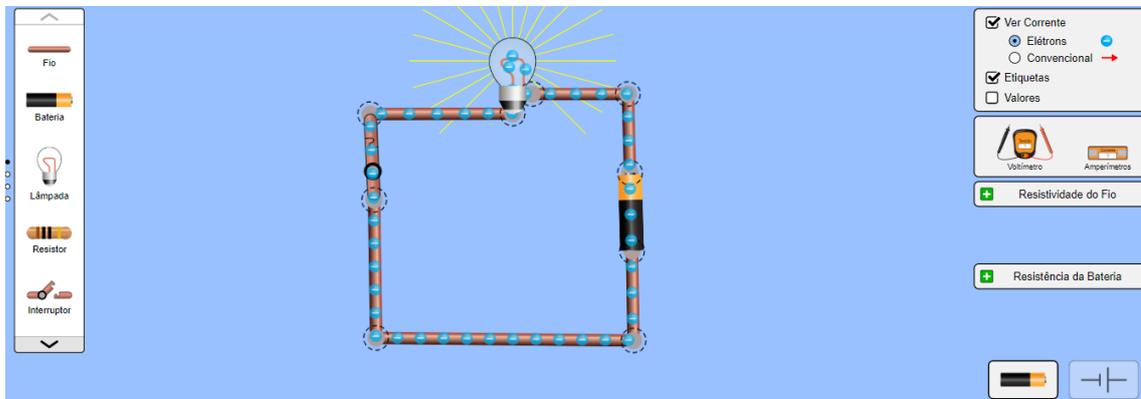
Existem muitas formas de utilizar a informática educativa no ensino de Ciências, especialmente softwares de simulação que funcionam como verdadeiros laboratórios virtuais e que podem ser de grande valia em sala de aula, principalmente nas escolas que não possuem laboratórios adequados para aulas práticas. No entanto, falta ainda compreensão da atual realidade do uso da informática no ensino de Ciências e, em especial, deve-se ter a clareza de que os experimentos virtuais não podem ser substitutos de atividades práticas em laboratório, mas uma ferramenta auxiliar ao ensino (ZARA, 2011, p. 266).

Os simuladores do *PhET Colorado* surgiram como os mais citados nas entrevistas da presente pesquisa. Ele é uma biblioteca de simulações interativas com acesso livre, contemplando conceitos de Física, Química, Matemática, Biologia e Ciências da terra. Compreende vários níveis de ensino, desde o primário até o superior, e são utilizadas *online* ou para serem baixadas. Cada simulação é testada e avaliada para assegurar a eficácia no ensino, incluindo entrevistas com os alunos e observação do uso da simulação em sala de aula. Nas seções de perguntas, disponíveis na plataforma, existe o questionamento se "as simulações *PhET* podem realmente substituir equipamentos de um laboratório real?" Os organizadores reconhecem que suas simulações sejam, em muitos casos, mais eficientes que experimentos reais:

Nossos estudos têm mostrado que as simulações do *PhET* são mais eficazes para o entendimento conceitual, no entanto, existem muitos objetivos operacionais de laboratório que as simulações não abordam. Por exemplo, as competências específicas relacionadas com o funcionamento dos equipamentos. Dependendo dos objetivos de seu laboratório, pode ser mais eficaz usar apenas as simulações ou uma combinação de simulações e equipamentos reais (PhET Colorado, 2019).

Nos relatos dos entrevistados, a simulação de circuitos elétricos é citada como uma aplicação recorrente nas aulas. A figura 4 apresenta uma visão geral dessa simulação:

Figura 4 – Simulação de um circuito elétrico na plataforma *PhET Colorado*.

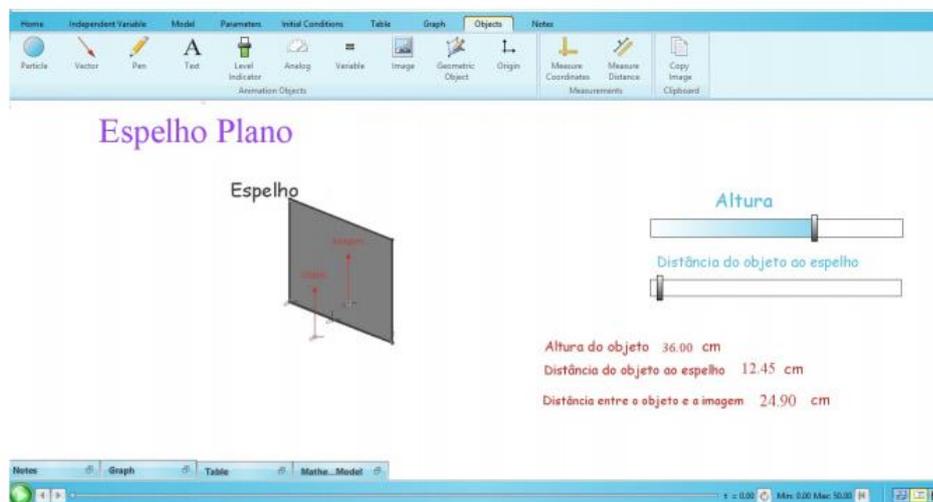


Fonte – Plataforma do *PhET Colorado*. Disponível em < https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html >. Acesso em 05 nov. 2019.

As simulações do *PhET Colorado* oferecem sugestões para a produção de aulas e disponibilizam diversas tarefas postadas por professores de diversas partes do mundo, sendo que há simulações acessíveis em mais de trinta e cinco idiomas. O anexo A apresenta um plano de aula para uma atividade de circuitos elétricos.

Outros tipos de *software*, mas de inserção ou aquisição de dados, são muito difundidos entre as propostas para a educação básica. O *software Modellus*, que também é frequentemente citado nas entrevistas desta pesquisa, é uma plataforma de simulações a partir da inserção de equações. Vieira Kozlova e Valente (2016) dizem que a principal característica do *Modellus* é criar e explorar modelos matemáticos, uma possibilidade real para abordagem de problemas físicos. Para criar um modelo, os usuários inserem funções matemáticas e não é usada nenhuma linguagem de programação ou comandos especiais. Para criar uma animação, escolhem-se objetos, como imagens ou vetores, e atribuem-se propriedades, como posição ou tamanho. Uma facilidade é que a interface inclui gráficos e tabelas. Essa alternativa tem se mostrado uma solução flexível para várias aplicações. Ulrich et al (2017) usaram a plataforma para geradores de corrente alternada, Souza (2016) realizou estudos sobre as Leis de Kepler e Machado et al (2015) resolveram problemas de óptica geométrica com estudantes do EM.

Figura 5 – Modelagem de um esquema de espelhos planos

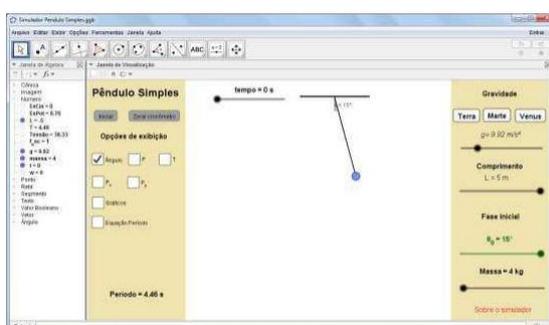


Fonte: Souza et al (2016)

O *software* GeoGebra, uma aglutinação das palavras Geometria e Álgebra, para essas aplicações de forma intuitiva. Trata-se de uma plataforma gratuita que reúne recursos de gráficos, tabelas, probabilidade e estatísticas.

Esse recurso tem sido muito explorado por educadores em Física, como Carmo (2017) que desenvolveu um estudo sobre harmônicos simples e Tenório e Neto (2019) que utilizaram o GeoGebra para análise de movimentos.

Figura 6 – Tela do simulador GeoGebra tratando um problema de pêndulo simples.



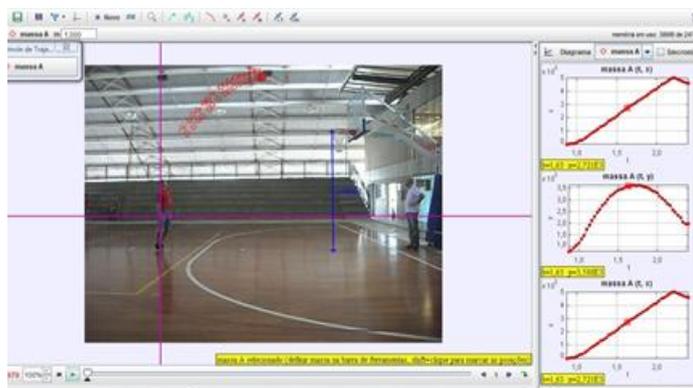
Fonte: Carmo (2017)

Já o programa de videoanálise *Tracker* tem sido uma promissora plataforma digital por exigir a aquisição de dados reais para a análise de movimento. A operação consiste em realizar uma filmagem de movimento, com alguns parâmetros conhecidos, tal como distância de um objeto padrão, e o programa é capaz de realizar uma complexa análise cinemática informando

grandezas como velocidade e aceleração, por exemplo. “Uma das vantagens da videoanálise com o *Tracker* advém da simplificação dos procedimentos e da eliminação de algumas tarefas intermediárias” (BEZERRA JR, 2012, p. 272). Existem vários relatos bem sucedidos de atividades em espaços escolares com esse *software*. Bezerra Jr (2015) aplicou a videoanálise no tradicional experimento de Milikan; Santos Silva e Lima (2017) mediram a vazão de uma fonte; Silva e Orkiel (2017) realizaram estudos de movimentos bidimensionais; e Zanella (2017) realizou um estudo da curva tautócrona com estudantes da rede pública de Pernambuco. Todos exemplos que indicam a versatilidade desse artefato.

Eu também tive a oportunidade de apresentar um trabalho no XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física (PAULA e GONÇALVES, 2017), com o título “Uso de Videoanálise para a Resolução de Exercícios de Lançamento Oblíquo”. Neste caso, abordamos o lançamento de basquete, que é um caso de lançamento oblíquo. A jogada é filmada e através do programa de videoanálise *Tracker* e são realizadas análises do movimento da bola. A figura a seguir apresenta a estética da análise cinemática de um lançamento de basquete.

Figura 7: Programa Tracker em uma análise realizada por estudantes. Ao centro, um quadro de vídeo de um lançamento de baquete, e do lado direito gráficos de posição pelo tempo neste lançamento oblíquo.



Fonte: Paula e Gonçalves (2017)

O programa é capaz de marcar a posição de um objeto durante uma filmagem e, a partir dessas informações, construir gráficos de posição, velocidade e aceleração, em função do tempo, em duas dimensões do movimento.

O lance livre de basquete é uma aplicação de lançamento oblíquo, um assunto recorrente em exames e vestibulares de Física. Para o professor, é difícil demonstrar que as aproximações das questões teóricas obrigam condições impraticáveis na realidade. Com o uso desse artefato digital, um grupo de estudantes a quem lecionei esse conteúdo foi capaz de promover críticas

em questões de concursos clássicos.

Neste caso, a apropriação dos conteúdos, através do *software*, possibilitou a verificação de que os dados oferecidos por uma questão do processo seletivo da Academia da Força Aérea são induzidos, tal como uma cesta posicionada a uma altura de 5 metros (a altura oficial é de 3,05 metros) e velocidade de lançamento de 36 km/h, para equações “perfeitas” e números exatos, porém distantes da realidade praticada. Nessa aplicação, o artefato digital foi fundamental para enfrentar o discurso de autoridade de um concurso de relevância nacional. Sem o *software*, e uma abordagem contextualizada, não chegaríamos a críticas tão refinadas.

Entendo, a partir dessa experiência, que o processo efetivo de aprendizagem não passa pela simples operação de um computador para acesso de dados, mas, principalmente, por uma gestão desses dados a partir das necessidades discentes. Anjos (2008) diz que a modelagem computacional aplicada a problemas de Física transfere para os computadores a tarefa de realizar os cálculos, deixando o estudante com maior tempo para pensar nas hipóteses assumidas, na interpretação das soluções e expansões do modelo que possam ser realizadas.

Mas o uso intensivo de tecnologias é uma alternativa recente no ensino de Física, se comparado às outras questões apontadas, e existe um variado espectro de opiniões e entendimento de uso dos simuladores, e, dentre as opiniões, tem sido recorrente a defesa da tecnologia como uma solução final para as lacunas no ensino de Física. Vale ressaltar, inclusive para compreensão do contexto da pesquisa, que todos esses simuladores são citados, ou de alguma forma, referenciados, nas entrevistas.

Xavier et al (2017) apresentam outros simuladores e suas principais características, no qual todos contemplam a disciplina de Física para o EM:

Banco Internacional de objetos educacionais: Este repositório possui objetos educacionais de acesso público em vários formatos que podem ser acessados isoladamente ou em coleções. Contempla a educação infantil, ensino fundamental, ensino médio, educação profissional, educação superior, educação de jovens e adultos e educação escolar de indígenas. O banco possui quase vinte mil objetos publicados, e está disponível para cinquenta e três países e onze idiomas.

Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching – MERLOT: É uma curadoria on-line livre e aberta que oferece materiais de ensino e aprendizagem com uma variedade de serviços e funções, como: exercícios, páginas web, simulações, ferramentas de

avaliação, tutoriais e muitos outros. Composta por dezenas de milhares de materiais específicos de diversas áreas do conhecimento. Todo o conteúdo passa por uma rigorosa revisão por pares, sendo este um dos motivos que o faz bastante conhecido. Constituído por uma parceria da Universidade Estadual da Califórnia com outras instituições de ensino, associações profissionais e indústria.

Rede Interativa Virtual de Educação – RIVED: O RIVED é um programa da secretária de educação à distância, que tem por objetivo a produção de conteúdos pedagógicos digitais, na forma de objetos de aprendizagem. São disponibilizados objetos de aprendizagem de Ciências, Biologia, Física, Matemática, Química, Português, História, Artes e Geografia, para os níveis fundamental, médio, profissionalizante e superior. As atividades interativas, em forma de objetos de aprendizagem, permitem a experimentação de fenômenos físicos, químicos e outros por meio da simulação e animação, apresentando uma sequência de atividades multimídia interativa acompanhadas de guias do professor. Além de promover a produção e publicar na rede os conteúdos digitais para acesso gratuito, o RIVED realiza capacitações sobre a metodologia para produzir e utilizar os objetos de aprendizagem nas instituições de ensino superior e na rede pública de ensino.

Laboratório Didático Virtual - LabVirt: No LabVirt está disponível simulações feitas por equipe própria, links para simulações e sites interessantes, exemplos de projetos na seção “projetos educacionais”, respostas de especialistas para questões enviadas através do site, fóruns, artigos, notícias científicas e outros recursos, tudo isso para as disciplinas Física e Química. É coordenado pela faculdade de educação da Universidade de São Paulo.

ComPADRE: É uma rede de recursos on-line e comunidades que dão suporte ao ensino de Física e Astronomia. Cada coleção contém um catálogo de materiais para o ensino e aprendizagem que são selecionados por editores. Alguns recursos e ferramentas disponíveis pelo ComPADRE são: Simulações, animações, ilustrações de sistemas e processos físicos, tutoriais, atividades, resultados de pesquisa que descrevem melhores práticas na educação em ciências, suporte para professores em novos e particulares temas da Física, espaço para debate entre estudantes e professores, resumos, apresentações e artigos.

Portal do professor: É uma parceria entre os Ministérios da Ciência e Tecnologia e da Educação, e tem por objetivo apoiar os processos de formação dos professores brasileiros e enriquecer a sua prática pedagógica. Professores de todo o país podem compartilhar suas ideias, propostas, sugestões metodológicas para o desenvolvimento dos temas curriculares e para o uso dos recursos multimídia e das ferramentas digitais. O professor tem uma vasta quantidade de material disponível no portal, sendo: espaço para produzir e compartilhar sugestões de aula, acesso a diversas informações sobre a prática educacional, recursos multimídia, acesso a materiais de estudo, interação e colaboração com outros professores e acesso a links nacionais e internacionais para auxiliar a pesquisa e formação dos professores.

Seguindo sobre as justificativas para o uso de tecnologias em sala de aula, Barbosa et al (2017a) defendem a aplicação desses recursos pedagógicos como modelo de superação de métodos ultrapassados de ensino. Em seu argumento, os alunos encontram dificuldades porque

Uma das peculiaridades da Física que a torna difícil, se deve ao fato do aluno lidar com conceitos abstratos e contra intuitivos, o que o leva a ter dificuldade em relacionar a Física com suas experiências do dia a dia. Além disso, existem em métodos de ensino ultrapassados, que não levam em consideração as mais recentes teorias de aprendizagem, assim como a falta da utilização de recursos pedagógicos mais modernos como, por exemplo, as novas tecnologias de informação e comunicação. (BARBOSA et al, 2017, p.2)

Medeiros, Crovador e Silva (2018) apresentam um simulador computacional para demonstração das propriedades de um gás ideal, permitindo a visualização de um fenômeno microscópico, das colisões moleculares, para demonstrar uma relação com as grandezas macroscópicas do gás. Sobre esse recurso ele aponta que

A partir da visualização da evolução de um fenômeno em simuladores, os alunos podem compreender como é o comportamento das diferentes grandezas ligadas ao fenômeno físico. No sentido da compreensão de como os fenômenos microscópicos geram os macroscópicos, o uso de simuladores que possam demonstrar como, a partir das colisões entre moléculas, emerge o conceito da energia e da temperatura, é uma justificativa importante para o desenvolvimento de simuladores e objetos de aprendizagem para a área da Termodinâmica. (MEDEIROS; CROVADOR; SILVA, 2018 p.575)

No intuito de materializar um conceito abstrato, esse *software* cria condições para a visualização de um fenômeno difícil de ser abordado em sala de aula. O estudo da termodinâmica, assim como os demais conteúdos da Física, é fortemente centrado na resolução de exercícios teóricos que desconsideram influências externas ao fenômeno físico e enfatizam,

a interpretação matemática. Assim, os simuladores surgem como um novo elemento para as salas de aula da educação básica.

Macêdo et al (2014) também indicam um aumento das pesquisas com uso de simuladores no ensino de Física e enaltecem os benefícios para a aprendizagem diante das dificuldades em Ciências da Natureza

O ensino de disciplinas da área de ciências da natureza, na maioria das escolas, tem se tornado tedioso, baseado simplesmente em aulas teóricas. O uso de experimentos reais ou virtuais pode contribuir para amenizar essa situação, pois é uma das formas de despertar a curiosidade, estimular o debate científico e aprimorar o senso crítico dos alunos. O custo de equipamentos informatizados na atualidade é relativamente baixo. Várias escolas possuem laboratórios de informática que estão em desuso, às vezes por despreparo do professor, que não recebeu formação inicial ou continuada adequadamente, apesar de vários esforços empreendidos pelo poder público (MACÊDO et al, 2014, p.188).

Certamente um formato que estabeleça uma possibilidade de aprendizagem mais atrativa é bem-vinda, mas a superação de uma relação de ensino unilateral, que leve a apropriação de conteúdos e desenvolvimento de habilidades, é um processo que envolve elementos além da presença de um recurso computacional, dentre eles o protagonismo estudantil diante de uma situação problema. Provavelmente o professor que utilize em sua prática um artefato digital acredite que está rompendo a lógica tradicional de ensinar, muitas vezes identificada como transmissão de conteúdos, pela simples aplicação de um artefato digital.

Existe um vasto espectro de aplicações para as simulações, mas não é incomum uma visão central excessivamente positiva desses artefatos. O artigo de Barbosa et al (2017b) aborda o “experimento de Oersted”, que é uma tradicional prática desenvolvida em salas do EM com materiais de baixo custo e fácil acesso (bússola, pilhas e fios). Chaib et al (2007) descrevem o experimento que tem como objetivo verificar a influência de um fio condutor, percorrido por uma corrente elétrica, na agulha de uma bússola. O posicionamento sobre o uso do aplicativo, que cria um experimento virtual, abre questionamentos para a função do artefato digital nesta proposta de abordagem. Neste caso, a proposta dispensa o experimento, mas fica o questionamento se apenas o artefato digital conseguirá o engajamento, protagonismo e geração de hipóteses possíveis em uma manipulação experimental. A aplicação com o uso exclusivo do artefato não levanta a possibilidade que a simulação seja um artefato complementar, optando pela exclusividade de um recurso virtual.

Tal posição salvadora da tecnologia permite muitos questionamentos, pois, o experimento que foi o pontapé para a criação do motor elétrico, pode ser explorado em

inúmeros contextos, inclusive em aspectos históricos e experimentais.

Uma outra questão, apontada por Martins, Garcia e Brito (2011), na educação básica há um uso crescente do uso de simulações a partir de softwares pré-elaborados, mas os conteúdos de Mecânica são privilegiados. Ou seja, existe uma falta de diversificação temática desses objetos de aprendizagem.

Em uma análise da área, Moreira (2013) sintetiza a realidade e a expectativa para o ensino de Ciências no Século XXI e aponta a necessidade da inserção das tecnologias digitais nas salas de aula, mas, como bem apresentado, existe uma gama de apontamentos listados que ainda não foram atingidos.

Tabela 2 – Apontamentos sobre o ensino de Ciências no Século XXI.

O ENSINO DE CIÊNCIAS NO SÉCULO XXI	
COMO É	COMO DEVERIA SER
CENTRADA NO DOCENTE, NA APRENDIZAGEM MECÂNICA DE CONTEÚDOS DESATUALIZADOS	Centrado no aluno e no desenvolvimento de competências científicas de competências científicas como modelagem, argumentação, comunicação e validação.
	Focada na aprendizagem significativa de conteúdos clássicos e contemporâneos.
BASICAMENTE DO TIPO “ENSINO PARA TESTAGEM”, FOCADA NO TREINAMENTO PARA DAR RESPOSTAS CORRETAS.	Fazendo uso intensivo de tecnologias de informação e comunicação como, por exemplo, em laboratórios digitais.
	O Professor e o computador como mediadores
AO INVÉS DE BUSCAR A INTERFACES E INTEGRAÇÕES ENTRE DISCIPLINAS, AS COMPARTIMENTALIZA OU SUPÕE QUE NÃO EXISTEM.	Não ficar buscando talentos, por exemplo, em Física, mas começar a desenvolver talentos, fundindo a aprendizagem ativa centrada no aluno com a prática deliberada. Ensino de Física não é uma questão de encher um cérebro de conhecimentos, mas de desenvolver esse cérebro em Física.

Fonte: (Moreira, 2013).

Um elemento relevante na aplicação de simuladores, é saber que a instituição escolar ainda é pautada no conteudismo, memorização e fragmentação dos saberes. Falar em autonomia e criatividade com a salvação tecnológica, de certa forma, é marginalizar os processos de ensino-aprendizagem.

De uma maneira geral pode-se verificar que a docência com tecnologias necessita de aprofundamento teórico e fundamentação na empiria para abrir novos horizontes não somente conceituais, mas, também, de práticas, sempre encorajando um maior “estranhamento” com relação ao maniqueísmo representado na polarização entre discursos tecnófilos e tecnófobos (FERREIRA, 2015). Certamente um profissional de educação reflexivo, que verifique a medida “quantidade x qualidade”, poderá ter maior sucesso na associação de práticas a partir de artefatos digitais. Assim, após um panorama das plataformas e divergências de concepções de uso, faz-se necessário uma compreensão do terreno dessas aplicações e o segmento de atuação dos entrevistados dessa pesquisa.

2.3 O Ensino Médio no Século XXI

No Brasil, a Lei nº 9.394/96 (BRASIL, 1996), a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, estabeleceu a educação básica como um nível da educação nacional, cuja composição se organiza em três etapas: educação infantil, ensino fundamental e ensino médio, substituindo o termo 2º grau. Mas, para um entendimento anterior sobre o EM, Ramos e Heinsfeld (2017) consideram que a origem desse segmento no Brasil está situada no período colonial por meio da educação jesuítica e que, historicamente, sua organização sistêmica teve como função social a formação de uma classe dominante para a entrada no nível superior.

Dallabrida (2009) aponta que, apenas na década de 1930, mudanças foram promovidas no então ensino secundário. E que esse processo de institucionalização ocorreu a partir da criação do Ministério dos Negócios da Educação e Saúde Pública, que estabeleceu organicidade ao ensino secundário brasileiro, que passou a compor a base de um sistema nacional articulado com as normas do Governo Federal. A Reforma Campos, de 1931, que por meio do Decreto nº 19.890/1931 (BRASIL, 1931), organizou nacionalmente o ensino secundário:

[...] por meio da fixação de uma série de medidas, como o aumento do número de anos do curso secundário e sua divisão em dois ciclos, a seriação do currículo, a frequência obrigatória dos alunos às aulas, a imposição de um detalhado e regular sistema de avaliação discente e a reestruturação do sistema de inspeção federal. (DALLABRIDA, 2009, p. 185).

Após o período da década de 1930, foram muitas as tentativas de harmonizar essa etapa de ensino. A Lei de Diretrizes e Bases de 1961, Lei nº 4.024/61 (BRASIL, 1961), possibilitava, por exemplo, aos diplomados de escolas técnicas o ingresso automático no curso superior.

Já a reforma educacional dos governos militares, Lei nº 5.692/71 (BRASIL, 1971),

apresentava uma ideia de escola média única, estabelecendo os três anos para o então 2º grau, para jovens de 15 a 17 anos, com profissionalização obrigatória.

Assim, o EM se construiu no Brasil com muitos dilemas e contradições, e chegamos ao Século XXI com enormes lacunas na etapa final da educação básica. Silva et al (2016) realizaram um levantamento da taxa de abandono por unidade federativa no ano de 2011. A maior taxa de abandono, por ano, do EM registrada foi no Rio Grande do Norte, com 19,3%, um índice quatro vezes maior que a registrada em São Paulo, de 4,5%. O Brasil mantém uma média de 13% de abandono por ano no EM.

Como forma de enfrentamento para essas dificuldades, o governo brasileiro lançou em 2017 o Novo Ensino Médio, através da Lei nº 13.415/2017 (BRASIL, 2017c), com a flexibilização curricular, constituído pela Base Nacional Comum Curricular e o Itinerários Formativos. Nessa lei também existe o indicativo de ampliação da carga horária de 2.400 horas totais, para 3.000 horas nas escolas do EM, com essa ampliação prevista até 2022.

No Art. 4 da mesma lei, há a determinação da alteração do texto original do Art. 36, da Lei nº 9.394/1996, passando a vigorar a seguinte redação:

Art. 4. O currículo do ensino médio será composto pela Base Nacional Comum Curricular e por itinerários formativos, que deverão ser organizados por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino, a saber:

I - linguagens e suas tecnologias;

II - matemática e suas tecnologias;

III - ciências da natureza e suas tecnologias;

IV - ciências humanas e sociais aplicadas;

V - formação técnica e profissional. (BRASIL, 2017c)

A Portaria 1.432, de 28 de dezembro de 2018 (BRASIL, 2018), em conformidade com a Lei do Novo Ensino Médio, estabeleceu referenciais para a elaboração da Base Comum e dos Itinerários Formativos. Essa Portaria diz que conjunto de competências e habilidades das Áreas de Conhecimento (Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas) previstas na etapa do EM da Base Nacional Comum Curricular - BNCC, que aprofundam e consolidam as aprendizagens essenciais do Ensino Fundamental, a compreensão de problemas complexos e a reflexão sobre soluções para eles, com carga horária total máxima de 1.800 horas.

Já os Itinerários Formativos, o conjunto de situações e atividades educativas que os estudantes podem escolher conforme seu interesse, para aprofundar e ampliar aprendizagens em uma ou mais Áreas de Conhecimento e/ou na Formação Técnica e Profissional, com carga horária total mínima de 1.200 horas, organizam-se a partir de quatro eixos estruturantes:

Investigação Científica, Processos Criativos, Mediação e Intervenção Sociocultural e Empreendedorismo.

Ou seja, os conhecimentos de Física estarão contemplados na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e ofertados na Base Nacional Comum Curricular, e nos Itinerários Formativos, para os estudantes que seguirem por esses estudos eletivos. E sobre os objetivos dessa área, a BNCC diz que

O Ensino Médio deve, portanto, promover a compreensão e a apropriação do modo de “se expressar” próprio das Ciências da Natureza pelos estudantes. Isso significa, por exemplo, garantir: o uso pertinente da terminologia científica de processos e conceitos (como dissolução, oxidação, polarização, magnetização, adaptação, sustentabilidade, evolução e outros); a identificação e a utilização de unidades de medida adequadas para diferentes grandezas; ou, ainda, o envolvimento em processos de leitura, comunicação e divulgação do conhecimento científico, fazendo uso de imagens, gráficos, vídeos, notícias, com aplicação ampla das tecnologias da informação e comunicação. Tudo isto é fundamental para que os estudantes possam entender, avaliar, comunicar e divulgar o conhecimento científico, além de lhes permitir uma maior autonomia em discussões, analisando, argumentando e posicionando-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia (BRASIL, 2017).

Esse trecho aponta que o objetivo da educação formal em Física é possibilitar uma arena de criação e pensamento crítico, com uma educação que valorize a cidadania e promova a pesquisa e acesso de qualidade à informação. E ainda, para a garantia de seus direitos e do compromisso de seus deveres, o indivíduo precisa estar preparado para participar da sociedade democrática. E essas conquistas só ocorrem através da promoção de espaços escolares de qualidade.

Mas, a superação de um paradigma de transmissão é, em tese, completamente consoante com o discurso das possibilidades com os artefatos digitais. A grande questão é que, mesmo ocupando posição chave na sociedade contemporânea, frequentemente, o debate sobre a aplicabilidade das tecnologias digitais é recheado de estereótipos de salvação e salto de qualidade imediato, e essa distorção não pode ser desprezada. Maia e Barreto (2012) evidenciam as contradições presentes nas políticas públicas, para as tecnologias digitais na educação, e apontam que existe um descompasso entre a aquisição de recursos e a preparação docente. E ainda, a inserção desses recursos não correspondem uma mudança de desempenho dos estudantes.

Entretanto, com um macro entendimento da situação do EM no Brasil, e da produção da pesquisa de ensino de Ciências da Natureza, defendo que as tecnologias digitais podem,

efetivamente, alavancar a produção pedagógica na educação básica, a partir de uma inserção alinhada com os propósitos de aprendizagem.

O ensino de Física no EM possui a expectativa de avançar na qualidade e vencer uma cultura baseada na exposição e resolução exercícios. De toda forma, não se pode desprezar que a gestão da informação exige uma nova postura dos educadores. Certamente, esses profissionais devem orientar a melhor escolha dentre a enxurrada de informações e conteúdos possíveis nos espaços educativos. Mas, para essa apropriação com ampliação de repertório, é necessário superar a metáfora fundante em que o aluno é visto como um copo vazio e agente passivo, pois desta forma ele não se tornará um sujeito autônomo.

Nessa busca por uma educação mais significativa, Lemgruber e Oliveira (2011) também apontam que é um objetivo da educação básica desenvolver a capacidade argumentativa para a formação do cidadão. Seguindo essa ideia, a Escola deve oportunizar o exercício argumentativo na sua prática cotidiana. Segundo eles as

Opiniões fazem parte de nosso dia a dia. Frequentemente, estamos defendendo uma ideia, nos opondo a outras, tentando convencer alguém a fazer ou deixar de fazer alguma coisa. A capacidade de seus cidadãos de tomar a palavra em público, de sustentar um ponto de vista, é condição para a existência de uma sociedade democrática [...]. É o reconhecimento de que, para formar o tão propalado “cidadão crítico e consciente”, a Escola deve propiciar, constantemente, situações onde o exercício argumentativo se oportunize (LEMGRUBER e OLIVEIRA, 2011, p.23)

Mas esse não é o cenário que encontramos, e para um entendimento mais amplo de como chegamos a um modelo de ensino repetidor e conteudista, se faz necessário entender, minimamente, o EM no Brasil para desdobrarmos as possibilidades do ensino de Física.

Kawczyke e Silva (2017) realizaram um amplo levantamento das desigualdades educacionais no EM. Através de uma análise socioeconômica de jovens que realizaram o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), na série histórica de 1998 a 2014, com os dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). A pesquisa apontou que, apesar da nítida expansão do acesso à educação básica no Brasil, este segmento ainda é cercado de contradições.

A massificação do acesso ao EM, no Brasil, foi bastante tardia, mesmo se comparada a outros países sul-americanos, por conta de um foco maior no ensino fundamental. A partir dos anos 1990, ocorreu uma política de correção de fluxo no ensino fundamental que impulsionou a demanda ao EM. A tabela abaixo indica a evolução das matrículas no EM no Brasil, com um aumento significativo a partir da virada do Século XXI, seguido de uma estagnação a partir da segunda década.

Tabela 3 – Evolução das matrículas no Ensino Médio (regular) brasileiro – 1991 a 2016.

ANO	NÚMERO DE MATRÍCULAS
1991	3.772.698
2001	8.398.008
2004	9.169.357
2012	8.376.852
2016	8.133.040

Fonte: Kawczyke e Silva (2017)

Mas, paralelamente à expansão das matrículas, ocorre a precarização das condições de infraestrutura, desvalorização docente e a falta de professores habilitados em diversas áreas. Neste quesito, de docentes atuando em disciplinas diferentes da sua formação, a lacuna da disciplina de Física no Ensino Médio é um destaque negativo.

Rezende Pinto (2014) realizou um levantamento da demanda por componente curricular para o Ensino Médio e sua pesquisa aponta para uma grande deficiência de licenciados em Física. Para sua análise, foram considerados como base os concluintes de 1990 a 2010, tal como demonstrado na tabela.

Tabela 4 – Comparação entre a demanda estimada de professores e concluintes (1990 – 2010) por componente curricular (x mil).

Comp. Curricular	Demanda	Concluintes	Concluintes/demanda
Física	25,8	18	0,7
Química	25,8	31	1,2
Biologia	25,8	202	7,8
Matemática	131,3	147	1,1
Língua portuguesa	131,3	325	2,5

Fonte: Rezende Pinto (2014)

A pesquisa aponta ainda que se todos os ingressantes houvessem concluído o curso de licenciatura em Física, teríamos uma disponibilidade de professores que corresponderia ao dobro da demanda. Não é incomum o estudante que chega à licenciatura em Física apresentar uma formação deficiente e não conseguir uma sequência dentro do curso.

Quadro Peduzzi (1985) já indicava que a maioria dos estudantes de cursos

introdutórios de graduação em Física e Matemática, em meados da década de 1980, não compreendia a relação entre movimento e força, conceito básico de Mecânica que ocupa parte significativa de uma ementa do nível médio. Já Barroso e Falcão (2004) apontam que, em cursos de graduação de Engenharias e Ciências Naturais, a evasão ocorre majoritariamente nos dois primeiros anos do curso e, em geral, está associada ao fracasso nas disciplinas de Física I e Cálculo I.

O trabalho de Araújo e Vianna (2011) aponta que nem com a ampliação de políticas públicas para acesso à universidade, o número de vagas ociosas nas licenciaturas continuou elevado. Eles afirmam que

ao observar os resultados da ampliação das vagas nos cursos de licenciatura investigados, constatou-se que não houve um crescimento proporcional de candidatos ou de ingressos. É importante compreender os motivos que levam a população a não optar pelos cursos de licenciatura ao se candidatar a uma vaga no Ensino Superior, pois não é somente por questões de preferência pessoal que um terço das vagas ofertadas tenham ficado ociosas em um país com tão poucas oportunidades de cursar uma universidade (ARAÚJO e VIANNA, 2011, p. 82)

É muito difícil não correlacionar as estatísticas com as consequências danosas para a Física do EM. E, apesar de ser apenas mais um parâmetro, as avaliações nacionais e internacionais para esse segmento apontam para uma baixa qualidade do ensino de Ciências para os jovens brasileiros. Gonçalves e Barroso (2014) realizaram uma análise do desempenho dos ENEM e indicam que, para as questões de Física, o percentual de acertos nos itens quase sempre é baixo, e que questões que exigem algum tipo de conhecimento disciplinar, ou raciocínios matemáticos, apresentam um desempenho sensivelmente mais fraco.

Infelizmente, chegamos ao Século XXI com macro indicadores pessimistas e sem o rompimento com um nível médio centrado na avaliação e entendida, na sua concepção pedagógica, como um rito de passagem para o curso superior. Em suma, o ensino da Física estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados. “Estamos no século XXI, mas a Física ensinada não passa do século XIX” (MOREIRA, 2013, p.2). Isso ocorre porque continuamos ocupando as aulas com alavancas, planos inclinados e análise de movimentos em detrimento da Física Quântica, de Partículas, de Plasma, de Supercondutividade, e Astronomia, entre outros assuntos contemporâneos.

Sua prática pedagógica treina para testes, é centrada no docente, segue o modelo de narrativa em oposição à perspectiva humanística de educação, do que Freire (2005) aborda como a perspectiva “bancária” de educação. Além disso, não incorpora as tecnologias de forma

reflexiva e integrada, não aborda a Física como uma Ciência baseada em perguntas, modelos, metáforas, aproximações e, em geral, é baseado em um único livro texto ou em uma apostila.

Um aspecto central no atual contexto do ensino de Física no EM é o fato de que a abordagem nesta etapa de ensino é majoritariamente realizada através de resolução de exercícios que enfatizam a interpretação matemática, na contramão de um ambiente problematizador e que valorize o questionamento por parte do estudante. Tais atividades didáticas, de resolução de exercícios, realmente ocupam uma grande parcela das aulas de Física e essa prática não é a garantia de uma construção sólida dos conceitos envolvidos.

Nesta linha, Custódio, Clément e Ferreira (2012) indicam que o número de horas delegadas a este tipo de atividade, exercícios teóricos de livros e apostilas durante as aulas, não garantem melhoria no desempenho de estudantes, quando submetidos a exames internos ou externos, e que, em muitos casos, não há indícios de superação de concepções prévias.

Essa cultura implantada no ensino da Física está atrelada em “buscar a fórmula adequada” para a resolução de um exercício teórico. Ela evidencia, dentre outras coisas, uma prática focada no procedimento em si, em detrimento da experimentação e dos campos conceituais envolvidos. Sousa e Fávero (2012) sintetizam as expectativas dos professores de Física sobre a resolução de problemas e abordagem de conceitos teóricos.

Os professores tendem a interpretar a resolução de problemas como mera aplicação do conhecimento conceitual, não como componente integrante e inseparável da assimilação do conhecimento físico. Eles percebem a resolução de problemas como evidência de aprendizagem do conhecimento declarativo. Creemos que tal percepção é equivocada em termos do ensino da Física, pois tal ensino deve envolver, com o mesmo peso, três componentes essenciais: a teoria, o laboratório e a resolução de problemas. (SOUSA e FAVERO, 2011, p.20)

Nesse contexto, uma grande contribuição é o trabalho de Massoni e Moreira (2016), que consiste em um estudo de caso etnográfico com o objetivo de compreender a cultura da Física ensinada em uma turma de terceiro ano do ensino médio em uma escola pública de Porto Alegre. O trabalho é o descritivo de uma realidade de baixo rendimento, dificuldades de concentração e inúmeras questões de organização escolar.

A investigação atribuiu o baixo rendimento encontrado a fatores externos, internos e pedagógicos. Os fatores externos são associados a políticas públicas descomprometidas e recursos financeiros escassos. Os fatores internos são os problemas de gestão da unidade escolar, tal como o controle financeiro e o acompanhamento da Coordenação Pedagógica. Nos fatores pedagógicos, aqueles diretamente relacionados com as estratégias didáticas do

docente, o relato destaca a capacidade do professor regente, inclusive indicando a boa vontade para atendimentos individuais e escuta para dificuldades, mas cujo o tempo de aula era quase exclusivo para repetidas listas de exercícios e que, durante o período de observação, não houve nenhuma utilização de gráficos, não foram destacados fatos históricos e não foi oferecido nenhuma contextualização dos conceitos. Vale destacar que o período de imersão, em uma turma matutina de 37 alunos, foi de 49 horas-aula de 50 minutos de duração.

Outro aspecto enfrentado na Física do EM é a ausência de conteúdos correlacionados com aspectos mais modernos e práticos da Física, como a Física Moderna e Contemporânea (FMC), e a História e Filosofia da Ciência (HFC). Stannard (1990) relata as motivações dos estudantes acerca da FMC em sua pesquisa. O autor realizou uma investigação com 250 crianças inglesas, com a idade de 12 anos, e constatou que muitas delas já possuíam noções sobre buracos negros e o Big Bang. Constatou também que o interesse em tópicos da FMC, tais como Relatividade, Teoria Quântica, bem como Astrofísica foram os que mais influenciaram estudantes de Física a se interessarem pelo curso. Zanetic (2002) argumenta que a FMC deve fazer parte da formação geral do cidadão contemporâneo, independentemente dos interesses individuais ou das motivações profissionais dos mesmos. Mas, mesmo com um potencial promissor, esses assuntos enfrentam resistência e dificuldades para serem tratados na Educação Básica.

Osterman e Moreira (2016), em uma revisão bibliográfica sobre a pesquisa em FMC no ensino médio em artigos, livros didáticos, dissertações e teses e projetos, verificaram uma grande concentração de publicações exclusivamente em forma de divulgação ou como bibliografia de consulta para professores do ensino médio. Por outro lado, existe uma lacuna de trabalhos sobre pesquisas que relatam propostas testadas em sala de aula. Pinto e Zanetic (1999) apontam que a falta de professores para ensinar a FMC é uma realidade nessa faixa de ensino.

Farias Marque et al (2019) apresentam a análise de artigos científicos publicados em periódicos da área de ensino de Física, entre os anos de 2008 a 2018, que abordaram os temas da FMC no Ensino Médio. A maior parte das pesquisas durante a década sugerem atividades para aplicação em sala de aula de conceitos de FMC, mas menos da metade destes trabalhos as aplicações são testadas em ambiente escolar.

Um exemplo de experiência relatada por Barcellos e Guerra (2015), que auxiliaram um professor de Física na busca de subsídios para abordar conteúdos de FMC em sala de aula de nível médio, mostrou momentos de ruptura com a cultura escolar da Física com a aplicação

de conceitos pouco usuais na Educação Básica.

A inserção da HFC também é outra possibilidade que não conseguiu ser uma ação ampla e estruturada nos cursos de Ensino Médio. Existem inúmeros motivos que tornam a HFC um caminho interessante para nossos estudantes, como, por exemplo, gerar uma conexão com ideias do passado a serviço de conteúdos curriculares. Como exemplo, temos a queda dos corpos, onde nossas primeiras percepções são aristotélicas, tal como as noções iniciais de movimento. O conceito espontâneo de calor também pode ser enfrentado através de uma abordagem histórica.

A HFC não é uma abordagem puramente de fatos, mas uma oportunidade de tratarmos conceitos de forma complexa e abrangente. É possível explicar o mesmo fenômeno com uma multiplicidade de razões para aceitarmos as explicações que temos hoje e, principalmente, não induzir o estudante para uma ideia estática de Ciência, oportunizando uma visão menos dogmática.

Höttecke e Silva (2011) analisaram os obstáculos para implementação da HFC em países europeus e em Israel, com o foco na aprendizagem de conceitos científicos e desenvolvimento profissional dos professores. Nessa análise, percebe-se que alguns problemas brasileiros são similares aos desses países, tendo uma escala de abrangência mais desfavorável para nosso país por questões de infraestrutura e políticas públicas. Essa análise conseguiu identificar quatro tipos de obstáculos principais que, apesar de estarem a serviço de uma investigação de HFC, podem ser amplificadas para o ensino de Física como um todo. São eles (a) a cultura de ensinar Física; (b) as habilidades e crenças epistemológicas e didáticas de professores e alunos; (c) estrutura institucional e (d) o livro texto.

Ainda são muitos os desafios para o ensino de Física no EM, e todo escopo de possibilidades, entender o funcionamento da Ciência, como as teorias são construídas e quais são as limitações de um experimento, por exemplo, ainda são periféricas no processo de ensino e aprendizagem. É verdade que as relações com o fazer científico não são validadas como conteúdo, mas todas essas questões estão centradas em uma cultura educacional do segmento. Por isso, se faz necessária uma análise da origem dos procedimentos e códigos estabelecidos pela cultura do ensino de Física.

2.4 A Cultura do Ensino de Física no Brasil

Hoje, temos uma cultura de ensinar Física na educação básica que é altamente estável. Quando se fala em crenças, atitudes e habilidades, estamos tratando a confiança que o professor tem em atingir os seus alunos. E o professor de Física acredita que pode mudar cada estudante a partir dos acordos impostos por essa cultura. Essas crenças, sobre o ensinar e aprender, e o próprio processo, as metodologias e o currículo, também são estáveis.

Existe uma expectativa profissional, que é construída a partir desses acordos, e direciona Professores de Física para um coletivo de sequências e atividades clássicas (aulas expositivas, roteiros de laboratórios e listas de exercício, por exemplo). Nesse sentido, vale destacar que a expectativa profissional apontada por Carvalho e Pérez (1995):

Quando se solicita a um professor em formação ou em exercício que expresse sua opinião sobre “o que nós, professores de Ciências, deveríamos conhecer – em um sentido mais amplo de “saber” e “saber fazer” – para podermos desempenhar nossa tarefa e abordar de forma satisfatória os problemas que esta nos propõe”, as respostas são, em geral, bastante pobres e não incluem muitos dos conhecimentos que a pesquisa destaca hoje como fundamentais. (CARVALHO e PÉREZ, 1995, p.14)

A resolução de exercícios é uma atividade central e, além das metodologias, o caminho dos conteúdos ensinados possui uma organização clássica. Eu me atreveria a dizer que os professores esperam, de alguma forma, tratar de conteúdos de Cinemática na 1ª Série do Ensino Médio, Calor na 2ª Série e Magnetismo na 3ª Série. Certamente existe uma lógica plausível para essa tomada de decisão, como a justificativa de tratar as ideias de Campo no final de um segmento de ensino, onde o estudante está mais amadurecido em seus processos de aprendizagem.

Mas existe uma estrutura maior que permeia a prática. Rosa e Rosa (2005) entrevistaram doze professores em exercício em Escolas pública e privadas de ensino médio afim de perceber o processo de seleção de conteúdos nas diferentes séries. A primeira questão emergida foi que a divisão dos assuntos por série é praticamente imposta pelo projeto político pedagógico, e que por se tratar de programas amplos, o acesso ao curso superior é o principal item no processo de seleção interna. Diante dessas questões, verificamos que existe um reforço da cultura de se ensinar a Física no EM.

Por outro lado, os próprios estudantes possuem em seu imaginário a presença exclusiva de fórmulas, listas de exercícios, sequências expositivas e, se estiver em uma unidade escolar

de alto rendimento, alguma prática experimental para consolidar os conceitos e teorias.

Na minha própria experiência profissional tenho a oportunidade de participar de um grupo de debate chamado de “Encontro de Professores e Alunos”, tratado carinhosamente como “EPA”. Esse é um encontro trimestral onde os representantes dos estudantes apontam, para seus professores, as percepções das aulas ao longo do período acadêmico. Sem dúvida, é um espaço de muito crescimento e diálogo, onde o protagonismo estudantil é devidamente estimulado. Mas, não foram poucas as ocasiões onde me deparei com estudantes reclamando das metodologias ativas de aprendizagem, como a “Aula Invertida”, e pedindo “mais exercícios do tipo ENEM”. Claro que cabe ao docente a melhor estratégia para as aulas, mas a voz de um coletivo também demonstra a força de uma cultura e a expectativa desses estudantes.

Mas, como nasce um acordo tão forte? Para tratar esse “nascimento” no ensino de Física no Brasil, vou considerar, para a análise do cenário contemporâneo, os fatos que emergem a partir da metade do Século XX.

Rosa e Rosa (2005) indicam que as primeiras aulas de Física no Brasil ocorreram no Colégio Pedro II, em 1837. Para o desdobramento que se pretende, a relação entre o atual contexto do ensino de Física e os artefatos digitais para a educação, vou considerar as questões mais relevantes após a Segunda Guerra Mundial.

Esse marco temporal também se faz necessário pelo episódio da Guerra Fria, onde nos anos sessenta os Estados Unidos fizeram investimentos em educação sem paralelo por conta da corrida espacial.

Lemgruber (1999) trata esse período do ensino de Ciências como o “efeito Sputnik”, pois é nesse contexto que se dá, em 1957, o lançamento do primeiro satélite artificial pelo bloco comunista.

O que chamei de “efeito Sputnik” na historiografia do ensino de Ciências, corresponde a esta apropriação superficial. Quanto à contextualização histórica, no pouco que se faz, há a presença quase que obrigatória do Sputnik. O lançamento do satélite soviético se tornou emblemático como o marco da inovação no ensino de Ciências, desencadeando a elaboração de novos projetos curriculares para o ensino de Ciências nos EUA como reação à vitória científica dos comunistas. (Lemgruber, 1999, p. 29).

Krasilchik (2000) define esses investimentos como “Projetos de 1ª Geração” do ensino de Física, Química, Biologia e Matemática para o Ensino Médio, ou, ainda, como “sopa de letrinhas”, uma vez que esses projetos, apoiados por universidades, eram conhecidos pelas suas siglas (Physical Science Study Committee – PSSC, Biological Science Curriculum Study – BSCS, Chemical Bond Approach – CBA, dentre outros.) Essa autora indica ainda que

A justificativa desse empreendimento baseava-se na ideia de que a formação de uma

elite que garantisse a hegemonia norte-americana na conquista do espaço dependia, em boa parte, de uma Escola Secundária em que os cursos das Ciências identificassem jovens talentos a seguir carreiras científicas (KRASILCHIK, 2000, p. 85).

Nesse cenário, destaca-se o projeto *Physical Science Study Committee* (PSSC), que foi um projeto de renovação curricular da Física do Ensino Médio desenvolvido pelo MIT, em 1956. Mas a primeira edição do PSSC foi publicada em 1960, com a versão em português publicada em 1963 pela Editora Universidade de Brasília. Por representar uma mudança de paradigma, é que a Física do PSSC é um bom referencial para início de conversa em relação ao ensino de Física no Brasil (MOREIRA, 2000, p.94).

Esse programa, o PSSC, não foi simplesmente uma nova coletânea de livros, já que na época o ensino de Física era quase integralmente baseado em textos, mas um conjunto de materiais instrucionais educativos e procedimentos metodológicos experimentais. Apesar dos avanços promovidos, Moreira (2000) destaca que um dos motivos da falência dos grandes projetos foi a falta de concepção de aprendizagem. Ou seja, esses projetos eram claros na forma de ensinar, demonstrações, experimentos ou projetos, mas pouco se pensava na perspectiva de quem aprendia, uma vez que a aprendizagem não ocorre no mesmo protocolo de materiais instrucionais.

É possível encontrar vídeos desses programas na plataforma de vídeo *Youtube*. Destaco o vídeo *Introduction to Optics*, que apresenta um panorama da abordagem, com um tratamento inicial para uma observação cotidiana e que segue para um ambiente experimental, provavelmente em ambiente universitário, indicando a ênfase em projetos.

Figura 8 – Sequência do filme do PSSC *Introduction to Optics*. A produção de 1959, em cores, trata de uma sequência que inicia uma aplicação cotidiana de sombras e passa para uma instrução laboratorial.



Fonte: Busca do autor na plataforma youtube.

Todo esse esforço refletiu nas políticas de ensino de Ciências no Brasil. Rosa e Rosa

(2005) trazem essa correlação para o cenário brasileiro

foi a partir dos anos de 1950, que a Física passou a fazer parte dos currículos desde o ensino fundamental até o médio, tendo sua obrigatoriedade ocorrido em função da intensificação do processo de industrialização no país. A este fator somou-se o incentivo dado ao ensino de Ciências nas escolas de formação básica nos anos pós-guerra (após o término da II Guerra Mundial) como forma de atrair estudantes para a formação superior nessa área do conhecimento. Este incentivo adveio do governo americano e estendeu-se por toda a América Latina, implementando um ensino caracterizado pelo domínio de conteúdos e pelo desenvolvimento de atividades experimentais, tendo como referência o modelo americano. Professores foram treinados em cursos específicos visando à perpetuação do modelo conteudista experimental. Este fato tem tido reflexos no ensino dessa Ciência até hoje em virtude de muitos professores que hoje ministram aulas, principalmente nas academias formadoras dos professores da educação básica, terem tido seu processo de formação fortemente identificado com a visão conteudista. (Rosa e Rosa, 2005, p. 4).

Pena e Freire Júnior (2003) realizaram um levantamento da comunidade de pesquisadores em ensino de Física no Brasil entre 1960 e 1979. Com o objetivo de elaborar a história dessa comunidade e, assim, subsidiar o entendimento dos impasses atuais nas práticas pedagógicas e pesquisas da área. Esse levantamento aponta para a ênfase da “Física de Projetos”, reafirmando a importância do PSSC, e sua influência para a comunidade de ensino de Física do Brasil desse período. Nos anos sessenta, os marcos relevantes foram:

- As revistas de Ciência e Cultura da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e os encontros anuais organizados por essa organização;
- O foco das pesquisas de ensino para o ciclo básico dos cursos superiores, seguindo as reflexões para o Ensino Médio;
- Década com baixa produção intelectual, em termos numéricos, com 27 trabalhos levantados (14 comunicações, 6 traduções de livros, 4 conferências e 3 artigos). Nesse período não foi encontrado nenhum trabalho de pós-graduação na área (dissertação ou tese).
- Período de intensa atividade de tradução de materiais instrucionais, dos diversos Projetos, e o início de uma comunidade brasileira de pesquisadores em Ensino de Física.

Nos anos da década de 1970, foi notório o aumento da produção acadêmica em relação aos anos 1960 no Brasil. Esse mesmo estudo, de Pena e Freire Júnior (2003), conseguiram levantar 237 comunicações, 101 relatos de experiência, 64 artigos e o surgimento das primeiras

dissertações (32) e teses de doutorado (4). Esses números indicam o período com o impulso de uma comunidade em pleno desenvolvimento. Vale destacar a criação, no início dessa década, da primeira pós-graduação em ensino de Física do Brasil, no Mestrado de Física da USP. Outros fatos relevantes para o período, são:

- Surgimento de novos desaguadores para as pesquisas em Ensino de Física, com destaque para o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), com a primeira edição em 1970, e a Revista de Ensino de Física (REF) em 1979;
- O primeiro número da Revista Brasileira de Física em 1971;
- O surgimento de Projetos Nacionais que envolviam o Ensino de Física de forma direta ou indireta, como o *Projeto Brasileiro para o Ensino da Física* (PBEF), *Física Auto-instrutiva* (FAI), *Projeto de Ensino de Física* (PEF) e *Sistema Avançado de Comunicações Interdisciplinares* (SACI);
- As primeiras Teses de Doutorado em 1973: Professor Cláudio Zaki Din com o trabalho *Tecnologia da educação e a aprendizagem de Física* e da Professora Maria Pessoa de Carvalho com o tema *O ensino de Física na Grande São Paulo: Estudo sobre um processo de transformação*.
- As primeiras Dissertações de Mestrado em 1972: Uma do Professor Marco Antônio Moreira com o título *A organização do ensino de Física no ciclo básico da universidade* e do Professor Paulo Cezar de Bezerra com o trabalho *Extensão para um grande número de alunos e um modelo dinâmico probabilístico para o método Keller*.
- A primeira Tese de Doutorado realizada no exterior, em 1977, pelo professor Marco Antônio de Moreira, intitulada *Ausubelian approach to physics instruction: na experimete in an introductory College Course in Electromagnetism*, na Universidade de Cornell (Estados Unidos).
- Assim como a produção dos anos sessenta, os trabalhos são majoritariamente direcionados para o ciclo básico dos cursos superiores, seguido por propostas para o Ensino Médio.

Nascimento, Fernandes e Mendonça (2010) indicam que, enquanto os anos de 1970 foram marcados por privilegiar um fomento a pesquisa de ensino inspirada em uma “Ciência pura”, sem articulação da base científica com as aplicações tecnológicas, o período a partir da década de 1980 foi um contraponto. A influência da macroeconomia, nacional e mundial,

determinou o caminho desse período. Eles afirmam que

Durante os anos 1980 e 1990, o Estado passou a diminuir suas funções reguladoras e produtivas e abriu a economia ao comércio e à competitividade internacionais. Nesse período, a globalização da economia e a homogeneização dos critérios de competitividade passaram a influenciar fortemente a produção científica e tecnológica brasileira, segundo princípios neoliberais. Devido à influência crescente da racionalidade utilitária e da corrente de inovação imposta pelo capital internacional, a escolha de temas e métodos de pesquisa e as oportunidades para sua realização passaram a ser definidos principalmente por grupos que detinham interesses variados, afetando não apenas a pesquisa aplicada, mas fundamentalmente a pesquisa básica. A atividade científica realizada no âmbito das universidades reencontrou seu discurso legitimador principalmente devido à importância crescente da pesquisa básica para o desenvolvimento de novas tecnologias e aos avanços nos processos de inovação industrial (NASCIMENTO, FERNANDES e MENDONÇA, 2010, P.226).

Mas, a partir dos anos de 1990, fica evidente uma maior articulação entre ciência, tecnologia e sociedade. E essas necessidades, que deveriam estar na pauta dos professores de Física para o ensino médio, ainda são distantes das nossas salas de aula. Rosa e Rosa (2005) afirmam que, no século XXI, a abordagem da Física continua fortemente identificada com aquela praticada há cem anos atrás: voltada para a transmissão em aulas expositivas.

Vivemos a expectativa de que as ações e estratégias possibilitem um espaço desenvolvimento de competências e apropriação do saber científico. E no universo da cultura de como “ensinar Física”, que não é um sinônimo de “aprender Física”, uma perspectiva do discente, ainda existe a necessidade de iluminar o peso da resolução de exercícios nos espaços de aprendizagem, o contexto das práticas experimentais de Física e, fundamentalmente, passar pelo uso de novas tecnologias nos espaços escolares, cuja percepção dos professores de Física é o foco central desse trabalho.

Seguindo no ponto de vista das tecnologias em sala de aula, passamos o Século XX com grandes mudanças sociais e tecnológicas, mas a formação do professor até hoje não apresentou a flexibilidade necessária para esses contextos. Tão pouco as licenciaturas mudaram de forma significativa a sua estrutura e, desse modo, fica muito difícil mudar uma cultura de ensinar que se funda em uma tradição científica do Século XIX. Todas essas questões passam invariavelmente pelo professor, assim, a sua formação é um dos pontos fundamentais para tratarmos desses desafios.

Mesquita e Soares (2011) indicam que, no Brasil, os cursos de licenciatura foram criados na década de 1930, sendo ofertados pelas faculdades de Filosofia, Ciências e Letras existentes nas recém implantadas instituições de ensino superior. Esses cursos tinham o foco na formação docente para as escolas secundárias de um Brasil urbano e industrial que surgia naquele cenário.

Scheibe (1983) relata que a efetiva estrutura desses cursos só ocorreu após o decreto de Lei nº 1190 de 1939, que deu início ao formato conhecido como “3+1” onde os graduandos passam por um período de “curso ordinário”, com os saberes específicos de um bacharel, e seguem posteriormente para o “curso de didática”.

Essa estrutura, que anuncia uma nítida divisão entre conteúdos acadêmicos e pedagógicos, sempre foi fruto de críticas. Uma analogia possível para explicitar essa crítica seria comparar um curso de Licenciatura como uma escola de nadadores onde o atleta ficaria três anos estudando anatomia, regras do esporte e no último ano fosse empurrado em um mar revolto em um dia temporal para sua prática. Pereira (1999) aponta que esse modelo de formação é classificado como o da racionalidade técnica. Nesse modelo

O professor é visto como um técnico, um especialista que aplica com rigor, na sua prática cotidiana, as regras que derivam do conhecimento científico e do conhecimento pedagógico. Portanto, para formar esse profissional, é necessário um conjunto de disciplinas científicas e um outro de disciplinas pedagógicas, que vão fornecer as bases para sua ação. No estágio supervisionado, o futuro professor aplica tais conhecimentos e habilidades científicas e pedagógicas às situações práticas de aula (PEREIRA, 1999, p.112).

O mesmo autor ainda aponta que esse modelo foi uma implantação inadequada pela valorização da formação técnica e na concepção da prática como mero espaço de aplicação de conhecimentos teóricos.

Hoje, certamente existem iniciativas de sucesso, mas ainda temos como desafio a necessidade de integrar a formação disciplinar com a formação educacional desde o início da trajetória para a preparação de um profissional apto, para o que Tadesco (2010) chama de uma *Escola justa* – aquela que, sem degenerar, inclui e qualifica as novas gerações.

Esse deveria ser um itinerário comum para professores em formação, mas isso não acontece na maioria dos cursos. A preocupação institucional normalmente se passa em formar biólogos, matemáticos ou físicos, um especialista em detrimento de um educador. Assim, surge uma vocação nas licenciaturas mais alinhada com a formação de um bacharel, com uma visão que a detenção do conhecimento bastasse para ensinar um público diverso e com um amplo espectro de necessidades.

Gatti (2013) aponta que, ainda hoje, podemos sintetizar a formação do professor como um conjunto de currículos fragmentados, com conteúdos excessivamente genéricos e com grande dissociação entre teoria e prática, estágios fictícios e avaliação precária, interna e externa. E pela análise dessa pesquisa, é possível elencar as atuais características dos cursos de

Licenciatura no Brasil, tais como:

- Dissonância entre Projetos Pedagógicos, estrutura e ementa dos cursos;
- Cursos fragmentados e com um conjunto disciplinar disperso e desarticulado;
- Nas ementas de metodologias e práticas de ensino predominam referenciais teóricos sem associação com a prática educativa;
- O currículo da educação básica praticamente não aparece no núcleo de debate dos cursos de formação de professores;
- O estágio normalmente não é bem acompanhado e avaliado pelas instituições formadoras;
- Ainda se verifica um formato que se aproxima do “3+1”, institucionalizado no início do Século XX.

Na expectativa de um profissional melhor formado, Delizoicov (2000) discute os conhecimentos necessários à formação dos professores de Física e destaca a importância quanto aos conhecimentos específicos da disciplina, mas relaciona a relevância da educação em Ciências com os conhecimentos pedagógicos desenvolvidos. Ele aponta que as concepções para o ensino de Física têm também origem fora da área de pesquisa do ensino de Ciências, com educadores como Paulo Freire e Georges Snyders, que ocupam as questões educacionais mais amplas. Sobre esse processo de ensino-aprendizagem específicos das Ciências da Natureza, ele afirma que

É na construção de uma educação progressista que se situam os educadores citados e que podemos notar a preocupação explícita e fundamentada com a contribuição da educação escolar para a formação da cidadania. Nesta perspectiva, com o ensino de Física/Ciências se pretende muito mais do que apenas propiciar avanços cognitivos do aluno no sentido das abstrações, ao oferecer condições para se apropriar/construir os conceitos envolvidos nas leis e teorias para, por exemplo, solucionar problemas típicos dos livros textos e avaliações escolares, ou mesmo para desenvolver atitudes e habilidades relativas à observação e experimentação (DELIZOICOV, 2000, p.79).

Com um olhar mais específico para o ensino de Ciências, Delizoicov (2002) já indicava, no início deste século, que as mudanças necessárias para as transformações escolares passam diretamente pela formação inicial e continuada de professores. A partir de análise de alternativas de professores, educadores e pesquisadores, ele destaca os objetivos para o ensino

de Ciências, que ainda hoje se tornam uma meta não alcançada. Esses desafios são:

- A superação do senso comum pedagógico, onde o docente deve superar o pressuposto que a apropriação do conhecimento ocorre pela transmissão de informações e tomar consciência que esse modelo reforça o distanciamento de modelos e teorias;
- Ciência para todos, promover o saber científico em escala é uma tarefa que necessita do rompimento de um ensino com o modelo de *formação de cientistas* para a meta de uma *Ciência para todos*;
- Ciência e Tecnologia como cultura: reconhecer o conhecimento científico e tecnológico no universo de representações e construções sociais;
- Incorporar conhecimentos contemporâneos em Ciência e Tecnologia: refletir que a revolução tecnológica do Século XXI invariavelmente modificou as relações de comunicações da sociedade.

Apresentada uma visão panorâmica do ensino de Física no EM, com o histórico de da pesquisa em ensino e a estrutura de formação de professores, pode-se destacar que a cultura estabelecida para este segmento é centrada na resolução de exercícios, preparação para o curso superior e nas práticas experimentais. Os simuladores entram neste cenário como uma proposta que, por hora, complementa essas estratégias e, em outros momentos, substituem essas aplicações. A partir dessa perspectiva, apresentarei no próximo capítulo a metodologia utilizada na pesquisa. Primeiro com discussões sobre o método, seguido dos métodos de coleta dados, bem como a apresentação da análise de conteúdo das entrevistas.

3 METODOLOGIA

Antes da discussão sobre metodologia, retomo os pontos centrais dessa pesquisa: investigar concepções de professores e práticas de ensino com as TIC, especificamente com os simuladores para aulas de Física do EM.

Assim, as seguintes questões de pesquisa foram investigadas:

- Quais são as influências que contribuem para as práticas de ensino com simuladores?
- Quanto a formação, superior e continuada, colabora para a apropriação dos simuladores?
- De que forma os professores refletem sobre a integração de simuladores em suas práticas de ensino?
- Quais as concepções dos docentes sobre simuladores nos espaços de aprendizagem?
- Onde estão localizadas as dificuldades para o uso de simuladores?
- Qual a percepção do professor sobre a adesão do estudante a partir do uso de uma tecnologia digital?

O estudo foi realizado a partir da coleta de dados qualitativos para identificar essas percepções de docentes de Física sobre as práticas de ensino e o uso das TIC em sala de aula. Assim, foram realizadas entrevistas focais semiestruturadas no período de 28 de setembro de 2018 a 29 de novembro de 2018, em um total de 5 entrevistados. As entrevistas possibilitaram a identificação do perfil de cada professor, a experiência de cada um na docência de Física no EM e uma aproximação do entendimento de uso de TIC nos espaços de aprendizagem.

Cada entrevistado foi convidado a falar sobre seu fazer pedagógico e como materializavam as ações com simuladores em seu cotidiano. Eles ainda foram questionados quanto às estratégias utilizadas em sala de aula, com ênfase nas relações entre práticas laboratoriais, resolução de exercícios de vestibulares e simulações computacionais.

3.1 Os entrevistados

Para manter o anonimato dos entrevistados, todos os professores serão identificados por

pseudônimos. A tabela 5 relaciona cada participante com informações sobre o tempo de atuação no EM e sua formação.

Tabela 5 – Tempo de atuação no EM e formação de cada entrevistado

Pseudônimo	Tempo de atuação no ensino médio
Danilo	Experiência de 10 anos no EM. Já escreveu um livro didático para esse segmento e fez o doutorado em astronomia.
Flávio	Experiência de 12 anos de EM. Fez o doutorado em engenharia e aplicou simuladores em toda sua pesquisa acadêmica.
Gabriel	Está no último semestre de Licenciatura em Física. Trabalhou como monitor por quase toda a sua graduação e teve poucas experiências com turmas regulares de EM.
Joana	Experiências diversificadas no EM. Já atuou como monitora e professora em aulas preparatórias para vestibulares. Licencianda no último período de Física.
Jorge	Mais de 25 anos de experiência na docência do EM nas redes pública e privada. Hoje trabalha em uma escola com alto valor de mensalidade e foco na preparação para o curso superior.

Fonte: Pesquisa de campo.

3.2 Métodos

A primeira definição no desenvolvimento deste trabalho se deu na escolha do tipo de investigação a ser empreendida, uma pesquisa em cunho qualitativo. De acordo com Alves-Mazzotti (2000), uma característica de uma pesquisa qualitativa é o fato de que esta segue a tradição compreensiva ou interpretativa, resultando, então, em características essenciais ao estudo qualitativo: a visão holística, a abordagem indutiva e a investigação naturalística. Dessa forma, o pesquisador qualitativo costuma ir a campo tentando dar sentido ou interpretar fenômenos em relação às significações que as pessoas ou comunidades trazem para eles, por meio de suas falas e comportamentos.

Assim, não busco uma verdade única, o certo ou errado, mas a lógica que permeia uma determinada prática, neste caso, o uso de simuladores para aprendizagem de Física no EM. Professores e futuros professores deste segmento de ensino constituem-se como sujeitos desta pesquisa. Cada convidado passou por uma entrevista focal e, uma vez que procuro suscitar uma reflexão sobre nossas práticas educativas, utilizei como metodologia a Análise de Conteúdo de Laurence Bardin.

Especificamente sobre as entrevistas focais, Flick (2009) indica que elas partem de um estímulo para o entrevistado, que pode ser um filme, uma música ou um texto, para orientar a condução da entrevista. Robert Meron, sociólogo americano, e colaboradores desenvolveram a entrevista focal na década de 1940. Na entrevista focalizada

[...] procede-se da seguinte maneira: Após a apresentação de um estímulo uniforme (um filme, uma transmissão por rádio, etc.), estuda-se o impacto deste sobre o entrevistado a partir da utilização de um guia de entrevista. O objetivo original dessa entrevista consistia em fornecer uma base para a interpretação de descobertas estatisticamente significativas (a partir de um estudo paralelo ou posteriormente qualificado) sobre o impacto da mídia na comunicação de massa (FLICK, 2009, pág. 144).

Na presente pesquisa, foram aplicadas entrevistas semiestruturadas para a “definição de um assunto concreto” (FLICK, 2009, pág. 144). Neste caso, os simuladores de Física. Um roteiro de entrevista foi estabelecido com grandes temáticas: A formação, as influências para as práticas de ensino com simuladores, as concepções dos docentes sobre esses artefatos nos espaços de aprendizagem, as dificuldades para esse uso e a percepção de adesão do estudante a partir da aplicação de uma tecnologia digital. As perguntas realizadas foram não-estruturadas, “evitando-se, assim, que o sistema de referência do entrevistador seja imposto aos pontos de vista do entrevistado” (FLICK, 2009, pág. 144). Além disso, para a sensibilização dos entrevistados, e maior concretude e objetividade no diálogo, foram apresentados três vídeos com diferentes entendimentos sobre o uso de simuladores.

Apesar de assumir que eleger vídeos passa por processos subjetivos, alguns critérios para seleção desses conteúdos foram estabelecidos. O primeiro deles, que o vídeo esteja disponível na categoria *Educação* e em domínio público da plataforma *Youtube*. Também foi uma condição que ficasse explícito que o orador possuísse atuação compatível com a docência em Ciências. Como o foco não foi a formação inicial, mas a prática de ensino que envolviam conceitos físicos, a atuação no ensino foi o fator que representou um ponto de partida para a busca.

O primeiro vídeo, da Escola Adelaide Konder, trata de uma aula com um professor de

Física que desenvolveu uma sequência didática com um professor de Química para uma prática sobre densidade, usando um aparato experimental e uma simulação do *PhET Colorado*. Esse caso, que é um relato de experiência com o uso combinado de ações de laboratório e um simulador, está descrito no Anexo B.

O segundo vídeo é um relato de um Professor de Física que propõe o simulador como uma alternativa metodológica para as aulas. No vídeo, o professor defende que a inovação por aplicação de simuladores deva ser sustentada na literatura de pesquisa de ensino. Na explanação, ele aponta os cuidados para o uso das simulações e recomenda um roteiro do repositório do *PhET Colorado* para um trabalho de transformações gasosas. Em sua fala, o profissional aponta que nem todas as escolas possuem estrutura física para essa atividade e que as simulações também apresentam fragilidades, justamente por serem baseadas em modelos. A descrição desse vídeo está no Anexo C.

O terceiro vídeo é uma aula sobre circuitos elétricos com um simulador do *Phet Colorado*. Apesar de o vídeo possuir o título “Aula interativa com simulação do *PhET*”, nenhum estudante manipula o artefato e, na minha percepção, não rompe com o modelo expositivo. A descrição desse vídeo está disponível no Anexo D. Como relatado, esses vídeos foram apresentados na expectativa de sensibilizar os convidados com o espectro de possibilidades de uso e de entendimentos para as simulações nas aulas de Física.

Esses conteúdos foram analisados a partir da Análise de Conteúdo de Bardin, que é uma técnica de análise de comunicações, textuais, de áudio ou imagética. Para esse suporte, se faz necessário uma sistematização dos procedimentos de descrição desses conteúdos. Nessa perspectiva de análise, o que importa é a inferência de conhecimentos baseados nas condições de produção e na de recepção, e nesses dois momentos é possível a existência de indicadores quantitativos ou não. “Essa análise é uma correspondência entre as estruturas semânticas ou linguísticas e as estruturas psicológicas ou sociológicas” (BARDIN, 2016, p 41).

Segundo Bardin (2016), o processo de análise de dados na Análise de Conteúdo consiste em algumas etapas que dão significação aos dados e planeja esse processo em três fases. A primeira é a “pré-análise”, que é a organização do material, tornando as ideias operacionais e sistematizadas. A segunda é a “exploração do material”, que envolve a codificação (recorte), classificação e categorização. E, por fim, “o tratamento dos resultados” e as interpretações que envolvem a realização de inferências, elaboração de resumos e seleção.

Na “pré-análise” ocorreu a leitura do material bruto, a “leitura flutuante”, para uma aproximação do texto que será analisado. Para essa etapa, Bardin afirma que

Essa atividade consiste em estabelecer contato com os documentos a analisar e em conhecer o texto deixando-se invadir por impressões e orientações. Esta fase é chamada de leitura “flutuante”, por analogia com a atitude do psicanalista. Pouco a pouco, a leitura vai se tornando mais precisa, em função de hipóteses emergentes, da projeção de teorias adaptadas sobre o material e da possível aplicação de técnicas utilizadas sobre materiais análogos. (BARDIN, 2016, pag. 126).

Assim, as entrevistas focais foram transcritas e lidas com esse objetivo. Vale ressaltar que para a demarcação da investigação esse conjunto material é denominado *corpus*.

Em seguida, foram formuladas hipóteses, afirmações provisórias da investigação. Nesse momento, os temas que se repetem com muita frequência se mostram significativos nas entrevistas. As semelhanças entre elas são procedimentos que buscam estar de acordo com os interesses da pesquisa e dos seus objetivos. Assim, foram feitos registros de observações preliminares para captura de aspectos relevantes.

Nas leituras subsequentes, foram registradas outras observações, julgamentos e conexões dos relatos no formato de notas de campo. Opiniões contraditórias foram registradas para aprofundar o entendimento do contexto analisado.

Para o recorte, foram estabelecidos códigos que descreviam e identificavam uma unidade de codificação. O segmento abaixo representa um código e uma unidade de codificação de um trecho de entrevista. Neste caso, a entrevistada Joana se referia ao uso de uma prática de laboratório e citou o uso do simulador como uma alternativa para essa atividade:

Então, apesar de sair de sala de aula, tentar sair do modelo tradicional, a gente é ainda um pouco engessado pelo roteiro do laboratório. [UNIDADE DE CODIFICAÇÃO DO TIPO “SUBSTITUIÇÃO”]: Eu acho que o simulador deixa a gente um pouco mais livre em relação a isso, porque, primeiro que com o simulador a gente fica despreocupado se alguém vai se machucar ali, então se surgir alguma coisa temos a possibilidade de fazer na hora (Joana).

Assim, as falas dos entrevistados foram organizadas com a intenção de estabelecimento de relações. Os códigos utilizados para identificar as unidades de codificação foram *Experiência, Ferramenta, Formação, Geração, Laboratório, Metodologia, Substituição e Vestibular*. A tabela 6 relaciona cada código com a unidade de codificação:

Tabela 6 – Códigos utilizados e suas descrições para unidade de codificação

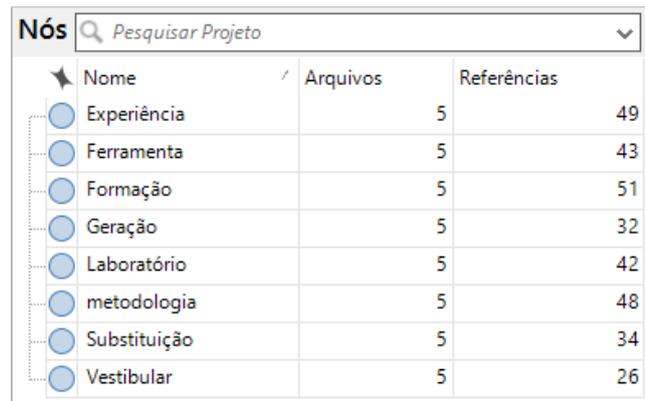
CÓDIGO	DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE CODIFICAÇÃO
Experiência	Citações de experiências exitosas em sala de aula, buscas individuais por artigos, trocas de experiências profissionais e fatos pessoais que levaram à carreira docente.
Ferramenta	Trechos que se referem a possibilidade de estabelecimento de um <i>design</i> instrucional através da criação de padrões de uso dos simuladores.
Formação	Construção de repertório sobre Simuladores, ou a ausência de debate, em espaços formais da formação de Professor (disciplinas, estágios, iniciação científica...).
Geração	Considerações sobre a relação das tecnologias por questões geracionais.
Laboratório	Trechos que indiquem a importância, resultados, experiências com relatórios, dificuldades de implantação e experimentos de baixo custo.
Metodologia	Relatos de estratégias (mapas conceituais, listas de exercícios e outros), metodologias ativas e aulas expositivas.
Substituição	Apontamentos que, em algum momento, o simulador seja comparado com uma estratégia didática ou tratado como inovação em detrimento de alguma técnica ou atividade.
Vestibular	Indicativos sobre experiências no EM de preparação para o curso superior.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Em seguida, as unidades de codificação foram mapeadas com o apoio do *software NVivo 10*. O *software* pode ser usado na pesquisa qualitativa para auxiliar, analisar e compartilhar dados. Mesmo sendo um artefato que possibilita o tratamento de um volume maior de dados qualitativos, Braga et al (2018) indicam que o papel ativo do pesquisador continua indispensável.

No *NVivo*, os textos das entrevistas foram carregados e as unidades de codificação foram mapeadas e armazenadas em *nós*, conforme ilustra a figura 9:

Figura 9: Nós criados com o apoio do software NVivo.



Nome	Arquivos	Referências
Experiência	5	49
Ferramenta	5	43
Formação	5	51
Geração	5	32
Laboratório	5	42
metodologia	5	48
Substituição	5	34
Vestibular	5	26

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Com essa organização, foi possível um agrupamento em temas dos próprios dados empíricos. Assim, foram elaboradas categorias desenhadas a partir dos contextos das entrevistas. Cada categoria foi constituída através de conexões temáticas entres os nós. A categoria “Formação inicial e continuada para as TIC” surgiu das relações com os nós “experiência” e “formação”. A categoria “objetivos da Escola” foi pensada pela proximidade das temáticas dos nós “metodologia” e “vestibular”. Dos nós “laboratório” e “substituição” foi construída a categoria “Relação dos simuladores com as práticas experimentais”. Os nós “ferramenta” e “geração” não dialogavam com as demais temáticas. Assim, cada nó se tornou uma categoria, a “Simulação como ferramenta” e “Afinidade pelas tecnologias por questões geracionais”.

Por fim, vale ressaltar que o trabalho não é pautado em fazer julgamentos ou generalizações de “tipos de professores”, tais como professor “tradicional” *versus* “tecnológico”. A análise será centrada em construir conhecimento acerca de uma questão crescente e pouco abordada no EM, a visão das tecnologias de simulação nas aulas de Física.

3.3 Análise de Conteúdo: Categorias

A seguir, a discussão dos achados da análise organizados pelas categorias: Formação inicial e continuada para as TIC, Objetivos da escola, Relação dos simuladores com as práticas experimentais, Simulação como ferramenta e Afinidade por questões geracionais.

3.3.1 Formação inicial e continuada para as TIC

Nesta categoria, formação inicial e continuada para as TIC, analisei o depoimento dos professores sobre as respectivas trajetórias na graduação e suas experiências ao longo de suas carreiras. O foco também está nos elementos motivadores para o ingresso na carreira docente, relacionando a visão geral da formação em Física e do cenário escolar da educação básica, com as tecnologias para o ensino e, assim, iluminar as concepções para a formação inicial e continuada dos docentes com as tecnologias para a educação básica.

Sobre a formação, Danilo e Flávio traçaram uma trajetória acadêmica até o doutorado. Ambos desenvolveram trabalhos com suporte de simulações, Danilo em Astronomia e Flávio em Engenharia. Eles ressaltam, inclusive, que essas experiências impactam diretamente a sua atuação com tecnologias na educação básica. Esses entrevistados, inicialmente, desejavam a atuação profissional na educação superior, mas trabalham em uma instituição de EM de alto desempenho, privada, que oferece bolsa integral para todos os estudantes.

Joana e Gabriel cursavam o último período de Licenciatura em Física (no período das entrevistas) e já atuaram no EM, em escolas e estágios supervisionados. Ambos direcionam a carreira para atuação no EM. A formação inicial de cada um desses entrevistados possui uma intenção maior quanto às tecnologias educacionais, se comparado aos outros entrevistados com mais de 10 anos de graduados.

O quinto entrevistado, Jorge, atua há mais de 25 anos em escolas públicas e privadas de EM. Não traçou um caminho acadêmico e trabalha em uma escola privada com elevado custo de mensalidade e forte fomento para práticas com artefatos digitais (quadros digitais, aplicativos, espaço *maker* e uso de celulares).

Ou seja, Jorge, Danilo e Flávio passaram por uma licenciatura bastante convencional de disciplinas “técnicas” e “pedagógicas” reproduzindo o que Gatti (2010) classifica como principal característica do modelo “3 + 1”, que é a falta de relação entre conhecimentos específicos da área e conhecimentos pedagógicos. Gabriel e Joana tiveram uma experiência em maior sintonia com esses dois campos, disciplinas específicas e pedagógicas. Esses entrevistados passaram por disciplinas como “Física para a sala de aula”, desde o primeiro ano de graduação.

No âmbito da formação, os entrevistados emitiram, em sua maioria, opiniões que convergem para a escolha do curso de Física como segunda opção ou um processo de descoberta tardio. O direcionamento para a docência surge, majoritariamente, a partir de outras experiências profissionais. Neves et al (2018) descreveram a mudança curricular do modelo “3+1” de um curso de licenciatura em Física para um modelo mais integrado entre conceitos

físicos e pedagógicos. Ao analisarem as respostas dos discentes entrevistados, perceberam o mesmo cenário para o curso de licenciatura em Física: que essa não era a primeira opção para a maioria desses estudantes. A licenciatura em Física era composta de alunos com interesse em outros cursos, tais como as engenharias, e buscavam na licenciatura uma segunda ou terceira opção, muitas vezes encarada como alternativa temporária até o ingresso no seu primeiro interesse.

Flávio cursou Tecnologia Mecânica com ênfase em Automação Industrial, e licenciatura em Física como segunda graduação. Partiu para a área de educação depois de experiências frustradas no mercado de trabalho de engenharia. Em seu depoimento ele aponta, ainda, o entendimento de transformação social do seu trabalho no magistério:

Por conta de umas entradas que foram um pouco frustrantes no mercado de trabalho [...] eu acabei me afastando um pouco da área de engenharia e me aproximei da educação. Cheguei a me aproximar de um projeto social na época, de um pré-vestibular comunitário, e comecei a perceber que a educação era algo que de fato poderia mudar a estrutura da sociedade. Naquele momento eu não sabia exatamente o que eu faria se eu fosse professor, poderia ser Matemática, Química, Física (Flávio).

Ainda assim, Flávio revelou o receio pela área de educação, mesmo sendo atraído pela possibilidade do magistério:

E é engraçado que, mesmo depois de ter decidido pela educação, eu ainda estava com um “pé um pouco atrás” por conta de, assim, a gente sabe como é a educação no Brasil, o reconhecimento do professor e tal. Então eu comecei fazendo bacharelado em Física e só depois que optei pela licenciatura (Flávio).

Neves et al (2018) trazem uma percepção na mesma linha da opinião de Flávio, que os receios dos estudantes de licenciatura estão além das questões salariais. A desvalorização social da figura do professor e as condições de trabalho nas escolas surgem como principais desafios para os futuros professores.

Jorge, que era ferramenteiro, percebeu a possibilidade de seguir a carreira de ensino de Física pela influência de um professor:

E fiz (Física) por causa de um professor. Eu tinha uma outra perspectiva, outras coisas que pensava em fazer. Por exemplo, eu era ferramenteiro, utilizava Física, mas não tinha aquela noção. Estudei no Senai e tal. (Jorge).

Joana pretendia seguir o curso de Engenharia, mas se identificou com a possibilidade do magistério durante o curso de graduação em Física:

Eu sou licenciada em Física, mas considero que entrei para as Ciências logo depois de meu segundo período. Eu não queria a Física, fui me apaixonar pelo curso no segundo período da faculdade e agora eu não quero outra coisa que não facilitar o ensino de Física e o ensino de Ciências de uma maneira geral (Joana).

Ela ainda complementa sobre o início de sua trajetória da seguinte forma:

Eu queria muito fazer Engenharia Civil para trabalhar com redes de transporte, ou então Engenharia Mecânica, que é uma parte que eu gosto também. E até no meu trabalho de conclusão de curso eu vou juntar um pouco dessas duas coisas, eu vou trazer essa parte de segurança no trânsito e aplicar no ensino de Física (Joana).

Joana também descreve o seu olhar sobre a predominância masculina nos cursos de licenciatura em Física. No decorrer da entrevista, ela indicou que já sabia dos números sobre a distribuição de gênero entre os estudantes das licenciaturas de Física e que verificava a mesma relação no seu curso de graduação. Joana também indica que a busca pela representatividade foi um elemento que gerou sua adesão para uma carreira acadêmica:

E não mudou muita coisa, então eu fui buscando representatividade porque até hoje eu entro em turmas que só tem eu de mulher e eu acho essa situação um pouco complicada. Quando eu entro numa sala de aula, que tem um grupo ali (de mulheres), eu procuro mostrar para elas que não são às mil maravilhas, mas que dá para ficar, batalhar, e dá para estudar no meio daquele modelo que é mais machista. Falo que a gente tem que buscar nossa representatividade. E foi assim que eu comecei a ficar mais no meio acadêmico (Joana).

O relato de Joana é consoante com os dados apresentados por Menezes et al (2018), no qual são analisados os números de ingressantes e concluintes dos cursos de licenciatura, bacharelado, mestrado e doutorado em Física da UFSC, no período de 1988 a 2017. Os dados apontam para uma grande predominância masculina, com os números totais de mulheres e homens ingressantes no curso de licenciatura em Física, durante todo o período analisado, de respectivamente 458 mulheres (aproximadamente 24%) e 1488 homens (aproximadamente 76%).

Seguindo sobre sua trajetória na graduação, Joana destaca que sua formação básica não foi suficiente para a progressão ao nível superior com uma escolha sólida, apesar da técnica de preparação ser voltada para esse objetivo:

Eu fiz meu EM científico, um ensino tradicional voltado para vestibular. Eu fiz meu EM todo com a escola e os professores me incentivando a fazer o vestibular, porque seria o vestibular que me daria um bom futuro. Eram sempre aulas expositivas com quadro branco e caneta, apostila e resolução de questão de vestibular para ir trabalhando em cima (Joana).

Joana é uma jovem em início de carreira. Sua preparação para o curso superior não é

um cenário distante e essa realidade ainda é prática constante no EM. Como desdobramento de sua trajetória na educação básica, ela destaca suas dificuldades no início da graduação. Ela relata dificuldades nas disciplinas com maior foco em leituras por não ter passado por uma formação sólida na área de linguagens:

Foi nas pedagógicas porque eu não tinha muito o hábito de ler e o colégio nunca tinha me forçado a ler. Até porque era um colégio voltado para o vestibular, então se você conseguia resolver a questão estava bom. Então, nas matérias de cálculo eu ia embora, mas as pedagógicas foram um sofrimento para mim, ter de escrever (Joana).

Retomando o artigo de Menezes et al (2018), a taxa de sucesso na licenciatura em Física é muito baixa, apenas 17,7% de mulheres e 19 % de homens concluem o curso. Esse levantamento na Universidade Federal de Santa Catarina apontou que, em 2016, a universidade formou 3 mulheres e 5 homens na licenciatura em Física. Os dados são relativos aos dois períodos do ano letivo.

O início de Gabriel no ensino de Física teve a maca do incentivo das pessoas mais próximas. Ele relatou que o reforço positivo durante o seu EM, por parte da família e de seus professores, foi importante para a escolha de uma grande área, no caso as Ciências Exatas e da Natureza. Mas seu depoimento também revela a ausência de um panorama completo para as especificidades da Física. O trecho a seguir reforça os dados de Neves et al (2018) para a escolha do curso:

Então ela (professora de Matemática do seu EM) falou assim: “Quem foi que te ensinou dessa maneira? “. Aí eu falei: “Professora, é assim que eu interpreto”. Aí ela falou: “Porque foi assim que me ensinaram na faculdade”. Então eu pensei: “Que legal, eu sou muito bom nessa matéria” (Gabriel).

[...] quando eu entrei transitei um pouco pela área de Engenharia porque queria ser um engenheiro famoso, mas me aproximei (da Física) depois de estar lá dentro (da graduação) e começar a ver o que que era, até porque você não sabe bem o que um Físico faz no seu ensino médio, não é? (Gabriel).

Gabriel teve uma particularidade na sua formação, pois começou a graduação em uma instituição no interior do estado, onde ficou por dois anos, e a segunda metade foi concluída em uma instituição na região do Grande Rio. A diferença estrutural da matriz entres as instituições é um fator marcante nos relatos do entrevistado. Na primeira instituição, no interior do estado do Rio de Janeiro, existe uma intenção na docência, de uma forma consoante com os conteúdos de Física, desde o primeiro período. Sobre essa etapa, Gabriel relata:

A gente tem a matéria de sala de aula e a de laboratório (primeira instituição), juntos, então para mim foi bom porque eu peguei o melhor da parte didática, que do meu ponto de vista, é um enfoque muito grande na prática de ensino. E quando eu cheguei aqui (segunda instituição) eu peguei essa parte de laboratório separada. Aqui teve muita mecânica pesada e muita matéria pesada. Lá eu peguei esse lado bom dos dois (integrados). Isso foi uma coisa que eu gostei bastante (Gabriel).

Ele ainda complementa como a integração entre a teoria e a prática era um elemento motivador para seu curso de graduação:

Isso foi uma das coisas que me fez pensar que sair de casa e ir para outra cidade só para fazer faculdade valeu a pena (Gabriel).

Essa forte declaração de Gabriel sugere que os índices de abandono em cursos de graduação em Física poderiam ser menores com uma proposta mais harmônica entre teoria e prática escolar. Mas, na sua segunda metade da graduação, Gabriel relata um decréscimo de participação de práticas laboratoriais:

A parte teórica deles é muito boa, mas a laboratorial eu sei que não porque são duas idas, três no máximo, no laboratório em um período (Gabriel).

Em seguida, seu relato aponta para uma possível correlação das metodologias aplicadas na sua primeira graduação e o no número de formados:

Um professor contou que, ele fez (nome da universidade). Ele contou que quando ele se formou eram dois a cada dois períodos. Mas aqui (instituição da primeira parte da graduação) está conseguindo formar uma média de dez por período (Gabriel).

Esse relato coincide mais uma vez com o levantamento de Neves et al (2018) em que um curso de licenciatura investigado com 249 inscritos regularmente na graduação, apenas 6 estavam no oitavo período, momento em que o estudante está em condições de concluir a graduação.

Joana identifica uma realidade que apresenta lacunas nos espaços de aprendizagem na graduação e a falta de metodologias significativas para o estudante:

Eles ficam muito nessa de “vocês serão professores”. Beleza, nós vamos, mas tem que ponderar um pouco, porque eu entro na sala de Cálculo, de Física, e o professor não tem didática nenhuma. O cara é físico, ele sabe a física. Então eu acho que tem que misturar um pouco as coisas. Tem que ter esse equilíbrio desde o início até o final (Joana).

Gabriel identificou como uma influência positiva para a docência uma iniciativa de aula de pré-cálculo durante seu primeiro período. O incentivo à docência era um fator de estímulo,

e ainda apontou que se tratava de uma iniciativa pessoal de uma professora da instituição que percebia a defasagem em Matemática nesta cidade do interior:

Lá (cidade do interior) tem uma defasagem muito grande em relação aos alunos que entram, pelo próprio nível da população local. Então uma professora criou um projeto chamado “nivelamento”, que é um “pré-pré-cálculo”. Nesse projeto, como eu consegui um destaque bem grande assim que eu entrei, eu pedi para ela, já que não era bem uma monitoria oficial, mas eu pedi para ela deixar que eu desse um ajuda. Foi bom, porque eu já tive um contato melhor com a docência. Eu vi que nem tudo que eu achava fácil era simples para passar. Assim, era fácil de eu falar, mas não era fácil da pessoa entender. Foi o primeiro contato que eu tive com isso, mas foi uma prática muito legal (Gabriel).

Durante as entrevistas, também surgiram indicativos de que a realidade do cenário escolar não é abordada durante a formação básica do docente. Sobre essa questão, Danilo aponta:

Então o professor é mal formado na graduação e quando ele chega no mercado de trabalho ele tem que se virar em um cenário bem inóspito e confuso atualmente (Danilo).

A gente forma o professor no formato de ensino de cem anos atrás. É difícil depois que a gente queira que ele dê uma aula diferente, a não ser que ele tenha de se reinventar logo depois de ter saído da faculdade (Danilo).

Ainda no encontro com o cenário escolar, Flávio aponta a falta de profissionais habilitados na área de Física:

Depois, no segundo período (de graduação) eu encontrei uma escola de pequeno porte no interior de Duque de Caxias, na periferia. Aí eu era estagiário, mas na verdade quem dava as aulas de Física era eu (Flávio).

O estudo de Lima Júnior e Ostermann (2012), analisou o tempo de permanência do estudante em um curso de graduação em Física de uma grande universidade brasileira. Eles utilizaram a análise de sobrevivência, um método estatístico muito comum nas Ciências da Saúde (também conhecido como “tempo de vida”). O fluxo escolar, o tempo de vida apresentado, indica que a evasão escolar começa no primeiro semestre e evolui de forma suave ao longo do tempo. Ou seja, a decisão de abandonar o curso não é tomada de maneira apressada, mas a maioria dos estudantes acaba desistindo do curso pelas altas taxas de retenção a cada semestre.

Pelas falas de Danilo e Flávio, sobre a realidade do mercado de trabalho, e os dados apresentados pelo artigo de permanência de um estudante em um curso de Física, sinto a

obrigação de apresentar a minha experiência enquanto estudante e profissional com alguns anos de atuação no magistério. Os primeiros períodos são exclusivamente com ênfase matemática, e o estudante e conhecem apenas os piores relatos da carreira de Professor. Verifico a quantidade de escolas de alto desempenho, museus e órgãos públicos que levam anos para ocupar uma vaga com um licenciado em Física. Mesmo no âmbito acadêmico, a demanda de pesquisadores no ensino de Ciências é consideravelmente elevada. E não há um diálogo entre a universidade e as reais demandas para as licenciaturas em Física.

De uma forma geral, os entrevistados revelam a quase exclusiva ênfase matemática nos primeiros anos de graduação. Assim, para a formação com as TIC em ambiente escolar, Danilo, Flávio e Jorge se aproximam (pela característica de todos estes docentes possuírem mais de dez anos de atuação) e, conseqüentemente, uma formação que vivia um outro momento de debate em relação as TIC. Além disso, esses entrevistados passaram pelo sistema “3+1” durante a licenciatura.

Flávio tem uma trajetória atípica, porque cursou o mestrado, na área de Engenharia, concomitantemente com a segunda graduação, em Física. Esse itinerário proporcionou um acréscimo de conhecimento nesse campo. Sobre esse período, Flávio indica que:

Concluí meu curso de graduação, apresentei minha monografia, e concluí meu mestrado. Meu mestrado tinha a ver com simulação de dispersão de material radioativo através da atmosfera. Eu simulava uma chaminé que liberava material radioativo de maneira controlada e a gente acompanhava o material radioativo (a partir do simulador). E no meu TCC da graduação eu também trabalhei com simulador, eu tentei contextualizar meu trabalho a partir da aplicação de um simulador, na verdade de um programa baseado no *Modelus* (Flávio).

A sólida formação com artefatos digitais para a simulação ocorreu no final da segunda graduação e durante todo o mestrado. No seu relato, sobre a disciplina de graduação que tratava de simulações, existe um indicativo que o sucesso para ações com simulações estava diretamente relacionado ao contexto acadêmico no qual ele estava inserido. Sobre esse período, ele relata:

Nessa cadeira (de graduação), o professor mostrava alguns elementos (da simulação) e eu acho que nem todo mundo que fez essa disciplina foi tocado como eu fui. Como eu disse, eu estava ao mesmo tempo vendo simuladores em sala, tecnologia em sala de aula (no curso onde era estagiário) e desenvolvendo *software* de simulação no meu mestrado. Então, eu acho que isso faz diferença. Eu tive experiência de ver um professor fazendo aula com isso, e aquilo me tocou também. Acho que no conjunto, quando você soma todas essas experiências, isso acaba ficando um pouco mais forte. Foi assim comigo, pelo menos (Flávio).

Flávio indica que, nas disciplinas finais da licenciatura, foram-lhe apresentados alguns artefatos de simulação, contribuindo para aumentar o seu repertório. Mas, mesmo trabalhando com o desenvolvimento de simuladores no mestrado, foi na prática de ensino a sua primeira interação desta tecnologia digital em uma sala de aula:

Depois de fazer a matéria de educação, na área de tecnologia, eu conheci o *Modellus*. Nessa época também conheci o *Logo* e eu precisei fazer uma cadeira mais na frente chamada Prática de Ensino. E, coincidentemente, em uma das aulas que eu assisti lá no (Instituição onde fez prática de ensino) um professor de Física, que eu não me lembro o nome, mas ele era incrível e gente boa, e os alunos gostavam muito dele, conduziu uma aula projetando um simulador no dia em que eu estava assistindo. E eu nunca tinha visto aquilo na prática de aula. (Flávio).

Danilo, que fez graduação no mesmo período que Flávio, mas em outra instituição, destaca que a aproximação com as TIC também ocorreu no final do seu curso de graduação. Ele considera que as disciplinas não ofereceram suporte suficiente para uma apropriação sólida:

O mais perto que eu já cheguei disso (formação para tecnologias digitais) foi Instrumentação do Ensino de Física 1 e 2, onde, basicamente, o foco da disciplina era capacitar a gente para trabalhar com o ensino, mas nada voltado para o mundo digital, sempre experimento prático, fazer experimento analógico mesmo (Danilo).

Danilo considera que o conhecimento de TIC, durante a sua graduação, se deve exclusivamente ao seu trabalho de conclusão de curso. Na sua observação, essa abordagem ainda não foi introduzida nas licenciaturas:

Sem dúvida não, eu não fui preparado em nada na minha graduação (sobre a preparação da graduação para uso de artefatos digitais). Algumas ferramentas eu descobri que existiam porque minha monografia foi sobre ensino de Física, mas nenhuma disciplina me ensinou sobre esse tipo de ferramenta. E hoje em dia eu conheço colegas que licenciaram há três ou quatro anos e nunca ouviram falar de *Phet Colorado*. Então eu acho que a formação docente está muito defasada em uma série de tecnologias de ensino (Danilo).

Em seguida, Danilo sugere uma ausência de significado na abordagem teórica dos conhecimentos estudados na universidade com a vida escolar. Em seu relato, há um indicativo de que existe uma lacuna nos saberes apresentados na graduação e como esse conhecimento se reflete no exercício do magistério:

Mas eu acho que ainda falta muito na formação docente para se aproximar dessas ferramentas (digitais). Eu acho que se foca numa parte muito teórica na formação docente, que é importante, mas é trabalhada de forma exacerbada. Eu acho que fica quase três anos da licenciatura debatendo referenciais teóricos da década de quarente e cinquenta e se foca muito pouco tempo em mostrar para o professor toda as

possibilidades de ferramentas que estão disponíveis hoje em dia e que poderiam facilitar muito a vida dele. Além disso, como ele poderia usar essas ferramentas, ajudando ele a adquirir essa experiência de uso (Danilo).

[...] eu acho que seria muito mais útil em uma licenciatura ensinar o professor a criar ferramentas que o auxiliem em sala de aula do que ensinar um teórico da década de 50, durante seis meses, sobre determinada corrente de ensino (Danilo).

Gabriel aponta que a questão dos simuladores não foi trabalhada de forma homogênea na sua graduação (não passou pelo sistema “3+1”). Em uma matéria direcionada para a TIC, não passou por nenhuma abordagem de desenvolvimento ou uso de simuladores:

A gente teve uma matéria em (cidade do interior onde cursava a licenciatura) chamada de Informática para professores de Física. Não foi tão debatido tanto a questão dos simuladores, isso foi debatido em uma outra matéria ainda, chamada de Física em Sala de Aula (Gabriel).

Dentre as opções de simuladores, o *PhET Colorado* é muito citado e alguns entrevistados revelam o momento em que se aproximaram do artefato. Joana e Gabriel tiveram o primeiro contato durante a graduação:

Uma professora me apresentou o *PhET*, até porque ela usa nas aulas que ela dá para o médio técnico. E ela falou que era interessante, e que era para a gente dar uma pesquisada. Eu achei interessante (Joana).

[...] no quinto ou no sexto período, foi onde ela me apresentou o *PhET* (Joana).

No meu estágio um dos professores usou o *PhET* em sala de aula. Na época, o *PhET* já tinha sido importado para uso em celulares [...] e foi muito legal porque os alunos puderam fazer e o professor explicou a simulação no quadro (Gabriel).

Danilo conheceu o *PhET Colorado* durante a sua trajetória profissional, na instituição onde ele trabalha:

O *Phet Colorado* eu conheci através de uma professora. Ela me indicou porque ela estava usando para as aulas de recuperação (Danilo).

Dentre todas as possibilidades de simuladores, os entrevistados apresentam repertório de uso muito similar. Além das simulações do *PhET Colorado*, artefatos para edição de vídeos, como o *AdPuzzle*, e de aquisição de dados, como o *Modellus* e o *Tracker*, são frequentemente citados pelos professores. Em alguns casos, a aproximação com os simuladores foi realizada de maneira sistematizada pela formação básica ou continuada.

Um pouco depois de fazer a matéria de educação na área de tecnologia e tal...eu conheci o *Modellus*, por exemplo (Flávio).

Eu conheci o *Tracker* numa aula de Metodologia do Ensino de Física, que foi apresentado com um artigo. A professora pediu para lermos o artigo que falava sobre o *Tracker* e ensinava um pouquinho a utilização (Joana).

A formação para as TIC nas universidades é um conjunto de experiências distintas para os entrevistados, que variam desde a ausência de debate sobre tecnologias digitais até debates pouco aprofundados (se entendermos os simuladores como uma importante proposta nas aulas de Física). Se, nas graduações analisadas, não existe uma abordagem complexa, os entrevistados também não indicaram nenhum episódio sobre a formação em serviço oferecida pelas escolas. Almeida e Menezes (2004) apontam a importância do envolvimento dos gestores escolares na inserção das TIC na escola. Mas, os autores destacam que, além da implementação das tecnologias digitais para a administração escolar e ações pedagógicas, é fundamental a criação de condições para a formação continuada e em serviço dos seus profissionais. E que esse fator é determinante para contribuir significativamente nos processos de transformação da escola, transformando efetivamente a unidade escolar em um local produtor de conhecimentos compartilhados. Verifica-se, pelos relatos das entrevistas, que a apropriação das TIC se dá, basicamente, pelas trocas profissionais, incentivo isolado ou a partir de experiências pontuais na graduação.

3.3.2 Objetivos da Escola

Nessa categoria, os professores apontaram suas visões sobre os propósitos da escola básica. O EM é uma etapa de aprendizagem que apresenta uma dificuldade por, classicamente, se limitar aos conteúdos disciplinares. Krawczyk (2013) relata que o EM traz dificuldades para definir políticas e estratégias e que, normalmente, existe uma fala comum de “perda de identidade” deste segmento, mas que, na verdade, o EM nunca teve um objetivo muito claro. A reta final da educação básica não se firmou com clareza nem como um trampolim para a universidade, e nem para a formação profissional, contribuindo, assim, para um aprofundamento das diferenças sociais de nosso país.

De qualquer forma, nos relatos surgem concepções pedagógicas dos professores sobre a escola, fatos que sinalizam direções importantes sobre a prática em aula no EM. A partir dessas sinalizações, os discursos apontam para alguns objetivos construídos pela instituição escolar para o ensino de Física deste segmento.

Nesta etapa, também foi evidenciada, nas falas dos entrevistados, a cultura de “encontrar a fórmula certa” para a resolução de uma questão teórica de Física. A pesquisa de Rosa e Rosa (2005) demonstra que a Física do EM tem, majoritariamente, um caráter de preparação para resolução de exercícios de vestibular. Para esses autores, a situação é comprovada ao observarmos a aplicação praticamente indiscriminada de exercícios preparatórios para as provas, e esse modelo prima pela memorização e soluções algébricas.

Os apontamentos dos entrevistados evidenciaram, dentre outras questões, a existência de uma prática de ensino que privilegia o procedimento em si e a prioridade em garantir o acesso para o curso superior. Na percepção dos entrevistados, esse itinerário tem estabelecido uma prática rígida, que dificulta a inserção de novas metodologias. A fala de Danilo aponta para essas características, o EM como um rito de passagem para o curso superior:

Eu acho que isso depende muito do foco. A gente tem muitas formas de se cobrar conhecimento, mas, hoje em dia, com o aluno tendo as avaliações externas que ele vai sofrer, os concursos, são (resolvidos) os problemas tradicionais. Todo professor que tem um olho nesse tipo de problema e vai resolver [exercícios] na sala de aula. Mas, para mim, boa parte desses problemas serve para isso: preparar para o concurso. Ele não tem muito sentido, a maioria deles nem um contexto geral para o aluno, um contexto real. Soam como problemas muito abstratos, sem muita conexão com a realidade (Danilo).

Na mesma linha, Joana fala sobre a dificuldade de romper o modelo tradicional, de aulas expositivas e resolução de exercícios na sua turma de EM. Ela demonstra uma preocupação na formação cidadã do estudante, mas reconhece a necessidade de promover o acesso ao curso superior:

A gente não pode fugir do modelo tradicional, até porque o aluno que está ali sabe que precisa passar em uma prova. Hoje em dia o vestibular é massacrante. Eu acho que o aluno tem que estar preparado para essa prova, mas eu acho que a gente pode preparar de maneira que ele não perca o *link* dele com a sociedade que ele vive, né? (Joana).

O anseio de Joana se aproxima do contexto da Alfabetização Científica, no qual Chassot (2000) aborda que a ciência deve ser considerada uma linguagem, construída para explicar o nosso mundo natural. Compreender essa linguagem científica como algo escrito em uma língua que conhecemos. Chassot traça um paralelo quando se entende um texto escrito em português, e que cada aprendiz passe a compreender a linguagem na qual está sendo escrita a natureza.

Também é curioso ressaltar que a necessidade verificada no discurso de Joana não é recente, Sasseron (2010) indica que é possível encontrar referências desde o início dos anos

1900 sobre a necessidade de arquitetar estratégias que levem em conta as dimensões sócio-culturais das Ciências. Ou seja, um currículo que considere a relação destes conhecimentos e suas aplicações na vida, sociedade e cultura de cada pessoa.

Em um caminho oposto a uma prática significativa, Joana também reforça a demanda da resolução de problemas de Física. Sua fala evidencia a sistematização de listas de exercícios para os estudantes, confirmando que esse modelo seja um pilar do itinerário na formação de Física deste segmento:

Bom, por vezes eu pergunto se o aluno está com dúvida em alguma matéria e aí eu reforço a matéria com ele, passo a matéria de novo. E, às vezes, eu fico resolvendo exercícios com eles, monto listas de exercício. Toda semana eu mando uma lista de exercícios para eles resolverem (Joana).

Na mesma perspectiva, Souza (2002) aponta para a existência de uma ênfase demasiada nos vestibulares como forma dos professores demonstrarem a sua preocupação com o futuro do aluno. Seu artigo ainda indica que essa tendência, em direcionar o ensino de Física à resolução de problemas, é fortemente influenciado pelo livro didático e apostilas. A maioria dos livros que circulam nas escolas apresentam os conteúdos como conceitos estanques, dando o caráter de Ciência acabada e imutável. Porém, um fator mais problemático das obras está na forte identificação que elas sugerem entre a Física e os algoritmos matemáticos. Os textos e, principalmente, os exercícios são apresentados como matemática aplicada, na qual a questão fundamental se resume a treinar o estudante na resolução de problemas algébricos.

Danilo possui uma opinião alinhada com essas concepções, da influência dos livros didáticos, e considera que não existe uma diversificação nos formatos dos exercícios de Física apresentados nos livros e apostilas. Tal modelo fomenta uma prática baseada na repetição e adequação matemática para a busca de respostas corretas:

Mas todo livro tem (exercícios). Toda a apostila tem e é mais ou menos a mesma coisa: cinco ou seis problemas mais ou menos do mesmo formato. Pode até ser que alguns deles sejam tirados de concursos e o aluno precise decorar o processo para saber o que fazer quando pegar uma prova de concurso (Danilo).

Com a mesma opinião, da alta frequência de resolução de exercícios nas aulas de Física, Jorge relata as estratégias para essa abordagem com seus estudantes. O professor fala da existência de um suporte de tecnologia digital oferecido pelo livro didático, uma versão digital do livro e um simulador, mas sua prática continua centrada nas atividades de preparação:

Sempre tem exercícios para fazer. Eu vejo quais são os mais próximos que dá para fazer [...] o livro é muito bom, eu gosto muito desse livro. Tem umas questões resolvidas que é obrigatório olhar a resolução. Então a gente olha junto e conversa. Eu tenho o livro digital, posso colocar no quadro, tem as simulações (Jorge).

Ao ser questionado sobre os modelos de aulas de Física que vivenciou na docência do EM, Danilo possui uma opinião que converge para o modelo expositivo e pouco diversificado. Ele sugere que as práticas experimentais sejam uma alternativa complementar para um modelo unilateral de comunicação:

Eu acho que, a grosso modo, (uma aula de Física) é uma combinação de aula expositiva e, eventualmente, experiências de baixo custo (Danilo).

Em seguida, Danilo fala sobre as práticas de laboratório. Em sua opinião, essa é uma abordagem mais profunda, mas sem espaço em uma escola voltada para as avaliações externas e vestibulares:

O experimento não serve ao concurso, ele serve para um entendimento mais profundo do conteúdo. Para tanto que existe muita escola achando que experimento é perda de tempo (Danilo).

Thomaz (2000) descreve uma relação curiosa sobre as práticas experimentais. Para o professor, esse modelo é muito interessante e motivante, mas, para os alunos, mesmo os universitários, normalmente constituem uma tarefa vaga, desinteressante, pouco motivadora, que os leva a seguir um “passo a passo” ou um protocolo muito orientador e inibidor das suas capacidades criativas. O autor do artigo também relata que é frequente o entendimento, por parte dos alunos, de que são obrigados a executar tarefas que os induzem a acreditar que o laboratório e os relatórios são uma “pura perda de tempo roubando-os imenso tempo para estudar”. De fato, um formato orientado dificilmente atingirá objetivos tão complexos para a Física do EM.

Danilo completa comentando que o foco na preparação, além de priorizar o modelo de aula expositiva, pode levar à substituição de uma prática de laboratório por um vídeo demonstrando o mesmo conceito.

Depende também muito do foco do colégio. A maioria dos colégios que focam em concurso é quadro, slide de *PowerPoint* e vídeo aula gravadas pelos professores. É basicamente isso, foco no vestibular. Eventualmente, um experimento para dar uma ilustrada ou chamar atenção para um fenômeno, um disco de Newton e já vi que tem

até professor que usa vídeo do disco de Newton, uma coisa tão simples de construir, mas a pessoa prefere pegar o vídeo. Então a grosso modo eu acho que a gente está muito ainda em aula expositiva, quadro e fórmulas (Danilo).

Barrére (2014) indica o mesmo ponto levantado por Danilo: as videoaulas. Esse artigo aponta que os vídeos na área educacional ganham cada vez mais importância em portais institucionais, como nas universidades americanas MIT, Stanford, Princeton, Columbia e outras, ou portais brasileiros, como Unicamp e CEDERJ, por exemplo. Esse autor cita que são armazenados, atualmente, no *YouTube*, em português do Brasil, cerca de 2.340.000 videoaulas. E que, independente de sua qualidade técnica e pedagógica, estes vídeos “ensinam” desde dança até a resolução de equações.

Mesmo considerando a relevância das aulas em vídeo em alguns cenários, Danilo entende o simulador como um avanço, principalmente se comparado com aulas exclusivamente expositivas:

No meu ponto de vista ele (simulador) melhora um pouco [em relação com as outras possibilidades]. Ela torna a aula menos maçante, menos desconexa com a realidade (Danilo).

A necessidade de inovação e diversificação das práticas, tal como as videoaulas e outras estratégias, surge nos relatos dos convidados. Jorge, que trabalha em uma instituição privada com fomento para “práticas modernas”, destaca que o foco para o vestibular é, em sua opinião, um fator que inibe o protagonismo dos estudantes e a efetiva produção do conhecimento. Quando questionado sobre a instituição escolar chegar ao século XXI, ele relata que:

Enquanto o foco for o exame do vestibular no final, não chegou (ao Século XXI). A Escola tem que ser um local de produzir coisas, produzir conhecimento. Enquanto a gente ficar focado nisso, de que a gente ter que preparar o aluno para ele prestar o exame no final, e ele ficar focado nisso também, a gente não chegou no século XXI, entendeu? (Jorge).

Justamente por promover uma imagem de modernidade, a instituição de Jorge incentiva a diversificação de ações para o itinerário do EM. Quando questionado sobre as múltiplas estratégias aplicadas em suas aulas, Jorge diz que também lança atividades baseadas em metodologias ativas como alternativa para a resolução de exercícios. Neste relato, ele evidencia a importância da opinião familiar nos rumos da instituição e o peso do livro didático como parâmetro de qualidade acadêmica:

Isso foi bacana (uso de metodologias ativas). Mas eu acho que o caminho é esse, trazer a família, porque o pai ainda está muito preocupado se o filho usou ou não o livro didático no ano letivo (Jorge).

Megid Neto et al (2003) já apontavam, no início deste século, mudanças na forma na utilização do livro didático de Ciências. Os dados do artigo já mostravam que o professor deixava de usar o livro como manual de instruções e passava a utilizá-lo cada vez mais como material bibliográfico de referência. Contudo, devido às deficiências na qualidade das coleções didáticas disponíveis, esse uso alternativo ainda não era estimulante para o estudante. De qualquer forma, o livro didático ainda é um instrumento de muito peso na estável cultura do ensino de Ciências.

Seguindo com a importante relação da instituição escolar com a família, Jorge confirma que, em sua visão, as metodologias executadas em sala de aula são um desdobramento das opções da gestão escolar. No seu caso, surge a crença na diversificação de práticas e, mais uma vez, o alinhamento institucional com as demandas dos familiares dos estudantes:

É o que eu te falei, né? Depende de quem dirige (a escola). Se o dirigente é preocupado com isso (diversificação de metodologias), se ele acha que isso é importante para a instituição, se vai agradar os pais, eu acho que é bem por aí. Eu acho que é nesse sentido, mas deveria ser uma prática de todas as escolas, de toda a direção estimular o uso da tecnologia, do laboratório, eu acho que isso deveria ter (Jorge).

Gabriel fala que, além do objetivo das avaliações externas, existe um número desproporcional de matérias para os estudantes do EM. Segundo ele, essa característica inviabiliza um espaço de aprendizagem efetivo:

[...] não é nem só a questão de você resolver exercício, porque resolver exercício a gente sabe que é por causa do ENEM. [...] mas num colégio estadual é o professor que chega e tem que dar muita matéria. Eu acompanhei enquanto fiz estágio, uma quantidade obscena de matéria que o professor dava (Gabriel).

A questão de excesso de conteúdos provavelmente não será resolvida pelo Novo Ensino Médio, lançado em 2017 através da Lei nº 13.415/2017 (BRASIL, 2017c). Apesar da alteração dessa lei para que o currículo do EM seja composto pela BNCC e por Itinerários Formativos, que deverão ser organizados por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino, a BNCC, por exemplo, se furta de discussões sobre esses arranjos e está focada em listas de conteúdos e competências. Mozena e Ostermann (2016) indicam que termos como “desenvolver”, “participar”, “cuidar”, “relacionar”, “debater”, “produzir”, “apropriar-se” na BNCC, mostram um panorama vazio de

significado e o documento deixa a impressão que seu claro objetivo é a utilidade para fins de avaliação e produção de material didático.

O início da implementação da BNCC nas escolas de EM deve ocorrer a partir do segundo ano subsequente à sua data de publicação. Ou seja, o documento deverá chegar na prática, nas escolas, até o final 2020 (uma vez que o documento da BNCC foi aprovado em dezembro de 2018). Após a implementação, o documento será revisto em três anos, portanto, em 2023. Uma crítica final sobre o novo formato é imatura porque seu sucesso também depende das ações dos agentes públicos e privados nesse período de implantação.

Mas, independentemente da estrutura curricular a seguir, a tentativa de inovação está presente no discurso dos professores convidados para as entrevistas. Com o objetivo de diversificar a sua aula em uma turma de EM, Joana descreve o desdobramento de uma ação da qual ela aplicou um simulador, no caso o *PhET Colorado*, em uma sala com aproximadamente cinquenta alunos e foco na preparação para vestibulares.

Neste caso, ela aponta que, apesar da boa aceitação dos estudantes, existiu um entendimento coletivo que essa estratégia não seria adequada para esse objetivo. Ela também diz que quando os alunos manipularam o simulador algumas hipóteses foram estabelecidas, um indício de que a prática seja promissora para atividades de Física no EM. Para essa situação, ela diz que:

[...] eu até perguntei para eles (alunos): “E aí, gostaram?”. Eles falaram que a aula foi boa e tal, que conseguiram entender. Mas até pelo foco da escola, em ensino vestibular, eu perguntei para eles se eles achavam que daria para fazer isso sempre e eles falaram que não daria (Joana).

[...] até porque eles não estavam acostumados. Como esse colégio também é focado para o vestibular, ele é mais ou menos o que eu tinha na minha época. Aí eu pensei em mudar um pouco isso, e aí eu levei o *PhET* para eles poderem brincar. Eu deixei até eles mexerem no final e perguntaram “E se eu fizer isso, o que acontece?” (Joana).

Na sequência, Joana relata que utilizou o simulador do *PhET Colorado* para resolver uma questão de vestibular. Ela projetou a questão e, a partir da simulação, apontou as abordagens físicas envolvidas naquela situação. Mesmo com o incremento da visualização, os estudantes não validaram essa metodologia para aquele espaço de aprendizagem:

Eu cheguei a fazer uma questão (no simulador) com eles para mostrar que tinha a ver com o vestibular, mas eles acabaram ficando um pouco céticos. Quando eu falei que dava para resolver uma questão com o que eu mostrei, para convencê-los, eu tive que refazer a questão de vestibular. Alguns ficaram um pouco receosos, questionando se aquilo realmente contribuiria para a aprovação deles, mas com a resolução do exercício eu provei que poderia sim (Joana).

Apesar dos indicativos dos estudantes, Joana acreditou no potencial dos simuladores como alternativa para modelos tradicionais de aulas expositivas:

Claro que eu tinha em mente que poderia não dar certo, mas gostaria que tivesse dado certo por ser uma proposta diferente da aula tradicional. Foi por isso também que eu pensei em realizá-la, com o intuito de mudar um pouco. Até porque eu passei por isso e acho que os alunos merecem mais que esse ensino tradicional (Joana).

Gabriel é cético quanto à aplicação de simuladores para a resolução de exercícios de vestibulares. Em sua perspectiva, não existe mudança de atitude e resultado mesmo com o incremento de elementos de visualização. Ele culpa o currículo do EM como um fator de impossibilidade de sucesso nesta etapa de aprendizagem. Para ele:

Fazer por fazer (exercícios de Física com simuladores), continua no quadro porque você está mudando a aula, mas não está mudando o impacto da aula sobre o aluno. Então se for para fazer, nós temos que fazer discussão. E como você vai fazer discussão se você tem um currículo que basicamente pega o *Tipler* (livro de Física) e quer que você faça o *Tipler* de cabo a rabo? (Gabriel).

Sua ênfase na aplicação do livro de Física explicita a cultura de resolução de exercícios e prioridade para as rotinas matemáticas. Na sequência, ele diz que o estudante normalmente não é ativo durante o uso do artefato. A partir deste recorte, de um uso ativo, o simulador poderia contribuir inclusive para avaliações externas:

O simulador vai servir para o ENEM a partir do momento que o aluno está mexendo com o simulador ele está conseguindo ter um contato, no meu ponto de vista, mais reflexivo sobre a Física (Gabriel).

O longo currículo a cumprir também surge no relato de Joana. Em sua opinião, os inúmeros conteúdos abordados no EM formam um caminho fixo que deve ser seguido ao longo desta etapa da educação básica:

Porque você tem um roteiro a seguir, porque existe o currículo mínimo, então a gente sempre tenta pegar aquelas habilidades e competências do currículo mínimo e a gente tenta colocar ao máximo dessas habilidades de competências do currículo mínimo dentro da aula (Joana).

Na entrevista com Danilo também surge a possibilidade do suporte dos simuladores para a resolução de exercícios. Para ele, seria uma alternativa possível, um equilíbrio entre as propostas:

Permite o professor que quer fazer um pouquinho além de dar o exercício, e dar o simulador, para ficar uma coisa menos maçante. Então o simulador pode ser uma espécie de meio termo.

[...] mas ele (aluno) não quer ficar só no exercício ali com a resolução em quadro. Então pode dar o exercício com a sugestão do simulador, ou então dar uma atividade para casa. E dentro daquele contexto ser um bom equilíbrio entre os dois (Danilo).

Quando questionado sobre a diversificação de metodologias, e a aplicação das tecnologias digitais, Jorge mais uma vez indica o foco no vestibular e na resolução de exercícios como um pilar estruturante da disciplina de Física e como elementos de dificuldade para aplicação de tecnologias na sala de aula:

[...] quando se trabalha com tecnologia, você pode usar o *PhET Colorado*, o *Socratic* e outros, né? Utilizando na sala de aula mesmo, mas com frequência eu não consigo porque você tem outros focos. Tem a questão do vestibular, que você é cobrado, e você tem que fazer exercícios também. Então não dá para usar sempre a tecnologia (Jorge).

Na mesma linha, Gabriel fala sobre a dificuldade com um currículo inchado e poucas possibilidades para estratégias diferenciadas, tal como os simuladores:

[...] partir do momento que você tem um currículo com tanta matéria, não (sobre o sucesso de metodologias com simuladores). Porque uma aula dessas não é só uma questão de você chegar, aplicar o experimento no *PhET Colorado*, aplicar o experimento utilizando metodologia ativa, aplicar o experimento no nível de laboratório mais fechado, que é aquele roteiro “siga e coloque os resultados”, qualquer coisa que você for fazer demanda tempo do aluno (Gabriel).

Gabriel reafirma, na sequência, sua percepção pela ineficiência do currículo com tantas matérias. Ele também indica uma falta de preparo do corpo gestor e a falta de infraestrutura das instituições de ensino:

[...] e que a maioria daqueles alunos vê as matérias, dois ou três anos depois e não lembra. E ele pode ter feito com o melhor professor do mundo e ele não vai lembrar porque, na maioria das vezes, ele não vê importância naquilo. Ele não vê o menor significado de estar aprendendo aquilo, então o maior problema é, além da direção não estar preparada, além da coordenação e da infraestrutura do colégio, que eu acho que são coisas que se a gente tivesse um currículo ajustado, um currículo que não fosse tão conteudista, e mais um currículo em que a gente formasse um cidadão crítico (Gabriel).

O relato anterior, de Gabriel, aponta para um ponto convergente durante as entrevistas: a infraestrutura abaixo da expectativa para os espaços de aprendizagem no EM. Joana, que também acaba de entrar no mercado de trabalho, indica um elevado número de alunos para cada

uma de suas turmas:

Hoje em dia não tenho problema nenhum em entrar numa sala de aula com cinquenta alunos, que é mais ou menos o número de alunos nas salas aonde eu trabalho (Joana).

Sá e Werle (2017) levantaram, no Censo Escolar de 2011, que o Brasil possuía 141.9951 escolas públicas de educação básica, sendo 122.716 (87%) do ensino fundamental e 19.279 (13%) do EM. O estudo englobando escolas, rurais e urbanas, chama a atenção pelo fato de mais de 44% das escolas da educação básica do país contava com uma infraestrutura escolar com apenas água, sanitário, energia, esgoto e cozinha. Ainda conforme os pesquisadores, na outra extremidade há apenas 0,6% das escolas de educação básica consideradas adequadas, ou seja, que proporcionavam aos estudantes infraestrutura capaz de atingir os propósitos de uma educação de qualidade.

Esses números são diretamente relacionados com algumas falas dos professores convidados. Jorge descreve sua recente trajetória no EM da rede pública. Dentre as indicações, a falta acesso à internet surge como uma barreira material para a prática com tecnologias digitais. Quando indagado sobre as condições de sua antiga escola, ele diz:

Era estadual. E infelizmente na rede estadual daqui a gente não tem esse aparato que nos ajuda a ter uma aula mais tecnológica. A gente não tem internet nas escolas, como você vai usar isso? (Jorge).

Sobre o acesso à internet, Leite et al (2017) apontam que somente 60% das escolas apresentam computadores em condições para práticas computacionais e que 50% das escolas não possuem acesso à Internet. A análise dos dados também revelou que, embora haja nas escolas que permitam o uso de *tablets* e *smartphones* pessoais, as práticas docentes estão aquém das habilidades e competências dos alunos, o que permite inferir que ainda prevalece a cultura do “quadro e giz” para a resolução de problemas. Os autores também destacam que o uso dos recursos tecnológicos no ensino não exige apenas seu manuseio, mas um interesse intrínseco em fazer a diferença na prática pedagógica, uma vez que o uso de *tablets* e *smartphones* não garantem, por si só, uma melhor qualidade do ensino.

Flávio correlaciona a estrutura da instituição escolar com a prática de aula, e aponta que, mesmo sem acesso à internet e artefatos digitais, é possível realizar uma ação pedagógica relevante. Mas, em sua opinião, esse resultado é muito dependente da iniciativa do docente, sendo o poder público muito ausente para esse investimento:

Eu não sei se todas as escolas continuam nesse *reme-reme* de cuspe e giz e tal. Tem coisas muito criativas em escolas que não tem acesso à internet, mas as pessoas tão correndo atrás, tão estudando, tão buscando, né? Mas que esse é um esforço muito mais do próprio professor de tentar fazer a diferença. Eu acho que falta de iniciativa e investimento do poder público, né? (Flávio).

Seguindo sobre a infraestrutura, Flávio aponta para o prejuízo nas escolas da rede pública. Como ele trabalha em uma instituição com grande estrutura material, que oferece computadores e suporte de internet para todos os estudantes, ele também descreve o período que os artefatos digitais não eram populares, há alguns anos atrás, e traça um paralelo entre sua realidade e as instituições governamentais.

Na verdade, é o seguinte: naquela época, a gente não tinha tantos recursos disponíveis e a gente tinha toda a dificuldade que esse professor, de uma escola pública, por exemplo, encontra. E hoje, por mais que a gente tenha mais recursos disponíveis, eles não são necessariamente acessíveis a todo mundo. Então assim, quando a gente fala do garoto aqui na escola (em que ele trabalha), ele desde sempre ganha um computador para trabalhar. Se as escolas mais simples tivessem um laboratório de informática que o professor pudesse explorar, a gente já estaria no lucro. Eu imagino, né? A gente está falando de uma escola em que todo mundo aqui tem *smartphone*, eu não sei se é a realidade do Brasil inteiro, percebe? (Flávio).

Seguindo em sua análise, Flávio acredita que em sua instituição todos os estudantes teriam acesso às plataformas digitais mesmo sem a oferta do computador. Sua análise não considera que em sua instituição todos os alunos são bolsistas de distintas realidades sociais:

Então se esse moleque não tivesse um computador aqui na escola, ele teria um telefone, um *smartphone* que a gente poderia usar em algumas atividades específicas, mesmo de simulação (Flávio).

E complementa sinalizando a importância de uma infraestrutura mínima para a realização de práticas com tecnologias digitais:

Se a gente pensar em escolas mais pobres do estado, ou do município, ou do interior do Brasil, eu acho muito difícil você conseguir tocar um projeto como esse se você não tiver acesso à internet, se você não tiver dispositivos à disposição dos estudantes, se você não tiver *smartphones*, *tablets* ou computador. Acho que isso é um fator fundamental, uma rede boa de *wi-fi* (Flávio).

Um contraponto à opinião de Flávio, é a pesquisa da Fundação Telefônica, Juventude Conectada (CONNECTADA, 2014), apresentada no Capítulo 2 desta tese, que indica o surgimento de uma juventude mais alinhada com as tecnologias digitais, mas relata a inexistência de uma amostragem que defina efetivamente o desenvolvimento de habilidades

tecnológicas, diferenças cognitivas e de aprendizagem a partir do uso dos artefatos digitais.

3.3.3. Relação dos simuladores com as práticas experimentais

O mundo em que vivemos é constituído por conceitos e ideias científicas e tecnológicas com que estamos em intenso contato. As práticas experimentais são métodos de aprendizagem que, em tese, são baseados na investigação para que cada aprendiz construa esses conceitos científicos e usufrua com maior qualidade das tecnologias disponíveis.

Todas as reformas curriculares nas últimas décadas deram imenso destaque ao ensino a partir de práticas de Ciências nos laboratórios. Historicamente, as metodologias experimentais compõem o repertório didático das aulas de Física com adesão de professores e pesquisadores de ensino de Física. A partir de referenciais da área, sabe-se que os professores efetivamente acreditam que a melhoria do ensino de Física está na introdução de aulas práticas no currículo. Rezende, Ostermann e Ferraz (2009) indicam que o laboratório didático continua sendo o objeto de estudo mais frequente entre as publicações na área de ensino de Física, tanto das que descrevem o desenvolvimento de experimentos, quanto das que se ocupam da avaliação do uso didático do laboratório.

Batista et al (2017) apontam que as atividades experimentais representam um espaço privilegiado na aprendizagem. Eles indicam que as atividades experimentais possibilitam a transposição do conhecimento aprendido para a vida social, buscando as complexas relações entre ciência, tecnologia e sociedade, criando, assim, condições para que o aluno possa generalizar e aplicar o conhecimento, relacionando-o com a sociedade em que vive.

Mesmo com a importância do laboratório, o modelo tradicional de ensino, de aula expositiva, ainda é amplamente utilizado por educadores nas escolas de ensino fundamental e médio nas aulas de Física. Então, diante de dificuldades de estrutura, falta de tempo para planejamento e número de estudantes em cada sala de aula, existe um movimento de substituição do modelo experimental por artefatos digitais de simulação. Inúmeros autores descrevem essa tendência nas aulas de Física, tais como Pires e Veit (2006), Fernandes (2016) e Martins, Garcia e Brito (2011).

O relato de Flávio revela que os simuladores podem, eventualmente, substituir uma prática experimental de Ciências. De qualquer forma, ele acredita que uma atividade de laboratório, combinada com uma ação de simulação, seja um cenário mais produtivo para a

aprendizagem:

Eu acredito que em alguns casos é possível sim (substituir o laboratório por uma prática experimental). Depende um pouco do objetivo que você quer fazer. Mas eu acho que o melhor dos mundos seria se você tivesse uma complementariedade entre as duas. O melhor dos mundos seria esse, né? Uma atividade prática virtual e uma atividade prática física e você podendo cruzar as experiências que você teve (Flávio).

Mesmo valorizando a simulação, Flávio acredita que o protagonismo do estudante seja a verdadeira diferença para as atividades.

Quando eu falo que o melhor dos mundos é você ter um complemento entre atividade prática virtual e atividade prática experimental, quem vai fazer essa atividade é o aluno (Flávio).

Zuanon e Diniz (2010), também indicam que, quando a interação educativa é baseada nesse protagonismo, esse processo é potencializado e decisivo para o processo de regulação e interiorização de conceitos. Com a mesma linha de pensamento, Danilo acredita no potencial pedagógico da combinação de uma prática experimental com uma simulação, através de um artefato digital. Seu relato remete a um dos vídeos de sensibilização da entrevista focal. O vídeo descreve uma atividade de determinação da densidade de diversos materiais e os professores utilizaram um simulador integrado com um experimento para compreensão do conceito científico. Danilo aponta que:

[...] como eles combinam o *PhET Colorado* com a aula prática, o que eu achei bem interessante porque a simulação às vezes ajuda a visualizar melhor o experimento prático. Então os dois juntos funcionam muito bem (Danilo).

Danilo também indica que já realizou uma atividade de eletrodinâmica com essa proposta, uma combinação de simulador e prática experimental:

E já usei em sala de aula para comparar circuito real com circuito simulado, então tinha fios e lâmpadas e o objetivo era que o aluno reproduzisse o circuito real no simulador e visse as diferenças (Danilo).

Na sequência, Danilo indica que o simulador é uma alternativa que, sozinho, não atinge os objetivos do laboratório. Entretanto, o poder de visualização do simulador é destacado mais uma vez. Ele considera que a visualização seja uma limitação da prática experimental:

Só o simulador, se você não tiver como fazer a pratica real, é um bom paliativo. Mas

eu acho que fica muito abstrato, um pouco desconexo. Só a prática real, as vezes o aluno não consegue visualizar o que você quer que ele visualize num fenômeno. Então [prefiro] a combinações dos dois e um sanando o que o outro tem de lado frágil e funcionaria melhor (Danilo).

Mais uma vez ele destaca o poder de visualização de fenômenos:

[...] a vantagem da animação é que ela permite que o aluno visualize, coisas que são guiadas. Como ali você vê a corrente viajando, você vê a lâmpada acendendo [...]. Então, se tiver que desenhar isso vai dar muito trabalho e mesmo assim você vai ter que contar com a imaginação do aluno: “olha, imagina que aqui estão fluindo coisas” (Danilo).

Vidal e Menezes (2015) investigaram o papel das simulações como alternativa aos laboratórios de Física. Nessa proposta, dois experimentos de eletrodinâmica foram realizados para alunos do 3º ano do EM, tal como a opinião de Danilo no comparativo de experimentos físicos e virtuais. As primeiras observações indicaram que os estudantes apresentaram reações de normalidade quando apresentadas aos simuladores de eletrodinâmica do *PhET Colorado*. Curiosamente, quando o mesmo grupo foi apresentado ao kit experimental no laboratório, a situação mudou. Os estudantes não se sentiram encorajados para manipular os equipamentos ou questionar os professores como na aula com simuladores.

Arantes, Miranda e Stuard (2010, p.29) indicam que as “simulações virtuais encorajam os alunos a explorar o comportamento da simulação, questionar suas ideias e desenvolver outros modelos correspondentes sobre determinado assunto”. Mas, retomando o artigo de Vidal e Menezes (2015), seus resultados são consoantes com as opiniões de Danilo e Flávio, com o indicativo que esses recursos sejam complementares.

Danilo também destaca que em muitos fenômenos, como o efeito Doppler, ou em ideias que envolvam conceitos de onda eletromagnética, o simulador possa ser um agente extremamente útil para abordagem nas salas de aula:

Depende muito do fenômeno. Alguns fenômenos você não consegue simular experimentalmente dentro de sala de aula. Mas, sempre que for possível, eu acho que a simulação complementa (Danilo).

Porque por mais que você tenha recursos, existem fenômenos que você simplesmente não tem equipamento, ou não consegue simular. O efeito fotoelétrico é um fenômeno extremamente difícil de simular. O fenômeno do Efeito Doppler, visualizar o Efeito Doppler, é muito difícil. Eu posso botar uma sirene chegando perto do aluno, mas visualizar as frentes de onda é algo que demanda um desenho, um gráfico mostrando algo que a gente não consegue ver. Então a simulação, independente dos recursos que você tiver, ela te permite ilustrar coisas que são invisíveis. Por exemplo, você pode ver a mudança de comprimento de onda de uma onda eletromagnética, como você não

vê a onda eletromagnética, a não ser que ela seja a luz, você consegue mostrar isso só através de uma simulação (Danilo).

Sobre a impossibilidade de tratar alguns conceitos experimentais, Ferreira et al (2009) também apontam os simuladores como agentes importantes para abordagem com maior capacidade de abstração, como os conceitos de corrente real e convencional na eletrodinâmica.

Gabriel tem uma opinião consoante com Danilo em relação a execução experimental, onde nem sempre a estrutura poderá oferecer condições para a realização da prática:

Ou quando você for fazer, as vezes tem coisas que você queria fazer experimentalmente, mas são muito difíceis (Gabriel).

Em seguida, Gabriel fala sobre a praticidade dos simuladores, mas aponta que o laboratório não pode ser abandonado:

É muito mais prático de você fazer (a simulação), mas antes eu acho que seria muito importante ele ter um pouquinho do real (Gabriel).

Apesar desses indicativos, de dificuldade para algumas práticas experimentais, tal como o efeito fotoelétrico, existem muitos exemplos de abordagens com essas finalidades. Silva (2012) descreve uma atividade experimental para efeito fotoelétrico utilizando componentes eletrônicos de baixo custo e de fácil disponibilidade no mercado. Esse artigo propõe uma atividade qualitativa de demonstração para “ouvir um controle” com inúmeros desdobramentos possíveis para o debate.

Em um comparativo de uma simulação de astronomia e um experimento físico realizado com uma maquete, Danilo entende que, em termos de entendimento do fenômeno, a maquete atinge o objetivo pedagógico. Mas, ele aponta que a ampliação do simulador está na abstração do estudante:

Nesse caso, como é um experimento mais visual, já que a gente já vê as fases da lua eu acho que um experimento de baixo custo seria melhor, porque tudo tem a ver com a natureza do fenômeno, os fenômenos astronômicos como as fases da Lua, ou estações do ano, são bem visualizados se possível observar o sistema solar por fora. Ou seja, se construísse uma maquete, então uma maquete ilustra muito bem o fenômeno. O que a simulação vai fazer é dar um *zoom out* e te mostrar isso. Então não tem nenhum ganho da simulação em relação ao experimento porque o experimento, contando com a maquete, vai fazer a mesma coisa. Ela não vai ilustrar algo que é invisível ao nosso olho e nem um fenômeno que não temos capacidade de perceber. Ela só vai diminuir a escala das coisas. Um experimento com uma bolinha se isopor e uma lâmpada faz isso, então dependendo da situação. A simulação só ganha do experimento quando ela cria desenhos e traços geométricos para coisas que a gente

não consegue ver. Ela elimina a necessidade de abstração, como visualizar uma onda eletromagnética e uma partícula subatômica, coisas que se você tentasse simular com objetos você não consegue (Danilo).

No que se refere à representação geométrica, Justiano et al (2017) apresentam um simulador de corpos celestes em dois referenciais, um topocêntrico e outro heliocêntrico. A demonstração atingida por esse simulador não seria alcançada por uma maquete. Neste simulador, o *Astro 3D*, é possível observar de forma simultânea o movimento real e aparente do Sol, da Lua e de planetas do Sistema Solar.

Existem muitos simuladores de astronomia que oferecem recursos com impressionante leque de recursos que dificilmente seriam substituídos em larga escala nas salas de aula através de maquetes e kits físicos. Araújo et al (2017) oferecem uma plataforma de radiotelescópio para o nível médio, Sampaio e Silva Rodrigues (2015) descrevem as facilidades do *Stellarium* para orientação celeste e Torres, Silva e Teixeira (2019) citam uma experiência para a determinação do dia solar verdadeiro com simuladores.

Danilo trabalhou com simuladores em seu doutorado em astronomia, e conhece o potencial de todos os artefatos citados. Mesmo assim, ele complementa apontando que a simulação não seja uma possibilidade de substituição do laboratório:

E muitas vezes mesmo você mostrando ali e falando “olha é assim que funciona e tal”, ele não está vendo na prática, ele está vendo uma animação, um desenho. E se você puder mostrar isso com um experimento para ele poder ver na prática um fenômeno natural, eu acho que é mais razoável. Então eu, pelo menos, vejo como possível ter os dois. Não acho razoável manter a simulação e excluir o experimento não. Acho que ela não substitui, complementa (Danilo).

Em seu relato, Danilo também aponta outra prática central nas aulas de Física: a resolução de exercícios. Em sua opinião, esse tipo de estudo é menos relevante que a prática experimental e os simuladores:

Se o intuito é ensinar Física, entender os fenômenos do mundo natural e compreender os fenômenos físicos naturais a hierarquia seria experimento, simulador e exercício (Danilo).

De fato, o entendimento de Danilo converge para os dados apresentados no capítulo 3 desta tese, no qual Custódio, Clément e Ferreira (2012) indicam que a resolução de exercícios não garante melhoria no desempenho de estudantes em exames internos ou externos, e que não há, para essa aplicação, indícios de superação de concepções prévias. O indicativo de Sousa e Fávero (2012) que sintetizam as expectativas dos professores de Física

sobre a resolução de problemas e abordagem de conceitos teóricos, pois os docentes entendem essas práticas como a própria aplicação do conhecimento físico.

Joana também destacou a visualização do fenômeno com o uso de uma simulação como uma característica importante em uma prática de eletrodinâmica realizada em uma de suas aulas. Ela indica que o estudante pôde alterar características do circuito, tal como em uma prática experimental, por conta das características do modelo gráfico.

O modelo gráfico ajudou por conta disso, porque a gente podia ir lá e mexer, botar chave, tirar a chave... E eu fiz um modelo igual ao que fiz na graduação e achei que ficou mais fácil (Joana).

Ao contrário de Flávio e Danilo, Joana acredita que o simulador possa substituir uma prática experimental de Física. Ela faz uma analogia entre a troca de hábitos da telefonia móvel, de realizarmos um número menor de ligações por conta das facilidades dos aplicativos de mensagens instantâneas, com a mudança de metodologias experimentais por simulações em artefatos digitais:

Pode, eu acho que pode (um simulador substituir uma prática experimental). É um pouco do que a gente faz no celular, né? A gente não liga mais para ninguém. Nós mandamos mensagem e, quando muito, nós mandamos um áudio. Eu acho que o simulador chegou aí para substituir a ideia de “vamos construir um laboratório?”. Agora não precisamos construir um laboratório para mudar a minha aula, agora eu consigo fazer isso no simulador (Joana).

Ela ainda lembrou de uma experiência de eletrodinâmica, uma proposta com um circuito experimental construído para acender e apagar lâmpadas, e comparou com a simulação de mesmo tema do *PhET Colorado*. Ela enfatiza que a visualização no artefato digital é uma vantagem, se comparada ao experimento físico:

[...] com alunos do Ensino Médio, a gente fez até um circuito com lâmpadas em série e em paralelo, ligando e desligando (experimento físico). Eu achei mais interessante o *PhET*, porque eu conseguia mudar isso. Em vez de ficar ligando e desligando o interruptor, eu achei que no *PhET* eu consegui visualizar muito mais, até com como graduanda. Eu achei que ficou muito mais claro (Joana).

Na sequência, Joana indica, com entusiasmo, sua crença no potencial da simulação. Em sua opinião, as dificuldades encontradas para a execução das práticas experimentais são superadas pelo uso dos celulares, que, segundo ela, é de fácil acesso para todos os educadores:

Acho que aprenderíamos muito mais se utilizássemos tudo que temos de recurso. E acho que a aula ficaria muito mais completa. Eu acho que a desculpa de não ter um laboratório já passou, hoje em dia a aula pode ser muito melhor e qualquer o professor hoje em dia tem um celular que tem muita coisa que ele pode usar, assim como o computador (Joana).

O relato anterior, de Joana, já era apresentado nos anos de 1990. Barbeta e Bechara (1996) já apostavam na utilização de simulações no lugar de experimentos reais para a compreensão de certos fenômenos físicos. Na opinião desses autores, que trataram um experimento virtual de pêndulo simples, a utilização de um simulador possibilita que o aluno concentre toda a sua atenção na essência do problema em estudo, sem ter que se ater aos detalhes experimentais.

Na contramão da opinião entusiasta de Joana, um estudo desenvolvido por Zara (2011), junto aos alunos da disciplina de Física do Curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, compara desempenho de dois grupos de estudantes na resolução de problemas de análise de circuitos, do qual um grupo fez uso de simuladores para execução experiências virtuais enquanto outro grupo concentrou-se nos métodos tradicionais de análise (aulas expositivas e resolução de exercícios). Os resultados indicaram que o grupo de alunos que não utilizou as experiências virtuais teve desempenho levemente superior. Para o mesmo teste, um aplicado em 2009 sem aprendizagem através de simuladores, a turma obteve uma média de 11,3 pontos (em um total de 20 pontos) e em uma segunda turma, do ano de 2011, o mesmo teste teve um resultado médio de 10,5 pontos com estudos usando simuladores do *PhET Colorado*.

Flávio considerou em seu relato uma proposta de métrica similar à realizada por Zara (2011). Possivelmente sua ideia de comparação surja pela falta de trabalhos com esse tipo de investigação:

Mas poderia ser assim, um grupo que é submetido a uma atividade que não envolve necessariamente o uso de simuladores e outro que envolve o uso de simuladores, e depois medir. O que é muito complicado para mim, porque a gente está falando de indivíduos diferentes, de grupos diferentes, que têm questões subjetivas em volta, né? Eu acho que um combo, um combo com alguma coisa mais teórica, expositiva, com um trabalho feito num laboratório, com um trabalho feito com simulador, com um trabalho feito com a *vídeoanálise*, eu acho que no processo inteiro o resultado que a gente tem do aluno para conseguir uma maior compreensão. Mas, eu não sei se consigo te garantir isso porque, por mais que a gente tenha esses itinerários, muitos alunos ainda terminam o percurso com dificuldade, fazendo avaliações que de fato envolvem o que foi estudado, mas sem conseguir compreender o que eles estudaram. Agora, eu tenho quase certeza de que se desse combo que a gente faz ficasse apenas aquele basicão inicial, aí mesmo ele não conseguiria nem avançar o que ele avançou (Flávio).

Jorge é mais cético quanto ao uso da simulação para a substituição das práticas experimentais. Apesar de valorizar as simulações, ele acredita que a manipulação, o erro e o acerto, a partir de um experimento físico, ainda sejam fundamentais para o desenvolvimento e construção do conhecimento de seus estudantes:

Eu acho que colocar a mão na massa ainda é mais importante que a simulação. As duas coisas podem caminhar juntas, mas colocar a mão na massa, errar, acertar, associar, eu acho que ainda é mais importante (Jorge).

Por outro lado, Jorge reconhece as dificuldades estruturais das escolas no que se refere às práticas experimentais. Seu relato é coincidente com os apontamentos de Santos, Canever e Giassi (2012) na questão referente aos recursos presentes nas escolas. Nessa pesquisa, sete escolas foram analisadas, na cidade de Criciúma, e possuíam recursos tecnológicos como *datashow*, computadores e aparelhos de televisão para as aulas. Mas, apenas duas escolas apresentavam laboratório de ciências em condições de uso. Mesmo assim, aguardavam a chegada dos materiais. O convidado descreve sua visão sobre a estrutura material dos laboratórios:

Mas também conheço escolas que tem laboratórios intactos há anos, que ninguém utiliza. Escolas públicas em que o material chega, mas que ninguém usa porque não teve formação para usar. Está tudo lá empoeirado, guardado, muita gente não sabe nem o que é (Jorge).

Gabriel também indica pontos de dificuldade para as práticas experimentais. Em sua vivência, ele verifica que os instrumentos de medida e kits experimentais não são manipulados livremente pelos estudantes:

Para mim o correto é, o aluno (manipulando os experimentos). No máximo você pode ter o professor mexendo num primeiro momento, até para mostrar como funciona, até porque muitas vezes o pessoal tem medo de “não sei o que pode e o que não pode”. [...] até mesmo em laboratório normal, até em laboratório super seguro, o aluno tem medo de colocar a mão porque não sabe se vai quebrar (Gabriel).

Bueno e Kovaliczn (2008) indicam, além das dificuldades de operação relatadas por Gabriel, que a visão de “achar o valor verdadeiro” para uma prática experimental é uma grande dificuldade encontrada nas aulas de laboratório. O artigo destaca que alunos acreditam que quanto melhor for a aproximação dos resultados obtidos com as previsões teóricas mais bem sucedido será o experimento que realizaram. E que essa crença é tão forte que, mesmo diante da discordância do resultado com a previsão teórica, eles preferiam atribuir a si próprios a causa de algum erro ou diferença. Mesmo com as dificuldades citadas, os autores afirmam que o

laboratório didático é considerado, de forma unânime, peça-chave no aprendizado da Física.

Com esse peso para a prática pedagógica, quando os professores convidados relatam suas vivências com simuladores, e as comparam com as práticas experimentais, emergem opiniões de aplicação dos artefatos digitais com estruturas análogas as de uma prática de laboratório.

Lunardi e Terrazzan (2003) classificam as práticas experimentais como as de roteiro aberto ou de roteiro semiaberto. As atividades experimentais de roteiros abertos são estruturadas a partir de um modelo de investigação. Neste modelo, o professor é um mediador das discussões e tem uma preocupação com as hipóteses lançadas pelos alunos. O desenvolvimento da atividade é protagonizado pelo estudante e, em uma terceira etapa do trabalho, os problemas são lançados pelo professor por meio de questionamentos e previsões. Assim, as conclusões dos estudantes são evidenciadas por meio de um roteiro direcionado e existem passos a serem seguidos de forma a questionar o aluno para que ocorram discussões acerca da atividade. Nas atividades semiabertas existem questionamentos e previsões que são evidenciadas no decorrer da realização da atividade guiadas por um roteiro direcionado. Assim, surge uma outra postura do professor, de maneira que ocorram questionamentos aos alunos para discussões acerca da atividade.

Gabriel reconhece a importância do relatório para as práticas experimentais, mas indica que deva existir um grau de liberdade para o questionamento e observações dos seus estudantes:

Eu sofri disso. Eu demorei até entender o que era o relatório. Então levei discussões para que eles [alunos] possam fazer o relatório. Eu mostro para eles “você viu isso?”. “Isso você pode botar no seu relatório”. Porque eu acho que o relatório não seja uma coisa que você deva seguir como uma receita de bolo (Gabriel).

O relato anterior, de Gabriel, se assemelha ao modelo semiaberto de prática experimental. A importância do relatório fica explicitado na importância que ele indica aos estudantes e o significado das discussões a partir desse guia.

Joana reconhece em seu discurso os modelos aberto e semiaberto de práticas experimentais. Para ela, o modelo aberto surge como uma opção mais adequada para o ensino de Física, se comparado ao modelo semiaberto. Outro destaque é seu apontamento para os riscos de segurança das práticas laboratoriais, sendo uma vantagem da simulação se comparado a um experimento real. Joana também acredita que o simulador seja uma atividade propícia a manipulação não roteirizada:

Para termos um laboratório que fará uma diferença muito grande, como ter um laboratório sem roteiro. Um laboratório sem roteiro demanda uma maturidade dos alunos, demanda um tempo muito maior do professor. Talvez até mais de um professor porque vão surgir ainda muitas dúvidas. Então, apesar de sair de sala de aula, tentar sair do modelo tradicional, a gente ainda é um pouco engessado pelo roteiro do laboratório. Eu acho que o simulador deixa a gente um pouco mais livre em relação a isso, porque, primeiro que com o simulador a gente fica despreocupado se alguém vai se machucar ali. Então, se surgir alguma coisa temos a possibilidade de fazer na hora. No laboratório, como tem o roteiro e os alunos estão comprometidos a segui-lo, como aquela receitinha de bolo né? (Joana).

Na contramão da opinião de Joana, Flávio acredita que o contato real seja a verdadeira diferença para a aprendizagem dos conceitos de Física:

Então, por mais que eu defenda o mesmo argumento para o uso dos simuladores, assim, o cheiro que ele vai sentir com os simuladores não é igual ao que ele vai sentir no laboratório, o tato de usar um teclado ou manipular um mouse é diferente do de pegar um carrinho e botar num plano inclinado, então há um ganho maior no laboratório. Se você acha que substitui, eu acho que em alguns casos você tem que fazer uma experiência ao abordar um assunto que o aluno não visualizaria nada no laboratório, alguma coisa de mecânica quântica por exemplo, assim, o simulador seria mais adequado (Flávio).

Jorge, quando questionado sobre uma proposta de uso de simuladores, afirma, nessa mesma linha, que um roteiro seja fundamental para o melhor resultado da atividade. Além dessa observação, ele valoriza o erro para a aprendizagem de seus estudantes, tal como em uma atividade experimental:

Tem que ter um roteiro. Tem que ter um roteiro, né? Só que nesse roteiro, não vou dizer que tenha que ter, assim, pegadinha. Mas o roteiro deve ser conduzido de modo que de vez em quando ele erre e perceba no que ele errou. Acho que isso é importante também, a importância do erro em física é fundamental (Jorge).

Essa similaridade com as práticas, da presença de roteiros semiabertos em atividades com simuladores, também é apresentada como proposta por Silva (2017). Em seu artigo, ela apresenta uma proposta de atividade de Mecânica, sobre força e movimento, com estrutura para o estudante elaborar fundamentação teórica, objetivos e um roteiro de passos. No roteiro, há indicativos de comandos eletrônicos a seguir, tabela de dados e conclusões, idênticos dos clássicos padrões semiabertos de laboratórios reais.

Flávio diz que já usou o mesmo relatório, proposto pela fabricante de material didático, para uma atividade com simuladores do *PhET Colorado*. Ele recorda que em uma atividade de óptica aproveitou o mesmo roteiro para sua simulação:

Então, eu lembro que cheguei a fazer roteiros experimentais em que eu fazia tanto no laboratório de Física com o banco óptico da empresa que a gente tem os kits, tanto com o simulador do *PhET*, por exemplo. O mesmo roteiro, pedindo as mesmas coisas, aqui, no simulador, configurando, no outro o garoto tendo que meter a mão para fazer os arranjos (Flávio).

Esse roteiro fechado tem sido a plataforma do ensino de Física desde os projetos americanos das “sopas de letrinhas”, que eram um conjunto de materiais instrucionais educativos e procedimentos metodológicos experimentais.

Em uma posição contrária a de Flávio, Gabriel sugere que existem simuladores vocacionados para interações mais livres:

[...] eu já vi muitos simuladores que são assim: um quadro branco que você monta o circuito do jeito que você quiser, você liga as lâmpadas do jeito que você quiser, você faz tudo do jeito que você quiser (Gabriel).

Sendo uma atividade com kit experimental físico, ou por artefato digital, a opinião de Goi e Santos (2015) surge como uma alternativa coerente, pois, a simples introdução de atividades práticas não resolve as dificuldades de aprendizagem. Para que as atividades práticas permitam uma arena de construção do conhecimento, elas devem ser planejadas, observando os objetivos pretendidos, os recursos disponíveis e as ideias prévias dos educandos.

3.3.4 Simulação como ferramenta

Para a categoria *Simulação como ferramenta*, analisei o posicionamento dos entrevistados no que se refere a possibilidade de estabelecimento de um *design* instrucional através da criação de padrões de uso. É um desafio docente harmonizar a relação teoria x prática considerando os conhecimentos pedagógicos e a própria ação em sala de aula (ou demais espaços de aprendizagem). Assim, a organização de conteúdos que possibilitem a reutilização automatizada desses recursos é uma alternativa que pode surgir para a aplicação desses artefatos.

Além disso, é uma possibilidade o entendimento de um artefato digital para uma solução específica gerando uma fragmentação dos processos, ou uma desumanização, associada automação na educação. No caso da automação por processos tecnológicos, pode existir uma metáfora associada como justificativa de sua explicação. Lemgruber e Ferreira (2018) tratam de metáforas encontradas nos discursos sobre tecnologias digitais. Eles lembram que metáfora quer dizer “além do lugar”, apontando um deslocamento de significado. Esse “desvio”, para a

aproximação de um conceito, é um artifício recorrente. Paulo Freire (1992) utilizou o termo “concepção bancária” para caracterizar práticas educacionais baseadas em depósitos de conteúdos, vazios de significado e recheados de procedimentos protocolares.

Neste aspecto, os convidados foram estimulados a relatarem sobre seus modelos pedagógicos com os simuladores e a sua expectativa de uso com o objetivo de emergir um possível deslocamento de significado para o uso desses artefatos. Rosado, Ferreira e Carvalho (2017) apontam a existência de uma difusão de rótulos associados a preocupações de cunho marcadamente técnico para a aplicação de artefatos digitais. E, no contexto educacional, são muitos os dispositivos defendidos com o rótulo de “ferramenta”.

Ferreira e Lemgruber (2018) apontam que a metáfora da tecnologia como “ferramenta”, assim, como qualquer outra metáfora, tende a privilegiar alguns aspectos do tema, enquanto obscurece outros. Seriam ofuscados, por exemplo, os questionamentos de cunho sociopolítico, incluindo, sobretudo, a premissa de que as tarefas executadas com a tecnologia digital sejam bem definidas no contexto de produção desses artefatos. Ou seja, as tarefas que podem ser realizadas com ferramentas limitadas a uma ação.

Este parece ser o uso da simulação como ferramenta de visualização. É fato que a ciência necessita de modelos, representações de algo que (pré)existe, ou como representação de uma realidade abstrata. As opiniões dos entrevistados sugerem que os simuladores sejam ferramentas alternativas nessa construção de modelos pelos estudantes.

Alguns relatos destacam que os avanços em simulação facilitam a incorporação de recursos visuais em sala de aula. Essa seria uma vantagem porque a visualização dos processos que ocorrem na natureza é um dos mecanismos para a prática da ciência. Segundo Gilbert (2005) as representações são cruciais na produção de conhecimento porque:

Modelos podem funcionar como uma ponte entre a teoria científica e o mundo como experimentado ("realidade") de duas formas. Eles podem ser esboços simplificados da realidade como observada (fenômenos exemplo), produzidos como objetivos específicos aos quais as abstrações da teoria são então aplicadas. Eles também podem ser idealizações de uma realidade como imaginada, baseadas nas abstrações da teoria, produzidas de forma tal que possam ser feitas comparações com a realidade como observada, e, desta forma, usadas para tornar visíveis abstrações e crucialmente fornecer base para previsões sobre fenômenos e suas explicações científicas (Gilbert 2005. Pg 11).

Assim, a potência visual dos simuladores constitui, para muitos entrevistados, uma excelente ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem. Danilo exemplificou o uso do simulador pelo seu poder de visualização, traçando um comparativo com filmes:

Eu acho que a simulação funciona um pouco como um filme da mente. Você quer mostrar para o aluno o que está acontecendo, você está vendo o fenômeno na sua mente e precisa que ele veja o mesmo fenômeno. A simulação é meio que esse tradutor (Danilo).

Da mesma forma, Joana também buscou a analogia dos filmes para o simulador como um recurso visual:

Acho que (a simulação) é como se fosse um filme, qualquer recurso extra que você coloca dentro da aula já atrai um pouco a atenção do aluno (Joana).

Em um segundo momento, Danilo aponta a simulação como análoga a um vídeo animado, o que seria, em sua opinião, uma possibilidade de dar concretude a alguns conceitos abstratos da Física:

Ele (professor) coloca na frente dele (aluno) um vídeo animado do que eu esperaria que acontecesse na cabeça dele. O que ele precisa visualizar. Então, é por isso que eu acho que ajuda bastante na abstração. É como se eu abrisse uma janelinha na minha cabeça e mostrasse para ele o que eu estou visualizando no fenômeno para que ele visualize também (Danilo).

Na mesma linha, Carraro e Pereira (2014) também indicam que as tecnologias digitais possibilitam uma abordagem diferenciada dos conteúdos, pois propiciam a visualização de modelos físicos que não poderiam ser observados de outra forma, exceto por figuras estáticas em livros didáticos ou no quadro negro. Arantes, Miranda E Studart (2010) também indicam que a principal contribuição dos simuladores consiste em visualizar conceitos abstratos como fótons, elétrons, linhas de campo, etc. Neste sentido, Danilo diz que:

[...] até porque num desenho no quadro ou no papel não há o que explorar. Em uma aula prática a exploração pode ter risco né? Se o aluno ligar alguma coisa no lugar errado aquilo pode estourar a fiação, então o simulador é aquele ambiente seguro e que ele pode deixar um pouco a criatividade e a imaginação correr solta. Então isso é atraente, eu vejo isso como atraente, tanto que sempre a adesão com o uso do simulador é maior do que quando eu não uso nada, ou uso só quadro (Danilo).

Sobre as abstrações, Danilo aponta os simuladores como uma possibilidade de trabalhar com a intuição do estudante. Essa opinião está alinhada com as concepções que os alunos já trazem para a introdução dos conceitos de Física:

Simulações permitem que eles ponham a intuição em prática e vejam que ela não

funciona. Então, nesse sentido, é uma boa ferramenta (Danilo).

E, na sequência, reafirma, mais uma vez, a importância da visualização:

Eu acho que um dos grandes problemas da compreensão dos fenômenos científicos é a visualização. Uma capacidade de abstração que muitas vezes não é trabalhada, e aí na falta dessa abstração, muita gente não consegue entender. A ciência é intuitiva na maioria dos casos, então é difícil uma pessoas visualizar algo que vai contra a intuição dela. E aí, se você puder mostrar um fenômeno, nem que seja uma ilustração, ou numa animação de computador, talvez você ajude o indivíduo a perceber, a entender o que você está querendo traduzir ali quando você está tentando explicar para ele. Então sim, para mim (a simulação) é uma ferramenta essencial (Danilo).

Ele ainda aponta para o caráter de sedução que o efeito visual pode causar nos alunos:

Não, eu acho que ela seduz mais por ser um artefato visual, um mecanismo que permite visualizar, eu acho que ela deixa muita coisa que é abstrata concreta (Danilo).

Na sequência, ao ser questionado se o simulador efetivamente possui como marca um suporte visual, existe a afirmativa de Danilo confirmando essa opinião:

[...] eu acho que sim, acho que ele ajuda a visualizar o fenômeno (Danilo).

Flávio possui uma opinião consoante com a importância da simulação como elemento de visualização. Ele aponta a relevância para o entendimento de carga elétrica em circuitos, um conceito que depende da ideia de campo elétrico:

Mas eu tenho preferência por alguns (tipo de simuladores). Então, aquele, por exemplo, que é muito popular, de eletrodinâmica, você vai lá e coloca os elementos e monta o circuito e tal. Eu acho ele ótimo! Assim, porque é quando a gente faz um circuito no quadro, desenha, ou mesmo quando a gente monta, não podemos ver os elétrons. E lá você consegue visualizar, o menino pega, arrasta e monta e não tem risco de tomar choque também o que pode ser uma vantagem. Mas, é claro, é uma limitação todos eles serem baseados em modelos, que reproduz na verdade o que a gente ensina teoricamente. Você não consegue abordar o fenômeno inteiro. A gente faz um recorte e acaba fazendo um estudo simplificado de algo mais complexo (Flávio).

Seguindo sobre o simulador de eletrodinâmica, Flávio correlaciona o ganho da visualização com uma teoria de aprendizagem e outras vantagens para esse tipo de aplicação:

Talvez o ganho da animação, quando você vê lá o menino manipulando, colocando e

tirando um dispositivo de circuito, quando fecha o circuito e vê os elétrons se movendo, eu acho que isso pode sim fazer diferença se o aluno estiver de fato prestando atenção. Existe uma expressão chamada aprendizagem observacional, assim, por mais que você não mexa diretamente com o experimento, não manipule, né? Se você vê o professor fazendo existe uma probabilidade muito grande de que você compreenda o que está sendo explicado. A mesma coisa acontece com os simuladores, eu posso pegar um simulador, manipular para os meus alunos e, dependendo da abordagem, que eu faça talvez eu consiga dar o recado (Flávio).

Jorge também aposta no potencial da visualização como um fator positivo das simulações para as aulas de Física:

E quando você começa a simular, “jogar os dados” e o aluno vê como a coisa acontece realmente. E ver como o olho do aluno começa a brilhar e que ele começa a entender aquilo ali, é gratificante, né? Acho que é nesse sentido. A compreensão é melhor, mas não é tudo. É interessante sim (Jorge).

Gabriel promove uma crítica sobre a visualização de um fenômeno sem a manipulação do artefato:

[...] a grosso modo, qual é a diferença entre você chegar ali na frente, usar o simulador, fazer as coisas e os alunos só observarem e você simplesmente escrever no quadro e falar (Gabriel).

Joana acredita que o quadro não consiga os resultados pedagógicos de um simulador:

Se você usar o simulador e tudo o que ele proporciona eu acho que tem uma diferença brutal entre desenhar o circuito no quadro (Joana).

Nesse trecho ela parte da premissa de que os estudantes já trazem ideias sobre os fenômenos naturais, que geralmente são distintas dos conceitos formais. Muitas vezes, essas concepções prévias são resistentes às mudanças, o que, de fato, exige boas estratégias para as atividades significativas de Ciências. De qualquer forma, a visualização é um elemento fundamental para a construção de uma ideia e abordagem dessas concepções prévias, mas a participação ativa do aluno, confrontando as relações formais e seus conhecimentos prévios, é fundamental e imprescindível.

Sobre o repertório de uso dos simuladores, a adesão e aproximação com o *PhET Colorado* é muito elevada. Os relatos indicam que tal artefato, que possui guias de uso e sequências didáticas recomendadas, foi o primeiro contato de muitos entrevistados com a simulação. A característica de uso instrumental desta plataforma fica evidenciada em vários trechos dos relatos e surge a noção dessa plataforma como um objeto de aprendizagem, do qual

são criadas coleções de objetos que podem ser reutilizados em diferentes combinações. Wiley (2000) relata que a ideia de objeto de aprendizagem foi sendo gradativamente expandida até extrapolar um formato de material didático, mas cursos completos para aprendizagem independente.

Retomando as entrevistas, Danilo, que considerou a sua formação na graduação insuficiente no aspecto de tecnologias digitais para a educação, justamente por não ter passado por nenhuma situação de uso pedagógico, apontou o *PhET Colorado* como um artefato recomendado para sua capacitação futura com abordagem de TIC em suas aulas.

Quando eu estudei na faculdade, sobre ensino de Física, elas (simulações do *PhET Colorado*) foram indicados para a gente como ferramentas de capacitação (Danilo).

A relevância do *PhET Colorado* como ferramenta é destacada em várias entrevistas dos professores pesquisados. Em inúmeros relatos, essa plataforma é apontada como a mais relevante na atualidade. Barbosa et al (2017) apontam que um dos motivos da popularidade das simulações do *PhET Colorado* é o fato da disponibilização em diversos idiomas, inclusive no português, podendo ainda ser executadas online ou baixadas gratuitamente por qualquer pessoa interessada.

As simulações do *PhET Colorado* possuem orientações de uso e muitos autores destacam manuais de uso para inúmeros conteúdos. Oliveira e Toledo (2019) indicam essas atividades para Lei de Coulomb, Carga e Campo Elétrico, Capacitor, Resistência Elétrica e Circuitos Elétricos. No artigo, o caráter de manual “passo a passo” é exemplificado para cada conteúdo. As orientações seguem comandos fixos para o cumprimento de uma tarefa específica, uma proposta instrucional. O roteiro para uma aula sobre capacitores, que se assemelha ao de uma aula experimental, está apresentado no Anexo E.

Danilo cita outros artefatos eletrônicos para aplicação educacional. Neste caso, dentre os exemplos citados, o simulador americano surge como a única com aplicação dedicada para o ensino de Física:

Especificamente em tecnologias de mídia eletrônica, eu acho que temos hoje muito mais ferramentas bem mais popularizadas do que a gente tinha antes. Por exemplo, o *Kahoot*, *Socrative*, *PhET Colorado*, *Addpuzzle*, uma série de plataformas e ferramentas que te permite fazer um leque enorme de atividades e envolver uma série de coisas em sala de aula (Danilo).

Em seu relato, Danilo menciona a simulação como uma técnica, uma concepção

pertinente à ideia de que o professor possa produzir uma automação, na mesma perspectiva dos objetos de aprendizagem, para os processos relacionados a simulação:

Meu olhar é negativo, mas otimista. Eu acho que o cenário não está bom, mas está muito melhor do que há dez anos atrás. E acho que essa é a tendência (uso dos simuladores). Nós temos aí vários colegas mais jovens entrando em graduações e levando para dentro uma série de técnicas de simulação (Danilo).

Mesmo possuindo uma vasta experiência com simuladores, fruto de seus trabalhos de mestrado e doutorado, Flávio indica a sua preferência pelo *PhET Colorado*. Seu relato aponta que a interface amigável, e a disponibilidade das simulações e instruções em vários idiomas, como um facilitador para o usuário:

E a medida que eu fui usando o *PhET*, outras plataformas foram ficando de lado. Eu meio que fidelizei, né? Eu não sei se ganha o Oscar, mas eu acho que a produção do grupo que desenvolve [o artefato] é muito intensa. O fato é que eles disponibilizam [simulações e orientações] em vários idiomas. Isso faz a diferença porque você não precisa falar inglês, você consegue vários modelos em português, por exemplo. Isso ajuda inclusive para o alunado. É de fácil acesso e manipulação, então eu acho que se eles são os melhores aí hoje. Eles estão entre os melhores (Flávio).

Gabriel expressa seu entendimento do *PhET Colorado* como um artefato de divulgação científica, apesar de considerar sua proposta alinhada com o uso da educação formal. O destaque fica para a exclusividade de conhecimento para este simulador:

Na verdade, das plataformas de divulgação, esse é o único que eu conheço [...]. O *PhET* eu acho legal, mas ele tem a cara de aula ainda. Eu queria algo com cara mais de brincadeira (Gabriel).

O depoimento de Jorge compara o simulador disponibilizado pelo livro didático ao repositório do *PhET Colorado*. Neste momento, existe o indicativo de qualidade das simulações da universidade americana:

Uma nova edição (do livro) tem simulações. Não ao nível do *PhET Colorado*, mas muito boas, que a gente pode utilizar sempre... (Jorge).

Mesmo o Phet Colorado sendo um destaque entre os convidados, existem muitas plataformas de simulação para o ensino de Física. Quando questionado sobre a diversidade de temas e conteúdos, Jorge verifica uma maior oferta para os simuladores de Física Moderna:

[...] eu acho que há muito mais (oferta) de Física Moderna. Pelo menos em Física, muito mais de Física Moderna e Eletromagnetismo do que Mecânica ou Óptica por exemplo. Essas têm muito menos, acho que poderia ter mais. (Jorge).

Apesar de não haver um levantamento atualizado, Martins, Garcia e Brito (2011), indicam que, na educação básica, há um uso crescente do uso de simulações para os conteúdos de Mecânica. Mas, ao menos para o *Phet Colorado*, essa oferta de diversos conteúdos está alinhada ao que Lemgruber e Ferreira (2018) classificam como a metáfora do Lego. Segundo Hodgins (2002), essa metáfora sugere uma concepção desses objetos de aprendizagem como pequenas unidades de conteúdo organizadas segundo um padrão de recombinações com quaisquer outros objetos que sigam o mesmo padrão. Mas, seguindo com a concepção de Lemgruber e Ferreira (2018), “a metáfora Lego não inclui explicitamente os atores centrais do processo educacional: professor e aluno”. A grande crítica é que essa aproximação sustenta uma concepção de materiais neutros para a educação, uma ideia duramente criticada por Selwyn (2011) justamente para o que seria um “uso para a manutenção do controle”

3.3.5 Afinidade por questões geracionais

Os estereótipos de “Geração Digital”, ou a classificação em “Geração X e Y”, não são incomuns nos discursos escolares e acadêmicos sobre tecnologia digital. O artigo de Coelho (2012) reflete sobre os nativos digitais e as novas habilidades e competências dessa geração, exploradas em ambiente escolar, principalmente com o uso de aplicativos de dispositivos móveis e games educativos. Dentre as conclusões, o autor indica que essa “nova geração” apresenta uma competência tecnológica natural do contexto em que nasceram. Uma visão determinística para as ações em sala de aula para esse público.

Mas, mesmo nos artigos que consideram essa classificação, existe o entendimento de um espectro social mais amplificado. Fora do contexto educacional, mas sobre as diferenças entre gerações, a pesquisa de Cappi e Araujo (2015) analisou as eventuais diferenças entre indivíduos das “gerações X e Y” quanto ao grau de satisfação no trabalho e comprometimento organizacional para uma mensuração da intenção de um indivíduo sair do emprego. Dentre todas as indicações, a pesquisa sugere algumas limitações para um entendimento final justamente pelo diversificado perfil de escolaridade de sua amostra. Um indicativo que os múltiplos contextos sociais normalmente não são considerados para essa classificação.

Da minha perspectiva de Professor do EM, entendo a necessidade de problematizarmos os jovens e termos a compreensão da diversidade que constituem a “categoria juventude”, tal

como os trabalhos apresentados no Capítulo 2 (SPÓSITO, 1997; CARRANO, 2000; DAYRELL, 2003). Pois essa constituição juvenil ocorre de maneira cada vez mais complexa, com os jovens expostos a universos sociais diferenciados. Portanto, o entendimento do jovem como um ator plural e resultado de experiências de socialização em contextos múltiplos, que expressam os mais diferentes modos de ser, está mais alinhado com a realidade apresentada.

Sobre a opinião dos entrevistados, Flávio indica em seu discurso um cenário no qual os jovens manipulam com muita frequência os celulares em sala de aula, com um uso sem alinhamento pedagógico e sem apresentar uma atitude produtiva diante de alguns artefatos digitais:

[...] até porque tem uma queixa muito grande de alguns professores pelo aluno as vezes não conseguir deixar de pegar o telefone, e no computador ele fica perdido, fazendo alguma coisa que não tem nada a ver com a aula e tal. Eu me questiono o tempo todo sobre isso (Flávio).

A gente fala de nativos digitais, de geração digital, mas quando você pede algo diferente, que não está naquele fluxo de redes sociais, de *Youtube* e tudo mais, como montar um gráfico no Excel, a garotada se perde completamente (Flávio).

A opinião de Flávio está alinhada com a descrição de Barreto (2012, p. 997), do qual “pensar as TIC no processo de ensinar-aprender extrapola a sua simples presença, como condição necessária, mas não suficiente, para o encaminhamento das questões relativas à sua apropriação”. No depoimento seguinte de Flávio os estudantes não apresentam soluções efetivamente criativas quando se deparam com situações que exijam um desdobramento matemático minimamente elaborado. No complemento ele cita uma atividade experimental em que viveu essa situação, uma exigência matemática para a solução em uma planilha eletrônica e os jovens estudantes não corresponderam às expectativas para aquela prática:

A gente fez uma atividade experimental esse ano em que a gente pedia, propositalmente, para que ele tivesse contato, e precisasse mexer, que ele fizesse uma tabela e um gráfico no Excel. Foi uma dureza. E a grande resistência que a gente encontrou nesse momento foi justamente por não saber mexer no Excel (Flávio).

Vale ressaltar mais uma vez que Flávio trabalha em uma instituição de EM de alto desempenho com forte suporte tecnológico. Seguindo em seu relato, sua opinião sugere que o comportamento apresentado nessa atividade experimental seja uma rotina frequente nas suas salas de aula:

Então quando você propões algo diferente, um pouco fora do *mainstream* dos caras,

eles se perdem um pouco. Criam uma resistência, mas com um empurrãozinho acaba indo (Flávio).

Já Danilo coloca a aceitação às tecnologias digitais relacionada ao nível de interação do indivíduo com o artefato:

Eu acho que se existir alguma relação (de afinidade com as tecnologias) seria uma familiaridade. Se o meu professor aparecesse com uma simulação no ensino médio, por exemplo, na minha sala de aula, a minha turma ia se impressionar muito mais que uma turma de hoje. Hoje eles estão muito acostumados com a animações, eles mexem com isso no jogo de celular, para estudar (Danilo).

[...] acho que a diferença é só que eles (alunos da atualidade) estão mais adaptados. Então, se você dá uma simulação não tem novidade, eles vão usar, fazer, vai ter adesão, mas não vai ser aquele show maravilhoso como seria há dez anos atrás (Danilo).

Seguindo, Danilo confirma sua visão de maior afinidade pelo fato de uma exposição contínua aos artefatos:

Então eu acho que o fato dessa geração ser mais digital, e isso você pode ver como uma vantagem ou desvantagem. É que eles estão mais familiarizados então a simulação não surpreende mais (Danilo).

Ele também entende a diversidade social como um fator para a afinidade de um estudante com uma plataforma de simulação:

Tem muita criança e adolescente hoje ainda que não tem nenhum tipo de contato com mídia eletrônica digital, e quando você leva alguma coisa digital para ele isso já é algo emocionante ao mostrar a simulação do fenômeno fica mais impressionante (Danilo).

Pela falta de familiaridade eu acho que com o aluno de baixa renda a simulação tem mais impacto do que com o aluno de alta renda (Danilo).

Os convidados revelam um cenário complexo da tecnologia digital nas escolas. A inserção das tecnologias na vida cotidiana é um fato, e o público de jovens do EM buscam os elementos das tecnologias. Flávio entende que ainda não alcançamos articulações efetivas entre as práticas das escolas e os estudantes. Danilo acredita que o contato com as tecnologias diferencia a “qualidade do uso”. Joana possui uma opinião mais eufórica sobre o uso dos artefatos digitais nas aulas de Física. Para ela, a “potência digital” deve ser explorada em sala de aula e, inclusive, substituir a estrutura de laboratórios didáticos físicos:

Também, como eles estão familiarizados com o computador, com celular e tecnologia de uma maneira geral, eu acho fica até mais fácil de mexer. E eles se interessam mais por estar envolto a algo que eles têm ali o tempo inteiro. Existem até simuladores para celular, né? (Joana).

Acho que nos aprenderíamos muito mais se utilizássemos tudo que temos de recurso, e acho que a aula ficaria muito mais completa. Eu acho que a desculpa de não ter um laboratório já passou, hoje em dia a aula pode ser muito melhor e qualquer professor hoje em dia tem um celular que tem muita coisa que ele pode usar, assim como o computador” (Joana).

Como sustentação de seu argumento, Joana indica as possibilidades de aplicação de um celular em uma aula de Física pelo uso do acelerômetro embutido no aparelho, em uma atividade de cinemática:

Então a partir do momento que eu vou dar uma aula de cinemática, de movimento retilíneo uniformemente variado eu posso pegar meu celular, fazer um plano inclinado ali e deixar meu celular correr e mostrar para ele como funciona esse acelerômetro, mostrar para ele que o celular tem esse recurso (Joana).

A princípio, ela acredita na ampla aplicação dos simuladores na educação:

Eu acho bacana a iniciativa de tentar introduzir essa parte de tecnologia de uma maneira geral para as aulas em qualquer nível de ensino. Porque a gente usa isso o dia inteiro, mas não necessariamente refletimos sobre isso, não pensa em uma aplicabilidade “útil” sobre isso (Joana).

Apesar dos relatos de otimismo, Joana reconhece que existe uma dificuldade por conta

Depende da escola, porque o simulador as vezes você precisa projetar e nem toda a escola tem um projetor, e nem todo professor tem projetor e também não é obrigado a ter um (Joana).

Apesar da crença no “solucionismo” do simulador, Joana indica não ter certeza sobre as soluções para um público nitidamente diversificado como na Educação de Jovens e Adultos:

Eu acho que são mais aceitos por eles (EM regular), apesar de nunca ter aplicado um sistema desse numa EJA, então não sei como funcionaria na EJA (Joana).

O relato de Joana sugere um uso da tecnologia digital exclusivamente como um artefato, e não como um conjunto de práticas (que também são conduzidas por artefatos). A concepção mais ampla de “abordagem pedagógica com uso de artefatos” não está contemplada em diversos trechos da convidada.

Seguindo, Gabriel acredita em uma classificação temporal para as relações com as

tecnologias. Para ele:

Isso daí é uma concepção. Não é uma concepção minha porque o termo não é meu. Mas eu estar falando da “Era do Nativo”, que considera que essa pessoa nasceu no que o autor diz que é o nativo digital (Gabriel).

Gabriel aponta que:

Eu acredito até um certo ponto. Todo mundo hoje em dia é nativo digital, de uma geração para frente, e de uma geração para trás, eu acredito nessa ideia do migrante digital, até porque eu tenho um avô e uma mãe que são praticamente analfabetos digitais. Eles sabem utilizar determinados aplicativos, determinadas coisas, não por falta de capacidade, assim como um analfabeto não é analfabeto a vida inteira, ele pode ser alfabetizado (Gabriel).

Os relatos apontaram diversas interpretações do mítico termo “nativo digital”. A existência dessa mobilidade inata deve ser entendida em um universo de uso com conflitos. Os depoimentos dos convidados apontaram algumas premissas são assumidas para as tecnologias digitais e merecem maior aprofundamento e entendimento complexo para esses cenários.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta parte final da tese, retomo que o ensino da Física no EM brasileiro ainda é estabelecido por uma cultura fundamentada em práticas de laboratório e resolução de exercícios, e esses elementos emergiram, em inúmeros momentos, nas vozes dos entrevistados, assim como o livro didático sendo um instrumento de peso no ensino de Ciências. Este cenário, que surge a partir do episódio da Guerra Fria com os chamados “Projetos de 1ª Geração” do ensino de Física, foi estabelecido no Brasil através do intercâmbio de pesquisadores brasileiros nos principais centros americanos em um período que podemos chamar de “efeito Sputnik” para o ensino de Física no Brasil. Com essa matriz, vivenciamos avanços, possibilidades e dificuldades para este segmento.

Por outro lado, o maior acesso ao EM, a partir dos anos 1990, impulsionou a demanda para este segmento da educação e o Brasil se deparou com falta de estrutura e pessoal, fato que ainda se verifica. Uma outra grande questão é o foco na preparação para o curso superior, que, além de priorizar o modelo de aula expositiva, fomenta a aplicação praticamente indiscriminada de exercícios de preparação para as provas e desafios externos, um formato que prima pela memorização e soluções algébricas. Nos depoimentos dos entrevistados surgiu, dentre outras questões, a existência dessa prática de ensino, com a prioridade em garantir o acesso para o curso superior.

O longo currículo a cumprir também foi um elemento que emergiu com frequência nas entrevistas. Os inúmeros conteúdos abordados no EM formam um caminho fixo que deve ser seguido ao longo desta etapa da educação básica. Todos os entrevistados relataram que esse modelo rígido dificulta a inserção de novas metodologias, obrigando os professores a seguirem com práticas pedagógicas com pouca diversificação nas estratégias de ensino-aprendizagem adotadas.

Essa premissa de dificuldades, até certo ponto, justifica uma modificação na cultura de ensinar a disciplina com a substituição de recursos laboratoriais e demais materiais didáticos pelos simuladores. Mas a análise dos dados revelou que, embora haja liberdade de uso de *tablets* e *smartphones* pessoais nas escolas, universidades e espaços de aprendizagem citados, as práticas docentes estão abaixo das habilidades e competências dos alunos com o uso cotidiano desses equipamentos. Dentre tantas questões, podemos inferir que a “força da lousa” (eletrônica ou de quadro branco) para a resolução de problemas ainda seja predominante no EM e que as ações pedagógicas ainda funcionam com a mesma lógica de ensinar, independente da

instrumentação de ensino aplicada.

A BNCC e o Programa do Novo Ensino Médio, que alavancaram o debate para as políticas do EM, se furtam de algumas discussões, como, por exemplo, a implantação do Itinerários Formativos, e continuam, majoritariamente, focados em listas de conteúdos. O início da implementação da BNCC nas escolas de EM deve ocorrer a partir do segundo ano subsequente da sua publicação, ou seja, o documento deverá ser implantado até o final 2020. Assim, esses elementos não surgiram nos relatos dos profissionais convidados para as entrevistas. Após essa implementação, uma crítica sobre as ações dos agentes públicos e privados para o progresso das práticas de Física, em especial com o uso das tecnologias digitais, será uma contribuição oportuna para professores e pesquisadores.

Com todas as tensões e possibilidades, o uso da tecnologia surgiu como uma alternativa, com respaldo nas produções acadêmicas e relatos de experiências de sala de aula. Mas, apesar da relevância no debate para o uso de tecnologias digitais, a formação para as TIC nas universidades são experiências distintas para os entrevistados. Os relatos apontaram desde a ausência de experiências sobre as tecnologias digitais até inserções pouco aprofundadas, se considerarmos um contexto do qual os artefatos digitais sejam entendidos como uma proposta importante para as aulas de Física.

Dos entrevistados com mais de 10 anos de atuação no magistério, dois tiveram experiências em simuladores graças aos estudos realizados em pesquisas de pós-graduação, mas sem aplicação em sala de aula. O terceiro construiu seu repertório de uso ao longo de sua carreira docente com trocas entre colegas e busca individual sobre a temática. Os entrevistados mais jovens, apesar de passarem por cursos com maior intencionalidade para a prática docente, também não apresentaram elementos que apontassem para uma apropriação sólida para o uso de simuladores em sala de aula. De fato, a formação para as TIC não se revelou como um propósito das licenciaturas em Física. Se nas experiências analisadas não existe uma abordagem complexa sobre a formação para as tecnologias, os entrevistados também não indicaram nenhum episódio sobre a formação em serviço oferecida pelas escolas.

Para (re)pensar a integração das tecnologias digitais em suas práticas no EM, vale o destaque que todos os participantes das entrevistas indicaram o uso frequente das TIC como recurso didático. Os simuladores, interativos e de inserção de dados, foram citados, assim como editores de vídeos, plataformas de questionamentos, entre outros. Entretanto, essa aplicação das TIC em sala de aula muitas vezes evidencia uma prática de ensino já desenvolvidas nas rotinas escolares pelos professores de Física. Os usos são, quase sempre, adaptações de práticas

estabelecidas. E, neste caso, vale o destaque para a correlação com as práticas experimentais. Essa aproximação não surpreende justamente pela forma que o laboratório didático é pensado pelos professores, que, de forma praticamente unânime, o consideram uma peça-chave no aprendizado da Física.

Para fins desta pesquisa, as práticas experimentais foram classificadas como de roteiro aberto ou de roteiro semiaberto. As de roteiros abertos são estruturadas a partir de um modelo de investigação. Neste caso, o professor é um mediador das discussões e o foco está nas hipóteses lançadas pelos alunos. Nas atividades semiabertas, existem questionamentos e previsões que são evidenciadas no decorrer da realização da atividade e guiadas por um roteiro.

Nos discursos dos professores convidados, os modelos aberto e semiaberto de práticas experimentais são reconhecidos e citados em suas rotinas. Também foi evidenciada a similaridade dos simuladores com as atividades de laboratório, através da presença de roteiros semiabertos. Essa correlação foi verificada nos relatos dos entrevistados e em publicações (conforme apresentado no Anexo E para uma atividade sobre capacitores).

Também vale destacar a relevância de apontamentos dos entrevistados para os riscos de segurança das práticas laboratoriais, sendo entendido como uma vantagem da simulação se comparado a um experimento real. Em muitos casos, essa diminuição do risco ao experimento é uma característica que justifica a aplicação de um simulador. Por outro lado, não existe, neste caso, a observação dos entrevistados para um rompimento com a elaboração de hipóteses, ponto central de uma experimentação real, que sugere uma interpretação reducionista para a aprendizagem.

Sobre o repertório de uso dos simuladores, a adesão com o *PhET Colorado* é unânime. Os relatos indicam que essas simulações, que possuem guias de uso e sequências didáticas recomendadas, foram o primeiro contato dos entrevistados com a simulação e continua sendo a principal referência de artefato digital para o ensino de Física. Em inúmeros relatos, essa plataforma é apontada como a mais completa na atualidade.

A relevância do *PhET Colorado* como “ferramenta” é destacada nas entrevistas dos convidados. A característica de uso instrumental desta plataforma foi evidenciada em vários trechos com a indicação dessa plataforma como um objeto de aprendizagem (criados como coleções de objetos que podem ser reutilizados em diferentes combinações). A potência visual dos simuladores constitui, para muitos entrevistados, uma excelente ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem. Em alguns momentos o simulador é comparado, por analogia, a um filme pelo seu poder de visualização.

Sobre as concepções para a sala de aula, os professores não demonstraram inclinações restritivas ou *tecnofóbicas*. Também vale o destaque que o uso das tecnologias digitais não representa uma barreira de acesso para os entrevistados.

Sobre os estereótipos de “Geração Digital”, ou a classificação em “Geração X e Y”, que surgiram como uma categoria de análise, apesar da existência de relatos com opiniões abordando a afinidade pelas tecnologias por questões geracionais, os entrevistados, primordialmente, reconhecem recortes sociais para essa questão. Existiu uma predominância que pensar as TIC como instrumentação de ensino extrapola sua simples presença como condição necessária de uso. Nos depoimentos surgiram soluções efetivamente criativas, mas quando os estudantes se deparam com situações que exijam um desdobramento matemático elaborado, por exemplo, não existe uma aplicação efetiva para a situação problema apresentada. Alguns relatos apontaram que em atividades experimentais, quando ocorre uma exigência matemática para a solução em uma planilha eletrônica, os jovens estudantes não correspondem para essa atividade com a desenvoltura desse recurso eletrônico.

Verificadas essas lacunas no âmbito das tecnologias educacionais e do desenvolvimento de práticas de Física no EM, entendo que essas temáticas mereçam uma investigação mais aprofundada, inclusive com a perspectiva dos discentes deste segmento de ensino. Uma possibilidade de continuidade seria o desenvolvimento de uma análise das variações nas características dos mesmos elementos amostrais ao longo do tempo, que possa acompanhar professores e alunos e identificar os reais impactos das TIC. De toda forma, a tese procura contribuir em reflexões referentes a algumas questões sutis sobre a apropriação das TIC nas práticas docentes no EM, iluminando a necessidade de pesquisas gerem dados empíricos a desafiar os discursos superficiais de eficiência para esses novos elementos da prática docente em Física.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, Maria da Conceição Lima et al. **Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE):** tratamento da informação em um repositório educacional digital. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 16, n. 3, p. 148-158, 2011.

ALMEIDA, Fernando José de. **Educação e Informática:** Os computadores na escola. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

ALMEIDA, M.; MENEZES, L. C. B. R.. **O papel do gestor escolar na incorporação das TIC na escola:** experiências em construção e redes colaborativas de aprendizagem. São Paulo: PUC-SP, 2. 2004.

ALVAREZ, Cezar Santos; MOLL, Jaqueline; SOUZA, Diogo Onofre. **O laptop na educação:** aportes sobre o projeto piloto UCA no Brasil. *Revista E-curriculum*, São Paulo, v. 13, n. 1, p.28-60, mar. 2015.

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O método nas ciências naturais e sociais:** pesquisa quantitativa e qualitativa. In: *O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. 2000.

ANJOS, Antônio Jorge Sena dos. **As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica:** A simulação computacional na educação em Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 25, n. 3: p. 569600, dez. 2008.

ARANTES, Alessandra Riposati; MIRANDA, Márcio Santos; STUDART, Nelson. **Objetos de aprendizagem no ensino de física:** usando simulações do PhET. *Física na Escola*, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.

ARAUJO, Carlos Coimbra et al. Ações de divulgação e popularização das Ciências Exatas via ambientes virtuais e espaços não formais de educação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 2, p. 649-668, 2017a.

ARAUJO, Marcelo Lago et al. **Simuladores experimentais de radiotelescópios para o ensino de astronomia no nível médio.** Dissertação (Mestrado em Astronomia) – Universidade Estadual de Feira de Santana. 2017.

ARAUJO, Renato Santos; VIANNA, Deise Miranda. **A carência de professores de Ciências e Matemática na Educação Básica e a ampliação das vagas no Ensino Superior.** *Ciência & Educação*, v. 17, n. 4, p. 807-822, 2011.

BACHELARD, G. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARBETA, Vagner Bernal; BECHARA, José Maria. **Uso de simulações em computador em aulas de laboratório de física.** In: *Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia-COBENGE*. p. 505-516. 1996.

BARBOSA, Cairo Dias et al . **O movimento de cargas elétricas em um fio condutor:**

cuidados com as simplificações das simulações no ensino de física. *Scientia Plena*, 13(1). 2017b.

_____. **O uso de simuladores via smartphone no ensino de ciência como ferramenta pedagógica na abordagem de conteúdos contextualizados de física.** *Scientia Plena*, v. 13, n. 1, 2017a.

BARCELLOS, Marcília; GUERRA, Andreia. **Inovação curricular e Física Moderna: da prescrição à prática.** *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v. 17, n. 2, p. 329-350, 2015.

BARDIN, Lawrence. **Análise de conteúdo.** Lisboa: edições, 2016.

BARRÉRE, Eduardo. **Videoaulas: aspectos técnicos, pedagógicos, aplicações e bricolagem.** *Jornada de Atualização em Informática na Educação*, v. 3, n. 1, 2014.

BARRETO, Raquel Goulart. **Tecnologias nas salas de aula.** In: LEITE, M.; FILÉ, W. (Org.). *Subjetividades, tecnologias e escolas.* Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

_____. **Objetos como sujeitos: o deslocamento radical. Educação e Tecnologia: abordagens críticas.** 1ed. Rio de Janeiro: SESES, v. 1, p. 124-159, 2017.

_____. **A recontextualização das tecnologias da informação e da comunicação na formação e no trabalho docente.** *Educação & Sociedade*, v. 33, n. 121, p. 985-1002, 2012.

BARROSO, Marta F.; FALCÃO, Eliane BM. **Evasão universitária: o caso do Instituto de Física da UFRJ.** *IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física*, v. 9, p. 1-14, 2004.

BATISTA, Kennedy Rufino et al. **Ensino das Propriedades da Luz e sua Natureza no Ensino Fundamental por meio da investigação.** *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.* 2017.

BENTO, Maria Cristina Marcelino; CAVALCANTE, Rafaela dos Santos. **Tecnologias Móveis em Educação: o uso do celular na sala de aula.** *Educação, Cultura e Comunicação*, v. 4, n. 7, 2013.

BEREZUK, Paulo Augusto; INADA, Paulo. **Avaliação dos laboratórios de ciências e biologia das escolas públicas e particulares de Maringá, Estado do Paraná.** *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v. 32, n. 2, p. 207-215, 2010.

BERNADES, Adriana Oliveira. **A utilização do celular por alunos do Ensino Noturno para o Ensino de Física: Um estudo de Caso de um Colégio Público do Estado do Rio de Janeiro.** v. 16, 2018.

BEZERRA JR, Arandi Ginane et al. **Uma abordagem didática do experimento de Millikan utilizando videoanálise.** *Acta Scientiae*, v. 17, n. 3, 2015.

_____. **Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton.** *Caderno Brasileiro de Ensino de*

Física, v. 29, p. 469-490, 2012.

BORGES, A. Tarciso. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 19(3), 291-313. 2002.

BRAGA et al. **Contribuições e Limites da Utilização de Softwares de apoio à Análise de Conteúdo**. CIAIQ2018, 3. 2018.

BRASIL. Lei n.º 19.890/31 (Lei Francisco Campos). Dispõe sobre a organização do ensino secundário. **Diário Oficial da União**. 18 abr. 1931, Página 6945. 1931.

_____. Lei nº 4.024/61. Fixa as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Diário Oficial da União** - Seção 1 - 27/12/1961, Página 11429. 1961.

_____. Lei nº 5.692/71. Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus, e dá outras providências. **Diário Oficial da União** - Seção 1 - 12/8/1971, Página 6377. 1971.

_____. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União** - Seção 1 - 23/12/1996, Página 27833. 1996.

_____. Decreto nº 9.204, de 23 de novembro de 2017. Institui o Programa de Inovação Educação Conectada. **Diário Oficial da União** - Seção 1 - 24/11/2017, Página 41. 2017a.

_____. PL nº 8577/2017. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Altera o § 10 do art. 26 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017b.

_____. Lei nº 13.415/2017, de 13 de fevereiro de 2017. Altera as Leis nos 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral (Novo Ensino Médio). **Diário Oficial da União** - Seção 1 - 17/2/2017, Página 1. 2017c.

_____. Portaria nº 1.432, de 28 de dezembro de 2018. Estabelece os referenciais para elaboração dos Itinerários Formativos conforme preveem as Diretrizes Nacionais do Ensino Médio. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. **Diário Oficial da União** - Edição: 66 | Seção: 1 | Página: 94. 2018.

BRENNEMAN, Ross. **Gallup student poll finds engagement in school dropping by grade level**. Education Week, v. 35, n. 25, p. 6, 2016.

BUENO, R. D. S. M., & KOVALICZN, R. A.. **O ensino de ciências e as dificuldades das atividades experimentais**. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Castro, PR, 23-4. 2008.

CALEGARI, Paulo Ferreira et al. **Jogo computacional 3D no ensino de física**. Art and Design Track do XII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital. SBGames, São Paulo, 2013.

CANCLINI, Néstor García. **Diferentes, desiguais e desconectados**. In: Diferentes, desiguais e desconectados. 2007.

Cappi, M. N., & Araujo, B. F. V. B. D.. (**Satisfação no trabalho, comprometimento organizacional e intenção de sair:** um estudo entre as gerações X e Y. REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre), 21(3), 576-600. 2015.

CARMO, Rodrigo. O Geogebra no ensino de Física: propostas de aplicação para o ensino do movimento Harmônico simples. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos. 2017.

CARRANO, Paulo César. **Juventudes:** as identidades são múltiplas. Revista Movimento. Faculdade de Educação/UFF. Rio de Janeiro. DP&A, 2000.

CARRARO, Fernando Luiz; PEREIRA, Ricardo Francisco. **O uso de simuladores virtuais do Phet como metodologia de ensino de eletrodinâmica.** Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE: artigos. Curitiba, Secretaria de Estado da Educação, v. 1, 2014.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; D PEREZ, Gil. **Formação de professores de ciências:** tendências e inovações. 1995.

CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede.** São Paulo: Paz e Terra, 2000.

CHAGAS, Saionara Moreira A.; MARTINS, Isabel. **O laboratório didático nos discursos de professores de física:** Heterogeneidade e intertextualidade. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 26, n. 3, p. 625-649, 2009.

CHAIB, J. P. M. C. et al. **Experiência de Oersted em sala de aula.** Revista Brasileira de Ensino de Física, 2007.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica:** questões e desafios para a educação. Ijuí: Editora Unijuí. 2000.

_____. **Alfabetização científica:** uma possibilidade para a inclusão social. 2006.

_____. **Propondo sementeiras.** ARANTES, VA Ensino de ciências: pontos, 2013.

COELHO, P. M. F. **Os nativos digitais e as novas competências tecnológicas.** Texto livre: Linguagem e tecnologia, 5(2), 88-95. 2012.

COLL, César.; MONEREO, Charles. **Educação e aprendizagem no século XXI.** Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação. Porto Alegre: Artmed, p. 15 – 45. 2010.

_____. **Psicologia da Educação Virtual: Aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação.** Artmed Editora, 2010.

CONNECTADA. **Organização Fundação Telefônica.** São Paulo: Fundação Telefônica, 2014. Disponível em:

< http://fundacaotelefonica.org.br/wp-content/uploads/pdfs/juventude_conectada-online.pdf
>. Acesso em 20 Nov. 2018.

CUBAN, L. **Oversold and underused: computers in the classroom.** Harvard University Press: Cambridge; Londres, 2001.

CUSTÓDIO, J. F.; CLEMENT, L.; FERREIRA, G. K. **Crenças de professores de física do ensino médio sobre atividades didáticas de resolução de problemas.** Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias. V.11 n. 1. 2012.

DALLABRIDA, N. **A Reforma Francisco Campos e a modernização nacionalizada do ensino secundário.** Educação, Porto Alegre, v. 32, n. 2, mai./ago. 2009.

DAYRELL, Juarez. **A escola “faz” as juventudes?** Reflexões em torno da socialização juvenil. Educação e Sociedade, 28 (100 – Especial), p. 1105-1128. 2007.

_____. **O jovem como sujeito social.** Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, n. 24, set. /out. /nov. /dez. 2003.

DELIZOICOV, Demétrio. **Formação inicial do professor de física. Educação em Foco:** revista de Educação, v. 5, n. 1, p. 73-84, 2000.

DELIZOICOV, Demétrio et al. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos.** São Paulo: Cortez, 2002.

DUTRA, Joel Souza; NAKATA, Lina Eiko; VELOSO, Elza Fátima R. **Percepção sobre carreiras inteligentes: diferenças entre as gerações Y, X e Baby Boomers.** Encontro da ANPAD, v. 32, 2008.

FARIAS MARQUES, Thaynara Carvalho et al. **Ensino de física moderna e contemporânea na última década: revisão sistemática de literatura.** Scientia Plena, v. 15, n. 7, 2019.

FERNANDES, A. C. P. et al. **Efeito Doppler com tablet e smartphone.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 38, n. 3, 2016.

FERRAZ, Maria Cristina Franco. **Sociedade tecnológica: de Prometeu a Fausto.** Revista Contracampo, 2000.

FERREIRA, G. M. S. **Refletindo sobre as TIC na Educação e a Tecnologia Educacional.** Post no blog Diálogos sobre TIC e Educação [online]. (2015). acesso em 18 de março de 2019, de <<https://ateliadedepesquisa.wordpress.com/2015/05/31/refletindo-sobre-as-tic-na-educacao-e-a-tecnologia-educacional/>>

FERREIRA, G. M. S.; CASTIGLIONE, R. G. M.. TIC na educação: ambientes pessoais de aprendizagem nas perspectivas e práticas de jovens. Educação e Pesquisa, v. 44, p. e153673-e153673, 2018.

FERREIRA, G. M. S.; LEMGRUBER, M. S.. **Tecnologias educacionais como ferramentas: Considerações críticas acerca de uma metáfora fundamental.** Archivos Analíticos de Políticas Educativas - Education Policy Analysis Archives, 26(1), 29. 2018.

FERREIRA, Giselle Martins; FREITAS, Rejane Cunha; MOREIRA, Laélia Carmelita Portela.

Inovação, TIC e docência: práticas e concepções de professores em uma IES privada. Revista Internacional de Educação Superior, v. 4, n. 1, p. 25-51, 2018.

FERREIRA, J. C. D. F. et al. **A apresentação de circuitos elétricos e seus respectivos conceitos da Física através da experimentação real e virtual.** Anais I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2009.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa-3.** Artmed editora, 2009.

FOUREZ, Gérard. **Crise no ensino de ciências?.** Investigações em ensino de ciências, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2016.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido** 23. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

GATTI, B. A. **Formação de Professores no Brasil:** características e problemas. Educação e Sociedade, v. 31, n. 113, Campinas, p. 1355-1379. 2010.

_____. **Educação, escola e formação de professores:** políticas e impasses. Educar em Revista, v. 29, n. 50, p. 51-67, 2013.

GILBERT, J. K. **Visualization:** A metacognitive Skill in Science and Science Education, in Gilbert, J.K. (ed), Visualization in Science Education, Netherlands: Springer, 09-27, 2005.

GOI, Mara Elisângela Jappe; SANTOS, Flávia Maria Teixeira dos. **Implementação da metodologia de Resolução de Problemas no Ensino de Ciências.** XVII Seminário Internacional de Educação no Mercosul, 2015.

GONÇALVES, Wanderley P.; BARROSO, Marta F. **As questões de física e o desempenho dos estudantes no ENEM.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 1, p. 1402, 2014.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. **Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica:** uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. Revista brasileira de ensino de física. São Paulo. Vol. 38, n. 1 (jan./mar. 2016), 1504, 15 p., 2016.

HERPICH, Fabrício; TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach. **Engajamento de usuários em mundos virtuais:** Uma análise teórica-prática. Renote, v. 14, n. 1, 2016.

HODGINS, W. **The future of learning objects.** In: WILEY, D. A. (Org.) The Instructional Use of Learning Objects. Bloomington, IN: AECT, 2000.

Disponível em: < <http://www.reusability.org/read/chapters/hodgins.doc> >. Acesso em: 18 Mai. 2019.

HOLANDA, Antonio Nilson Craveiro. **Avaliação de políticas públicas:** conceitos básicos: o caso do ProInfo e a experiência brasileira. 2003.

HÖTTECKE, Dietmar; SILVA, Cibelle Celestino. **Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge:** An analysis of obstacles. Science & Education, v. 20, n. 3-4, p. 293-316, 2011.

JULIA, Dominique. **A Cultura Escolar como Objeto Histórico**. Revista Brasileira de História da Educação, v. 1, n. 1 [1], p. 9-43, 2012.

JUSTINIANO, Artur et al. **Astro3D: um simulador do movimento de corpos celestes**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 4, 2017.

KRASILCHIK, Myriam. **Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. São Paulo em perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

KRAWCZYK, Nora. **Reflexão sobre alguns desafios do ensino médio no Brasil hoje**. Cadernos de pesquisa, v. 41, n. 144, p. 752-769, 2013.

KRAWCZYK, Nora; SILVA, Cássio José. **Desigualdades educacionais no Ensino Médio Brasileiro**. Sensos-e, v. 4, n. 1, p. 12-23, 2017.

LABURÚ, Carlos Eduardo. **Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores**. Investigações em Ensino de ciências, v. 10, n. 2, p. 161-178, 2016.

LEÃO, Geraldo; DAYRELL, Juarez Tarcísio; REIS, Juliana Batista dos. **Jovens olhares sobre a escola do ensino médio**. Cadernos Cedes, v. 31, n. 84, p. 253-273, 2011.

LEITE, Maici et al. **Pensamento Computacional nas Escolas: Limitado pela Tecnologia, Infraestrutura ou Prática Docente?**. In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. p. 1002. 2017.

LEMGRUBER, M. S. **A educação em Ciências Físicas e Biológicas a partir das teses e dissertações (1981 a 1995): uma história de sua história**. Tese (doutorado em Educação Escolar) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1999.

_____. **Argumentação, metáforas e labirintos**. Educação e Cultura Contemporânea, Rio de Janeiro, v. 6, n. 13, p. 155-172, 2009.

LEMGRUBER, Márcio; FERREIRA, Giselle. **Metáforas fundamentais da tecnologia educacional**. Educação em Foco, p. 15-38, 2018.

LEMGRUBER, M. S.; OLIVEIRA, R (Org). **Teoria da Argumentação e Educação**. Editora UFJF, Juiz de Fora, 2011.

LEMONS, Ana Heloisa da Costa. Juventude, gerações e trabalho: ampliando o debate. **Organizações & Sociedade**, v. 19, n. 63, p. 739-743, 2012.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo, Ed. 34, 1999.

LIMA JÚNIOR, P., Silveira, F. L. D., & OSTERMANN, F. (2012). **Análise de sobrevivência aplicada ao estudo do fluxo escolar nos cursos de graduação em física: um exemplo de uma universidade brasileira**. Revista brasileira de ensino de física. São Paulo. Vol. 34, n. 1, 1403, p. 10. 2012.

LUNARDI, Graziela; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. **Atividades no uso de Atividades Experimentais com Roteiros Aberto e Semi-aberto em aulas de Física**. Anais... IV Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências. Bauru, SP, 2003.

LUNETTA, V. N.; HOFSTEIN; A.; CLOUGH, M. P. **Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory, and practice**. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Eds.) Handbook of Research in Science Education. New Jersey: Routledge, 2007. cap. 15, p. 393-441.

MACÊDO, Josué Antunes et al. Levantamento das abordagens e tendências dos trabalhos sobre as Tecnologias de Informação e Comunicação apresentados no XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 167-197, 2014.

MACHADO, Alan Freitas et al. **O uso do Modellus em sala de aula como instrumento motivacional para o estudo de óptica geométrica: um estudo de caso**. Revista Sustinere, v. 3, n. 2, p. 143-151, 2015.

MACHADO, Cristiane; ALAVARSE, Ocimar Munhoz. **Responsabilização ou controle da qualidade do ensino: a que serve a avaliação externa?**. Educação: Teoria e Prática, v. 25, n. 48, p. 67-79, 2015.

MAIA, Dennys Leite; BARRETO, Marcilia Chagas. **Tecnologias digitais na educação: uma análise das políticas públicas brasileiras**. Educação, Formação & Tecnologias-ISSN 1646-933X, v. 5, n. 1, p. 47-61, 2012.

MARTINS, Alisson Antonio; GARCIA, Nilson Marcos Dias; BRITO, G. S. **Ensino de Física e Novas Tecnologias de Informação e Comunicação: Uma Análise da Produção Recente**. Simpósio Nacional de Ensino de Física, v. 19, 2011.

MASSONI, Neusa T.; MOREIRA, Marco Antonio. **Ensino de física em uma escola pública: um estudo de caso etnográfico com um viés epistemológico**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 17, n. 1, p. 147-181, 2016.

MATEUS, Marlon de Campos; BRITO, G. da S. **Celulares, smartphones e tablets na sala de aula: complicações ou contribuições**. In: X Congresso Nacional em Educação EDUCERE. 2011.

MEDEIROS, Luciano Frontino; CROVADOR, Alvaro; SILVA, Hamilton Pereira. Simulador Computacional para Demonstração das Propriedades um Gás Ideal em 2D. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 573-591, 2018.

MEGID NETO, Jorge et al. **O livro didático de ciências: problemas e soluções**. Ciência & Educação (Bauru), 2003.

MENEZES, D. P. et al. **A física da UFSC em números: evasão e gênero**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 35(1), 324-336. 2018.

MESQUITA, Nyuara Araújo da Silva; SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa. **Aspectos históricos dos cursos de licenciatura em química no Brasil nas décadas de 1930 a 1980**. Química Nova. 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. **Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas**. Revista brasileira de ensino de física. São Paulo. Vol. 22, n. 1 (mar. 2000), p. 94-99, 2000.

_____. **Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea**. In: Conferência proferida na XI Conferência Interamericana sobre Enseñanza de la Física, Guayaquil, Equador. 2013.

MOZENA, Erika Regina; OSTERMANN, Fernanda. **Sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Ensino de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 2, p. 327-332, 2016.

NASCIMENTO, Fabrício; FERNANDES, Hylio Laganá; MENDONÇA, Viviane Melo. **O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais**. Revista HISTEDBR on-line, v. 10, n. 39, p. 225-249, 2010.

NEVES, Daniel et al. **O novo currículo do Curso de Licenciatura em Física do CEFET/RJ, Campus Petrópolis**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 35, n. 2, p. 478-517, 2018.

ODORICO, Elizandra K. et al. **Análise do não uso do laboratório de informática nas escolas públicas e estudo de caso**. In: Anais do Workshop de Informática na Escola. 2012.

Oliveira, J. S. D., & Toledo, E. M.. **Propostas de Atividades usando as simulações do Phet Colorado**. Anais eletrônicos – UniEvangélica. 2019.

OLIVEIRA, Julio Lucas. **Ensinar e Aprender com as Tecnologias Digitais em rede: Possibilidades, Desafios E Tensões**. Revista Docência e Cibercultura, v. 2, n. 2, p. 161-184, 2018.

OLIVEIRA, Sidinei; PICCININI, Valmiria Carolina; BITENCOURT, Betina Magalhães. **Juventudes, gerações e trabalho: é possível falar em geração Y no Brasil?**. Organizações & Sociedade, v. 19, n. 62, p. 551-558, 2012.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”**. Investigações em ensino de ciências, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2016.

PAULA, Affonso Gustavo.; GONÇALVES, Alves Milton. **Uso de videoanálise para a resolução de exercícios de lançamento oblíquo**. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 19. 2017, São Carlos - SP. Anais... Manaus: SNEF, 2017.

PENA, Fábio Luís Alves; FREIRE JR, Olival. **Sobre a modernização do ensino de física no Brasil (1960-1979)**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 4, 2003.

PEREIRA, Júlio Emílio Diniz. **As licenciaturas e as novas políticas educacionais para a formação docente**. Educação & sociedade, v. 20, n. 68, p. 109-125, 1999.

PEREIRA, Marcus Vinicius; AMARAL MOREIRA, Maria Cristina. **Atividades prático-experimentais no ensino de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 265-277, 2017.

PHET COLORADO, Interactive Simulations. 2019.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/research#perceptions>. Acesso em 05 nov. 2019.

PIEIDADE, Claudenor, et al. **Abordagem de reações químicas: uso do simulador PhET**. Scientia Amazonia, v. 5, n.2, 72-76, 2016.

PINTO, Alexandre Custódio; ZANETIC, João. **É possível levar a física quântica para o ensino médio?**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 16, n. 1, p. 7-34, 1999.

PIRES, Marcelo Antonio; VEIT, Eliane Angela. **Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio**. Revista brasileira de ensino de física. Vol. 28, n. 2 (abr./jun. 2006), p. 241-248, 2006.

QUADRO PEDUZZI, Luiz Orlando. **O conceito de força no movimento e as duas primeiras leis de Newton**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 2, n. 1, p. 6-15, 1985.

RAMOS, Flávia Regina Oliveira; HEINSFELD, Bruna Damiana. **Reforma do ensino médio de 2017 (Lei nº 13.415/2017): um estímulo à visão utilitarista do conhecimento**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. 2017.

REZENDE PINTO, José Marcelino. **O que explica a falta de professores nas escolas brasileiras?**. Jornal de Políticas Educacionais, v. 8, n. 15, 2014.

REZENDE, Flavia; OSTERMANN, Fernanda; FERRAZ, Gleice. **Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 1, p. 1402, 2009.

RIBEIRO, Jair Lúcio Prados; VERDEAUX, M. **Atividades experimentais no ensino de óptica: uma revisão**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 4, p. 4403.1-4403.9, 2012.

ROSA, Cleci Werner; ROSA, Álvaro Becker. **Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio**. Revista Electrônica de Enseñanza de las ciencias, v. 4, n. 1, 2005.

ROSADO, A.; FERREIRA, Giselle Martins dos Santos; CARVALHO, J. S. Educação e tecnologia na literatura acadêmica on-line em português. **Educação e tecnologia: abordagens críticas**. Rio de Janeiro: UNESA, p. 208-254, 2017.

RÜDIGER, Francisco. **As Teorias da Cibercultura: perspectivas, questões e autores**. 2ª Ed. Porto Alegre: Sulina, 2011.

_____. **Tendências do jornalismo**. UFRGS Editora, 2003.

SÁ, Jauri dos Santos; WERLE, Flávia Obino Corrêa. **Infraestrutura escolar e espaço físico em educação: o estado da arte**. Cadernos de Pesquisa, v. 47, n. 164, p. 386-413, 2017.

SALES, Shirlei Rezende. **Tecnologias digitais e juventude ciborgue: alguns desafios para o currículo do Ensino Médio**. In: DAYRELL, Juarez; CARRANO, Paulo; MAIA, Carla Linhares. (Org.). Juventude e Ensino Médio: sujeito e currículos em diálogo. Belo Horizonte: Editora

UFMG, 2014.

SAMPAIO, Thiago Alves de Sá Muniz; SILVA RODRIGUES, Eriverton. **Método didático para o ensino de Astronomia:** utilização do software Stellarium em conjunto com aulas expositivas no ensino médio. *Ciência & Desenvolvimento-Revista Eletrônica da FAINOR*, v. 8, n. 2, 2015.

SANTOS, Aline Coêlho; CANEVER, Cristini Feltrin; GIASSI, Maristela Gonçalves. **Importância do ensino de ciências na percepção de alunos de escolas da rede pública municipal de Criciúma-SC.** *Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID)*, n. 8, 2012.

SANTOS SILVA, Erick; LIMA, André Rubens. **Estudo da vazão de uma fonte por meio da videoanálise:** uma proposta utilizando recipientes na forma de prismas regulares. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 3, p. 903-911, 2017.

SASSERON, Lúcia Helena. **Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros:** um diálogo na estruturação do ensino de física. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

_____. **Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação:** relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 17, n. spe, p. 49-67, 2015.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa. **Alfabetização científica:** uma revisão bibliográfica. *Investigações em ensino de ciências*, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2016.

SCHEIBE, Leda. **A formação pedagógica do professor licenciado-contexto histórico.** *Perspectiva*, v. 1, n. 1, p. 31-45, 1983.

SELWYN, Neil. **Education and Technology:** key issues and debates. Londres: Bloomsbury, 2011.

_____. **Distrusting educational technology: Critical questions for changing times.** Routledge, 2017.

_____. **Educação e Tecnologia:** questões críticas. *Educação e Tecnologia: abordagens críticas*. Rio de Janeiro: UNESA, p. 85-103, 2017.

SIBILIA, Paula. **Redes ou paredes:** a escola em tempos de dispersão. Rio de Janeiro: Contraponto, p. 51, 2012.

SILVA, Danielson et al. **Realidade Virtual Aumentada Aplicada como Ferramenta de Apoio ao Ensino.** *Tecnologias em Projeção*, v. 2, n. 1, 2011.

SILVA, L. F. D., Assis, A.. **Física Moderna no Ensino Médio:** um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 313-324. 2012.

SILVA, Patricia Borges Coutinho da et al. **Sobre o sucesso e o fracasso no Ensino Médio em 15 anos (1999 e 2014).** *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 24, n. 91, p. 445-476, 2016.

SILVA, Silvio Luiz Rutz; ORKIEL, Edenioson. **Recursos tecnológicos e ensino de física: estudo do movimento bidimensional com o auxílio do programa Tracker.** Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, n. Extra, p. 1429-1434, 2017.

SIMÕES, Isabella de Araújo Garcia. **A Sociedade em Rede e a Cibercultura: dialogando com o pensamento de Manuel Castells e de Pierre Lévy na era das novas tecnologias de comunicação.** Revista eletrônica temática. a. V, n. 5, p. 1-11, 2009.

SOUSA, Célia Maria Soares Gomes; FÁVERO, Maria Helena. **Concepções de professores de física sobre resolução de problemas e o ensino da física.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 3, n. 1, 2012.

SOUZA, Eliton Donizete. **Uso do modellus no ensino das leis de kepler.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia – GO, 2016.

SOUZA, T. C. F. **Avaliação do ensino de física: um compromisso com a aprendizagem.** Passo Fundo: Edupf. 2002.

SPÓSITO, Marília. **Considerações sobre a tematização social da juventude no Brasil.** Revista Brasileira de Educação. Juventude e contemporaneidade, São Paulo, ANPED, n. 5/6, 1997.

STANNARD, R. **Modern physics for the young.** Physics Education, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133-143, 1990.

TAVARES, Neide Rodriguez Barea. **História da informática educacional no Brasil observada a partir de três projetos públicos.** São Paulo: Escola do Futuro, p. 01-03, 2002.

TEDESCO, J. Presentación. In: OLIVEIRA, D. A. et al. **Políticas educativas y territorios: modelos de articulación entre niveles de gobierno.** Buenos Aires: IIPE/UNESCO, p. 1-4. 2010.

TENÓRIO, André; NETO, Alcides Coelho Borges. **O uso do GeoGebra na resolução de questões sobre movimento uniforme.** Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo. ISSN 2237-9657, v. 8, n. 1, p. 16-36, 2019.

THOMAZ, Marília Fernandes. **A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 17, n. 3, p. 360-369, 2000.

TORRES, Fabiola Cabra; VIVAS, Gloria Patricia Marciales. **Mitos y preguntas de investigación sobre los 'nativos digitales': una revisión.** Universitas Psychologica, v.8, n.2, p. 323 – 338, 2009.

TORRES, Fabrício Gonçalves; SILVA, Diogo Cesar Borges; TEIXEIRA, Ramachrisna. **Incertezas na determinação do dia solar verdadeiro: Conceitos metrológicos aplicados à Astronomia.** Revista IPT: Tecnologia e Inovação, v. 3, n. 11, 2019.

ULRICH, Yan Pedro et al. **O Uso do Software Educacional Modellus para Complementar o Ensino de Física: Estudando um Gerador de Corrente Alternada.** Interagir: pensando a extensão, n. 23, p. 130-148, 2017.

VALENTE, José Armando; ALMEIDA, Fernando José. **Visão analítica da informática na educação no Brasil:** a questão da formação do professor. *Brazilian Journal of Computers in Education*, v. 1, n. 1, p. 45-60, 1997.

VERASZTO, Estéfano Vizconde et al. **Tecnologia:** buscando uma definição para o conceito. *Prisma. com*, n. 8, p. 19-46, 2009.

VIDAL, Natália Ferreira; MENEZES, Paulo Henrique Dias. **Laboratório Real X Laboratório Virtual:** possibilidades e limitações desses recursos no ensino de eletrodinâmica. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. 2015.

VIEIRA, Pedro Duque; KOZLOVA, Veronika; VALENTE, João Pedro. **Impacto da ferramenta Modellus em Nível Mundial.** II World Congress on Computer Science, Engineering and Technology Education. 2016.

VILLANI, Carlos Eduardo Porto; NASCIMENTO, Silvania Sousa. **A argumentação e o ensino de ciências:** uma atividade experimental no laboratório didático de física do ensino médio. *Investigações em ensino de Ciências*, v. 8, n. 3, p. 187-209, 2016.

WERNECK, V.R. **Sobre o processo de construção do conhecimento:** o papel do ensino e da pesquisa. *Ensaio: Aval. pol. públ. Ed.* v, 14, n.51, pp. 173-196, 2006.

WIEMAN, Carl E.; ADAMS, Wendy K.; PERKINS, Katherine K. PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, v. 322, n. 5902, p. 682-683, 2008.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory:** A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*, 2000.

XAVIER, A. P.; NEIVA, A. A.; JUNIOR, W. P. G. **Uso de simulações computacionais no ensino de física:** um misto de expectativas e cautela. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino De Física, 2017., São Carlos. *Anais...SNEF 2017*.

ZANELLA, Pedro Henrique et al. **A curva tautócrona como objeto de vídeo-análise no Tracker pelos estudantes da rede pública do Paraná.** Seminário de Práticas de iniciação à docência da reigão Sul. 2017.

ZANETIC, J. **Física e arte:** uma ponte entre duas culturas. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 8., 2002, Águas de Lindóia. *Anais... São Paulo: SBF*, 2002.

ZARA, Reginaldo A. **Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de Física.** In: congress: II ENINED-Encontro Nacional de Informática e Educação, Cascavel, PR, Brasil, Portuguese. 2011.

ZUANON, A. C. A.; DINIZ, Raphael Hermano Santos; NASCIMENTO, Luziane Helena. **Construção de jogos didáticos para o ensino de Biologia:** um recurso para integração dos alunos à prática docente. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 3, n. 3, p. 49-59, 2010.

ANEXO A

 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará	Física	Eletricidade		
	Nome: _____			
	Turma:	Turno:	Data:	Professor:

PLANO DE AULA

Objetivos	Conteúdo	Recursos
Entender as relações físicas e matemáticas que existem na Eletricidade em geral, assim como seus conceitos básicos.	Eletrostática, Capacitores, 1ª e 2ª Leis de Ohm, Circuitos elétricos e Potencial Elétrico.	Quadro, pincéis, computadores e OAs do PhET sugeridos na atividade.

PROCEDIMENTOS

Introdução	Desenvolvimento	Conclusão
O professor fará uma breve exposição de exemplos do cotidiano dos alunos que envolvam eletricidade, estimulando a participação dos alunos, onde serão convidados a darem suas opiniões sobre o assunto.	Os alunos deverão manipular os OAs do PhET para tentar compreender as relações físicas que existem na eletrodinâmica. Com a orientação do professor e manipulando o OA, os alunos resolverão cada uma das questões propostas na atividade.	Após as atividades, os alunos discutirão entre si, e com o professor, sobre os assuntos abordados e sobre suas dificuldades e facilidades na hora de resolver as questões.

SOBRE A ATIVIDADE

<p>Após as atividades, o aluno deverá ser capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compreender os conceitos físicos que existem no assunto; • Associar os conceitos físicos à ações do seu cotidiano; • Entender como a eletricidade influencia em suas vidas; • Compreender que existe uma ligação entre a matemática e a física (Ciências exatas); • Formular questionamentos e desenvolver conceitos próprios acerca dos problemas apresentados.

Figura 10 - Plano de aula de eletrodinâmica disponível para atividade com o simulador do *PhET Colorado*. Disponível em <<https://phet.colorado.edu/services/download-servlet?filename=%2Factivities%2F4995%2Fphet-contribution-4995-8770.pdf>>.

ANEXO B

Vídeo EEB Adelaide Konder - Simulações de Física

Canal: Educação na Cultura Digital

Categoria: Educação

Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=I2cS0No55hI&index=1&list=PLMq0OPwAXYF0--pXdUDAW5V2Z2pd8mRz9&t=32s>

Publicado em 14 de agosto de 2015

Breve descrição (disponível na versão do youtube): Os professores Waldyr de Campos, de Física, e Nicolas Kirschner, de Química, apresentam um projeto que visa facilitar o processo de ensino/aprendizagem de conceitos e formulações relacionadas às suas disciplinas através de simuladores. Utilizando ferramentas diversas, os alunos da Escola de Educação Básica Adelaide Konder, em Navegantes – SC, assimilam conteúdos notadamente técnicos de forma lúdica e interativa. Equipe Escola Adelaide Konder



Figura 11 – Visão Geral da aplicação da simulação

ANEXO C

Uso de simulações em aulas de Física

Canal: Fábio B. Santana

Categoria: Educação

Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=5j8iYWfKZrU&list=PLMq0OPwAXYF3eR2ynmm4n6tDQQ4sAd6le&index=6&t=0s>

Publicado em 09 de Julho de 2015

Breve descrição (disponível na versão do youtube): Como usar simulações em aulas de Física.



Figura 12 – Visão da aplicação da simulação em sala de aula

ANEXO D

Aula interativa com simulação do PhET

Canal: Agenildo Alves de Vasconcelos

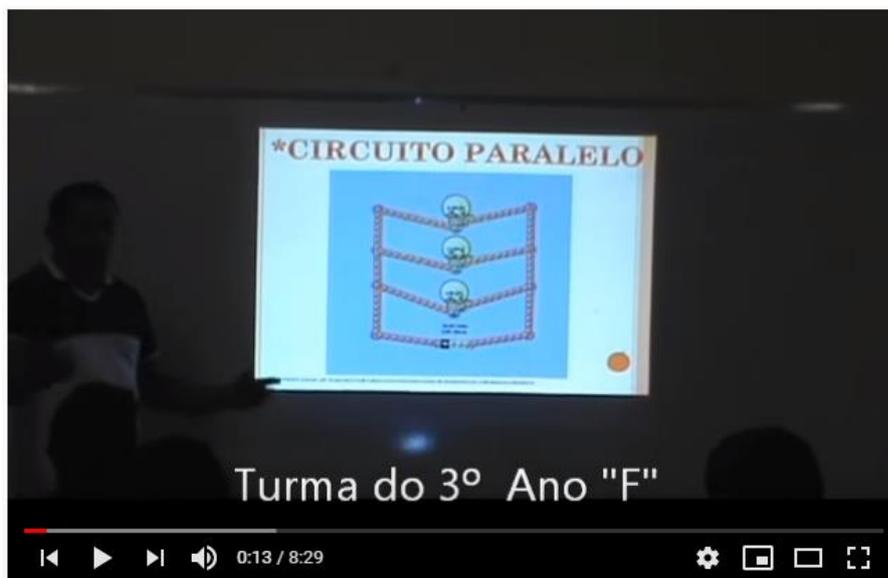
Categoria: Educação

Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=fCRIXL1KzA&list=PLMq0OPwAXYF3eR2ynmm4n6tDQQ4sAd6le&index=10&t=0s>

Publicado em: não informado.

Breve descrição (disponível na versão do youtube): Trabalho para Conclusão do Curso em Informática Educativa. CED - Centro de Educação a Distância



AULA INTERATIVA COM SIMULAÇÃO DO PHET

Figura 14 – Visão da aula aplicando uma simulação de circuitos elétricos

ANEXO E

Roteiro para uma aula com simuladores¹.

3. LABORATÓRIO DO CAPACITOR: BÁSICO

Capacitores são dispositivos eletrônicos utilizados para armazenar carga elétrica. Quanto maior a quantidade de carga armazenada por um capacitor, maior é sua capacitância. A capacitância é medida em Farad, 1Farad = 1Coulomb por Volt.

Os capacitores são constituídos basicamente por duas placas de um material condutor isoladas. A distância entre as placas de um capacitor influencia na sua capacidade de armazenar cargas. Quanto mais próximas, maior é a capacitância. Pode-se aumentar a capacitância de um capacitor inserindo-se um material dielétrico entre suas placas.

Tabela 1: Propriedades de Alguns Materiais Dielétricos

Material	Constante dielétrica
Ar	1,00054
Papel	43,5
Silício	12

Existem vários tipos de capacitores, sendo diferenciados pelo tipo de material que os constituem. Os capacitores quando conectados a um gerador são carregados até que que fiquem na mesma tensão do gerador.

Atividade Proposta.

3.1 Acesse a simulação Cargas e Campos através do link: https://phet.colorado.edu/sims/html/capacitor-lab-basics/latest/capacitor-lab-basics_pt_BR.html ou pela imagem da Figura

3.2 A tela inicial da simulação oferece duas opções de simulação. Selecione a opção lâmpada.

3.3 A distância entre as placas pode ser ajustada clicando-se na seta (separação) arrastando-a para cima ou para baixo. A simulação permite ainda o



Figura 5 QR code de acesso a simulação Laboratório do Capacitor.

Cursos Superiores de Computação

¹ Disponível em:

<<http://repositorio.aee.edu.br/jspui/bitstream/aee/1846/1/Propostas%20de%20Atividades%20usando%20Simula%C3%A7%C3%B5es%20do%20Phet%20Colorado.pdf>>

ajuste da voltagem da bateria e da área das placas. A chave para fechar o circuito com a lâmpada é ativada arrastando-a para a direita.

Use os dados obtidos nos itens 3.4 ao 3.10 para preencher a Tabela 2.

Inicie a atividade ajustando a distância entre as placas para 4mm .

3.4 Coloque as pontas de prova do voltímetro nas placas do capacitor.

3.5 Conecte a chave a o circuito da bateria e aguarde até que as placas fiquem carregadas. Em seguida desconecte a chave do circuito da bateria e conecte-a ao circuito da lâmpada, observando o brilho da lâmpada e a tensão no voltímetro.

3.6 Diminua a distância entre as placas para 3mm e repita o procedimento do item 3.5.

3.7 Diminua a distância entre as placas para 2mm e repita o procedimento do item 3.5.

3.8 Ajuste a área da placa para 200mm^2 , a distância entre as placas para 4mm e repita o procedimento do item 3.5.

3.9 Para a área de 200mm^2 , diminua a distância entre as placas para 3mm e repita o procedimento do item 3.5.

3.10 Para a área de 200mm^2 , diminua a distância entre as placas para 2mm e repita o procedimento do item 3.5.

Tabela 2: Dados obtidos nos itens 3.4 a 3.10

	Distância entre as placas	Capacitância
Área da placa igual a 100mm^2	4mm	
	3mm	
	2mm	
Área da placa igual a 200mm^2	4mm	
	3mm	
	2mm	

Avaliação do experimento: Faça um gráfico da distância pela capacitância para as áreas de 100mm^2 e 200mm^2 . Relate como a distância entre as placas e área podem influenciar na carga armazenada pelo capacitor.