

## O projeto “Óptica com Ciência”: Da concepção à derradeira avaliação<sup>+,\*</sup>

---

*André Luis Miranda de Barcellos Coelho<sup>1</sup>*

Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal

Escola SEB Dínatos

Brasília – DF

### Resumo

*O presente trabalho deriva-se do projeto “Óptica Com Ciência” que foi um dos vencedores do Prêmio Educador Nota 10 edição 2020. Trata-se do resultado de alguns anos de pesquisa, trabalho e formações na área do ensino de ciências e educação científica. É um trabalho de cunho proeminentemente prático, isto é, se pensou primeiramente em soluções para problemas reais e cotidianos na rotina de sala de aula e só posteriormente em uma sistematização teórica, como a feita neste trabalho. O projeto parte de certas concepções de base, entre elas a de que uma educação científica deve ser capaz de produzir cidadãos conscientes do papel da ciência na sociedade. O projeto contou com a participação ativa e protagonista de cerca de 220 estudantes do 3º ano do Ensino Médio. O projeto “Óptica com Ciência” foi desenhado para ser implementado em 16 encontros. Aulas expositivas foram intercaladas com atividades de exploração e investigação. Os resultados desse projeto são principalmente evidências de engajamento e aprendizagem. Não buscamos compreendê-las como confirmações de suspeitas prévias ou em termos de grau de sucesso do projeto.*

**Palavras-chave:** *Ensino de Física; Ensino de Ciências; Metodologias Ativas; Protagonismo Estudantil.*

---

<sup>+</sup> The project “Optics with Science”: From conception to the ultimate evaluation

<sup>\*</sup> *Recebido: 31 de julho de 2020.  
Aceito: 28 de fevereiro de 2022.*

<sup>1</sup> E-mail: [prof.barcellos@hotmail.com](mailto:prof.barcellos@hotmail.com)

## **Abstract**

*The present work is derived from the project “Optics with Science”, which was one of the winners of the Prêmio Educador Nota 10 Award, edition 2020. It is the result of some years of research, work and training in the area of science education. It is a prominently practical work, that is, it can be considered in solutions to real and everyday problems in the classroom routine and later in a theoretical systematization, as done in this work. The project starts from certain basic conceptions, among which science education must be able to produce citizens aware of the role of the scientific society. The project had the active participation and the protagonist of about 220 senior students of High School. The “Optics with Science” project was designed to be implemented in 16 meetings. Expository classes were interspersed with exploration and research activities. The results of this project are mainly those of engagement and learning. We do not seek to understand confirmations of previous suspicions or in terms of the degree of success of the project.*

**Keywords:** *Physics Teaching; Science Teaching; Actives Methodologies; Student Protagonism.*

## **I. Contexto**

O presente trabalho deriva-se do projeto “Óptica Com Ciência”, que foi um dos vencedores do Prêmio *Educador Nota 10* edição 2020. O referido projeto foi inscrito na modalidade Ensino Médio – componente curricular Física. Trata-se do resultado de alguns anos de pesquisa, trabalho e formações na área do ensino de ciências e educação científica. É um trabalho de cunho proeminentemente prático, isto é, se pensou primeiramente em soluções para problemas reais e cotidianos na rotina de sala de aula e só posteriormente em uma sistematização teórica, como a feita neste trabalho.

Aqui pretendemos, além de realizar uma descrição detalhada sobre o projeto, também ilustrar uma posição metodológica para o ensino de ciência que chamamos de “anarquia metodológica em ensino” (POLITO; BARCELLOS, 2018), uma provocação que nos orientou na prática do projeto. Com isso, pretendemos desenvolver bases suficientemente sólidas que nos permitam discussões e reflexões relevantes para a área do ensino de ciências e o de física, em particular.

Iniciamos o trabalho com um breve memorial descritivo sobre minha trajetória profissional, mas apenas por sua relevância na construção do projeto na seção II. A seguir, discutiremos os pressupostos do projeto (seção III) na tentativa de explicitar o ideário que orientou a concepção do projeto. Na seção IV, nos dedicamos a detalhar a estrutura das

atividades desenvolvidas no projeto e sua lógica interna e de coesão dentro do projeto. Na sessão seguinte, tabulamos e comentamos alguns dos principais resultados do projeto. Na seção VI, realizamos nossos comentários finais, avaliando e refletindo sobre o percurso, o projeto e suas repercussões.

## **II. Trajetória Profissional**

Essa breve seção consta neste trabalho pela relevância da minha história de vida para a concepção e execução do projeto “Óptica Com Ciência”. Furtei-me, entretanto, de realizar as possíveis conexões entre as escolhas que fiz ao longo do projeto, seus pressupostos e outros elementos com essa história. Por dois motivos: o primeiro, e principal, por não ser o foco deste trabalho. Depois, por ser uma tarefa que contribuiria pouco com os objetivos propostos pelo projeto. O que uma narrativa solipsista de um professor de física tem a contribuir com o ensino de ciências? Para mim, pelas escolhas teóricas do projeto, o que permite apreender uma coesão no projeto é justamente compreender o contexto de sua execução (o que inclui compreender o autor do projeto). Isto é, o que reúne toda essa experiência em um único conciso e compreensivo é a voz dos atores que participaram do projeto e, com especial importância para este trabalho, eu que o narro.

Em 2013 me graduei em Física (Licenciatura) na Universidade de Brasília (UnB). Alguns anos antes disso, já atuava como professor de física, química e matemática em escolas particulares em cidades satélites do Distrito Federal. Anos mais tarde, em Agosto de 2016 defendi minha dissertação de mestrado, também na UNIVERSIDADE, adquirindo assim o título de Mestre em Ensino de Física. Ao longo dos anos de formação no programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) fui instrumentalizado e passei a produzir e publicar artigos, palestras, oficinas etc. Neste processo, meu então orientador Antony Polito desempenhou um importante papel, pelo qual tenho profunda gratidão. Nosso trabalho teve desdobramentos e ainda hoje atuamos em grupos de trabalho comuns.

Lecionei – e ainda leciono – em escolas particulares do Distrito Federal. Desde 2015, também atuo como professor da escola básica na rede pública de ensino do Distrito Federal. Nesta trajetória, entre minha atuação no ensino fundamental e o médio, tive a oportunidade de atuar em salas de aulas muito diversas: da escola muito bem equipada no Lago Sul ao Centro Educacional precário no setor O da Ceilândia; de estudantes de EJA no noturno da periferia a estudantes da classe alta do centro de Brasília.

Outras atuações para além da escola básica incluem o ensino superior, no curso de Pedagogia, na disciplina “Conteúdos e Metodologias do Ensino de Ciências”. Além disso, atuei na Unidade Regional de Planejamento Educacional e de Tecnologia na Educação (UNIPLAT), oportunidade na qual tive contato direto com levantamento censitário, planejamento de turmas, diário eletrônico de classe, entre outros. Neste contexto, profundas e importantes transformações em minhas concepções em relação ao ensino e a ciência aconteceram recentemente, fruto de muita reflexão e trabalho.

Em 1º/2018 fui um dos 20 selecionados para participar da Escola de Física CERN 2018. Uma formação para professores de física no maior acelerador de partículas do mundo. Como não havia a possibilidade de financiamento por conta dos severos contingenciamentos da CAPES nos últimos anos, passei a arrecadar fundos para a viagem via *crowdfunding*. A campanha atingiu centenas de pessoas, rendendo o apoio da mundialmente renomada professora pesquisadora Dra. Maria Cristina Abdalla<sup>2</sup>, além de uma reportagem no Correio Braziliense de título “Físico brasileiro busca apoio para curso no maior laboratório do mundo”<sup>3</sup>. Consegui o suficiente para custear parte da viagem e no 2º/2018 fui à Suíça. Esta foi uma experiência transformadora. Como professor de ciências naturais, e de física especialmente, sempre foi um sonho conhecer o CERN, evidentemente. Visitar e conviver com cientistas que atuam no desenvolvimento de ciência de tão alto nível, me fez repensar sobre que ciência eu ensinava. Entendi que, talvez, nunca tenha ensinado ciências, de fato. A tolerância ao erro, por exemplo, que é imperativa para o desenvolvimento das ciências naturais, jamais tinha encontrado espaço nas minhas salas de aula.

Ainda no 2º/2018 fui um dos 25 selecionados fora do estado de São Paulo para participar do Workshop “*Cutting Edge Physics for Teachers*”, oferecido pelo ICTP-SAIFR em parceria com o Perimeter Institute, Canadá. Neste workshop de um fim de semana, fui apresentado a atividades didáticas para o ensino de ciências altamente impactantes. Mais do que ferramentas e técnicas, entendi que nunca, talvez, tenha ensinado intencionalmente pensamento científico a nenhum de meus estudantes. Talvez nunca tenha ensinado com a intenção de formar um cidadão consciente ou ainda minimamente letrado cientificamente para articular alguns conhecimentos científicos para tomada de decisões cotidianas. Passei, desde então, a colaborar com a rede de professores e a ministrar cursos para professores de todo o Brasil.

Estes dois eventos representaram um ponto de inflexão na minha prática docente. De um lado minhas concepções sobre ciência foram profundamente revistas, revisitadas, reviradas, revividas... Por outro, minhas concepções enquanto educador passaram a incluir perguntas como: “O que estou ensinando”, “Para quem estou ensinando”, “Por que estou ensinando”. Uma urgente necessidade de aprofundamento em questões que fossem para além do ensino e da “ensinagem” começou a surgir.

Em 1º/2019 me candidatei a aluno especial na disciplina “Fundamentos da Pesquisa em Educação em Ciências” e fui gentilmente aceito pelas professoras Dra. Maria Luíza e Dra. Maria Rita. Nas intensas discussões sobre “como se faz uma tese de doutorado”, fui apresentado ao novo mundo da Educação em Ciências. Os métodos e fundamentos de pesquisa completamente novos para mim, me convidaram uma vez mais a repensar minha

---

<sup>2</sup> Autora do livro de divulgação científica sobre física de partículas “O Discreto Charme das Partículas Elementares”.

<sup>3</sup> Link para a reportagem: <[https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/eu-estudante/ensino\\_ensino\\_superior/2018/08/21/ensino\\_ensinosuperior\\_interna,701120/fisico-brasiliense-busca-apoio-para-curso-no-maior-laboratorio-do-mun.shtml](https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/eu-estudante/ensino_ensino_superior/2018/08/21/ensino_ensinosuperior_interna,701120/fisico-brasiliense-busca-apoio-para-curso-no-maior-laboratorio-do-mun.shtml)>.

atuação. Agora, também na minha produção acadêmica. Evidentemente, as novas concepções e pontos de vista sobre educação científica passaram a ocupar espaço importante também em minha sala de aula.

O projeto “Óptica com Ciência” surge desse contexto e desse professor em formação. Aplicado em 1º/2019, no alto das efervescentes transformações, este projeto é pensado e praticado colaborativamente. Na próxima seção, iremos nos dedicar a explicitar o ideário que permeia o projeto desde sua concepção até sua derradeira avaliação pelos atores que dele participaram.

### III. Pressupostos do projeto

O projeto “Óptica com Ciência” é, até o momento, o que considero minha prática docente em estado da arte. Não apenas por ser um projeto robusto e ousado, mas por consolidar em uma prática diversificada e colaborativa muitos de meus valores pessoais e profissionais em relação ao ensino e educação científica.

Um projeto dessa natureza, proeminentemente prática, demanda escolhas que nem sempre encontram relação direta a teorias ou constructos teóricos explicitados *a priori*. Isto é, para dar conta de um contexto instável que exige redirecionamentos eventualmente abruptos, não pude me comprometer com um quadro normativo escolhido e fixado antes da aplicação e, por isso mesmo, do qual se deriva metodologias coesas com seus pressupostos. Neste contexto, diga-se, o termo “aplicação” perde seu sentido usual e é dificilmente utilizado. Isto porque o processo de “aplicação” e “teorização” neste projeto foram contemporâneos e mutuamente modificados. O que antecede **as práticas em sala de aula** é um momento de **preparação** que engloba desde a formação do professor até a aquisição de equipamentos etc. E o que as sucede é um momento de **avaliação e reflexão**. O que implica que não buscamos conclusões, fechamentos nem validações. Entendemos essa experiência como entende Larrosa o conceito “experiência” quando discute sobre o esgotamento da dialética, muito presente no desenvolvimento do campo do ensino e educação, entre positivismo e educação crítica. Para os primeiros, a educação é uma ciência aplicada. Para os últimos uma práxis reflexiva.

*Nesse marco, tenho a impressão de que a palavra experiência ou, melhor ainda, o par experiência/sentido, permite pensar a educação a partir de outro ponto de vista, de outra maneira. Nem melhor, nem pior, de outra maneira. Talvez chamando a atenção sobre aspectos que outras palavras não permitem pensar, não permitem dizer, não permitem ver. Talvez, configurando outras gramáticas e outros esquemas de pensamento. Talvez produzindo outros efeitos de verdade e outros efeitos de sentido. E o que é feito, o que tentei fazer, com maior ou menor sorte, é explorar o que a palavra experiência nos permite pensar. o que a palavra experiência nos permite dizer, e o que a palavra experiência nos permite fazer no campo pedagógico. E para isso, para explorar as possibilidades de um pensamento da educação elaborado a partir da experiência, é preciso fazer, me parece, duas*

*coisas: reivindicar a experiência e fazer soar de outro modo a palavra experiência* (LARROSA, 2002 p. 20, Grifos nossos).

Nesta seção, portanto, pretendo explicitar o ideário que norteou o projeto desde sua preparação até suas reflexões finais. Proponho expor os valores desse ideário como pressupostos teóricos do projeto. Não se trata, pelo dito, de um referencial teórico como vemos usualmente em trabalhos da área de ensino de ciências (fortemente comprometido com um dos polos da dicotomia criticada por Larrosa), mas uma via alternativa. Daí se deriva a necessidade de explicitar o que entendemos por “anarquia metodológica”, um conceito central deste ideário.

### III.1 Anarquia Metodológica em ensino

Em trabalho apresentado no XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, eu e o professor dr. Antony Polito (UnB) desenvolvemos uma tese controversa para o ensino de ciências. Trata-se de um dos desdobramentos do nosso trabalho de mestrado (BARCELLOS, 2016) e diz respeito à imposição de um referencial teórico aos moldes das ciências naturais<sup>4</sup> para investigações no ensino de física que, diga-se, reflete uma prática da área (SALÉM, 2012). Na oportunidade pensamos sobre a possibilidade de uma “anarquia metodológica no ensino” que se mostra como uma possibilidade, não apenas factível, mas talvez desejável.

*Quando se considera o caso do ensino de ciências, por exemplo, algumas dentre várias questões que deveriam ser respondidas são as seguintes: as metodologias de ensino de ciências, em geral, ou de física, em particular, estão suficientemente desenvolvidas para fornecer **quadros estáveis e incontroversos** e, com isso, suprir **a demanda normativa** em seu próprio campo? Aliás, existe uma demanda normativa específica da física, quando comparada com as demandas de quaisquer outras áreas? Se a resposta for positiva, o que, exatamente, torna peculiar uma metodologia de ensino em física, quando comparada com quaisquer outras metodologias de ensino (em química, biologia, matemática ou português)?* (POLITO, 2018 p. 3, Grifos nossos)

Ao analisar a evolução histórica das tendências da pesquisa em ensino de física no Brasil, vemos que, de fato, não há uma evolução unidirecional e nem muito menos o surgimento de tendência aperfeiçoada de tendências anteriores. O que denuncia a diversidade e o caráter controverso de quadros normativos ou mesmo em relação às metodologias de investigação no ensino de física. Em sua tese de doutorado a Dra. Sônia Salém buscou realizar uma metanálise sobre o perfil, evolução e perspectivas dessa área. No capítulo dedicado às conclusões finais de seu trabalho, a autora sintetiza seus achados:

---

<sup>4</sup> Com isso queremos dizer: um referencial teórico existente *a priori* e que conduza a um método de investigação bem definido e inescapável que deve ser derivação direta do mesmo.

*A área de Pesquisa em Ensino de Física ocupou-se durante um longo período em dar respostas a questões de ensino e aprendizagem nesse campo de saber disciplinar, particularmente buscado aperfeiçoar os meios de promover um aprendizado eficiente, sanando dificuldades apresentadas (ou tidas como) à cada época. [...] Como sinalizamos em diversos momentos da pesquisa, isso significa ter centrado sua atenção ao “como ensinar”, preterindo o “para quê” e o “o quê”. Ao mesmo tempo, nos anos mais recentes, em função de demandas políticas e acadêmicas que regulamentam e financiam a pesquisa, paralelamente à “globalização” ou internacionalização da pesquisa em ensino de Ciências, priorizou modismos nas suas questões de investigação, nos referenciais teóricos e metodologias. **Trata-se de predominância e não de consenso ou de permanência** (SALÉM, 2012 p. 307, Grifos nossos).*

Sobre o papel do professor de física, especificamente, a metanálise realizada pela autora identificou e localizou as tendências da área desde a década de 70. Ela identificou que do início da década de 70 até meados da de 80 o “professor é condutor do processo de ensino, de acordo com teorias de aprendizagem”. Dali até o final da década de 90 o professor passa a ser “figura central, detector dos procedimentos da didática específica”. E na primeira década de 2000 o professor “é figura central, com identidade e autonomia (teórica)”. Essa evolução é reflexo de uma posição teórica-metodológica que transitou das teorias behavioristas até as abordagens sócio-interacionistas, passando pelas cognitivistas. Não é preciso muito esforço discursivo para demonstrar que não há um quadro teórico estável o suficiente na área para suprir sua própria demanda normativa e nem muito menos nortear univocamente as práticas dos professores de física.

*Essas questões sugerem, por fim, que a única “norma”, no que se refere ao **contexto da fabricação e da aplicação de estratégias e produtos educacionais**, ainda seja a tentativa e erro: em outras palavras, não haveria sistema, apenas experiências fragmentárias, cujos critérios de avaliação de sucesso são exclusivamente internos. Talvez fosse o caso de, simplesmente, se assumir esse fato até que a área de ensino de ciências atinja, efetivamente, maior maturidade. Ou, talvez, jamais devêssemos tentar ultrapassar esse limite. Isso porque, diante de um quadro como esse, só existiriam, aparentemente, duas opções: ou se assumiria, sem pejo, uma “anarquia metodológica em ensino” (a la Feyerabend), ou se aceitaria alguma “ditadura metodológica” (ainda que provisória), na qual todo educador, um tanto acriticamente, seria “obrigado” a se submeter a uma cartilha normativa cuja justificção ainda careceria de suficientes bases racionais (ou seja, fundadas em razões bem estabelecidas) (POLITO, 2018 p. 7, Grifos nossos).*

Desse ambiente controverso se deriva a tese da anarquia metodológica em ensino como uma solução genuína para a aplicação de estratégias educacionais capazes de articular desenvolvimentos teóricos obtidos no âmbito da pesquisa e as necessidades reais de uma sala de aula. Não há, a nosso ver, uma teoria educacional ou mesmo teorias psicológicas aplicadas

à educação que sejam fortes o suficiente para darem conta de sustentar todas as práticas demandadas em salas de aula de ciências no Brasil. Isto se deve, a nosso ver, a incrível complexidade do labor docente e todos os atores, fatores e condições envolvidos nele.

Ainda sobre a tendência da área de pesquisa em ensino de física no Brasil e sua sistemática controvérsia, Salém conclui:

*Tal marca ou tendência coloca como um grande desafio da área, ou talvez como esperança, o encontro ou aproximação de sua razão de ser: um campo de produção de conhecimentos que tem como perspectiva a ser privilegiada, a resposta (e a colocação de perguntas) a demandas de nossas escolas, de nossos alunos e professores, em nosso país, em nossas cidades, em nossas culturas, voltadas à formação de nossas crianças, jovens e adultos. No entanto, sem desconsiderar, aliás tendo como importante consideração, que estamos todos situados em nosso mundo (planeta) à nossa época (século XXI), o que exige cada vez mais uma formação diversificada, crítica e transformadora. Uma formação que dê conta das cada vez mais rápidas e complexas mudanças pelas quais esse mundo vem passando, sociais, políticas, econômicas, científicas, tecnológicas, ambientais, culturais... Quanto a isso, como produtores de conhecimento e formadores de formadores, temos uma grande responsabilidade e um vasto campo aberto para rever práticas (2012 p. 308).*

Apontamento que a autora complementa com uma citação à fala do professor doutor Luís Carlos de Menezes (USP): “É preciso reconhecer o imponderável, gerar o novo, tendo a dúvida como direito e condição de liberdade!”

É essa liberdade que defendemos neste trabalho, tendo o projeto “Óptica com Ciência” como exemplo de que é possível articular pesquisa e ensino em pró a formações diversificadas, críticas e transformadoras como quer Salém. Mas que para isso, temos que nos permitir o uso fragmentário de contribuições teóricas (e até mesmo práticas, mas que dizem respeito a outros contextos de aplicações) sem, com isso, perder de vista uma rigorosa e preciosa preocupação com a auto coerência da proposição e dando conta de dar respostas razoáveis a problemas reais.

*De tudo o que expusemos, consideramos ser a anarquia metodológica o melhor caminho, não apenas no sentido da afirmação da liberdade, mas, sobretudo, no sentido de ser essa a postura mais conservadora e, portanto, mais adequada, como estágio preliminar no desenvolvimento de um campo do conhecimento, como uma analogia kuhniana poderia facilmente indicar (POLITO, 2018 p. 7).*

### **III.2 Natureza da Ciência e os Valores da Ciência**

A ideia central no que concerne ao âmbito dos valores pedagógicos que nortearam este projeto é o que chamo de “valores da ciência” ou ainda “natureza da ciência”. Primeiramente, escolhi “ciência” no singular ou invés de “ciências” (no plural) por se tratar de

um projeto que pensa o ensino de ciências da natureza e suas particularidades. Por este motivo, proponho pensar no que isso quer dizer, antes de pensarmos sobre a que valores da ciência me refiro.

Reconhecemos a existência de peculiaridades e distinções entre os diversos campos das ciências. Apesar de serem chamadas de ciências, elas não constituem, a nosso ver, um único e homogêneo empreendimento. Pelo contrário, há sérias rupturas em diversos campos que quase inviabilizam um diálogo entre áreas. Um exemplo icônico é a famigerada “virada hermenêutica” produzida no campo das ciências sociais nos anos setenta que possibilitou a legitimação (ou, pelo menos, a tentativa de legitimação) de uma abordagem interpretativa (hermenêutica) em detrimento à consolidada e problemática perspectiva analítica (neopositivista) (BOLÍVAR, 2002).

Pensando nisso, quando nos referimos à ciência no âmbito desse projeto, estamos sempre pensando nas ciências da natureza e o paradigma que as une, bem ou mal. Pensamos, portanto, em uma ciência bastante homogênea, que tem intenções nomotéticas em suas investigações e, para isso, promove uma metodologia rigorosa e sistemática. Procura o máximo de objetividade possível sob o lema kantiano “*De nobis ipsis silemus*”. Consegue isso, manejando e minimizando potenciais fontes de erro, além da aplicação de um método capaz de produzir resultados generalizáveis ou, pelo menos, com aspectos que dizem respeito a realidades gerais. Este empreendimento, entretanto, é proeminentemente humano, o que implica não neutralidade do sujeito que investiga, por exemplo. É dessa convicção que surge o ideário que norteia este projeto que chamamos de valores da ciência, pensando sempre que as práticas e métodos que as ciências da natureza utilizam possuem uma dimensão marcadamente valorativa.

Esclarecidos sobre a que ciência nos referimos no projeto, partimos para localização de alguns valores dessa ciência que se converteram em valores pedagógicos no projeto “Óptica com Ciência”.

O projeto objetiva trazer para sala de aula uma vivência da experiência científica (ou, mais apropriadamente, investigativa) utilizando diversos recursos didáticos. Dessa vivência, espera-se produzir os aspectos críticos que tanto buscamos ao formar nossos estudantes. Portanto, temos como fim o aprendizado de valores científicos e como meios vivências de experiências investigativas. Isto foi feito no contexto do ensino de óptica geométrica para turmas de 3º ano do ensino médio. Os conceitos próprios da óptica geométrica tais como o princípio da propagação retilínea, leis de refração e reflexão etc. foram construídos colaborativamente. De tal maneira que à medida que caminhávamos com o projeto, construíamos UMA óptica geométrica e não A óptica geométrica. As conclusões eram as mesmas, mas os meios diversos. Por exemplo, chegamos à conclusão que a distância entre um objeto e um espelho plano que produz sua imagem é igual à distância da sua imagem conjugada e o mesmo espelho. Mas para isso, investigamos o fenômeno por meios próprios, com recursos próprios e a partir de observações próprias.

Procuramos enfatizar nestas investigações alguns valores da ciência que estavam presentes nas práticas de maneira apenas didática (por tanto, sempre subjacentes), uma vez que não procuramos realizar uma investigação genuinamente científica (tal qual se faz em laboratórios reais). O exemplo mais icônico disto é a tolerância ao erro. Numa anedótica visita a um dos laboratórios do CERN, na oportunidade da Escola de Física CERN 2018, nosso guia nos narrou como aconteciam certos procedimentos investigativos lá no laboratório. Em um painel se exibiam os resultados experimentais para as medidas das massas em um experimento em um acelerador de partículas. Em um painel adjacente a este estavam mostradas as previsões teóricas de diversos cientistas para essas partículas. À medida que os resultados ganhavam relevância estatística, as previsões teóricas eram confirmadas ou negadas. E ele nos dizia o quão corriqueiro era cientistas muito competentes errarem brutalmente. Aquele episódio me marcou, pois me permitiu pensar sobre o papel do erro no desenvolvimento científico. Se os pesquisadores não pudessem errar, o progresso científico poderia ser bastante retardado. Aliás, lembro-me de muitas descobertas que foram feitas por acaso ou advindas de um erro. E onde estava a tolerância ao erro em minha sala de aula? A ciência que eu ensinava não passava de uma casca formal, mas os valores e procedimentos tão presentes na ciência se ausentavam quase que completamente. Voltei convicto de que era preciso repensar minha prática docente.

Outro aspecto central do empreendimento científico que passou a figurar em minha sala de aula é a importância fulcral da empiria. Sem um conjunto de observações que deem sustentação a uma argumentação, que valor ela tem em um modelo ou teoria científica? O silogismo predominante nas minhas aulas deu lugar à investigação baseada em evidências. De onde se deriva o conceito de modelo que passou a estar fortemente presente no nosso cotidiano de sala de aula.

A modelagem dos fenômenos que investigamos foi elemento constituinte importante no projeto. Por modelo, entendemos um conjunto de afirmações de caráter nomotético baseados em observações e inferências que são capazes não apenas de explicar este conjunto de dados, mas também prever, com razoável grau de sucesso, o resultado de novas experiências.

Exploramos, desde o primeiro encontro, outro aspecto muito presente na ciência – mais especificamente nos cientistas – que é a criatividade envolvida em seu ofício. Este aspecto é muito comumente apagado no ensino de física, mas estou seguro de que é algo importante para a ciência em seu desenvolvimento. A visão popular do trabalho de um cientista, e um físico em particular, é bastante marcada por um estereótipo de alguém que segue um protocolo e resolve problemas matemáticos complexos como um robô. Há, evidentemente, muito rigor e certa disciplina nos modos de pesquisa de um cientista, mas sua criatividade em, por exemplo, propor novas hipóteses e métodos certamente desempenha um papel fulcral no resultado de suas investigações. A partir dessa leitura dos procedimentos da ciência, incentivamos os estudantes envolvidos a criarem suas próprias narrativas e modelos.

No confronto de suas posições, juntos, construíamos um modelo mais robusto (a “uma óptica geométrica” que me referi há pouco). Um modelo dialético semelhante a e inspirado na proposição de Mathew Lipman para o ensino de filosofia (OLAVO; FERREIRA, 2018).

Por fim, mas não menos importante, eu indicaria o valor da colaboração como um valor importante para a ciência e para o projeto, por conseguinte. A noção de comunidade científica e comunicação científica está presente no projeto “Óptica com Ciência” de uma maneira forte. Seja nas atividades em sala, seja nas atividades propostas para serem realizadas fora desse espaço. A ideia de que uma comunidade de investigadores pode produzir observações e inferências muito mais apuradas e detalhadas do objeto de investigação, por exemplo, foi apresentada aos estudantes já no segundo encontro. O projeto também explora a importância de uma comunidade de investigadores para produzirem dados em número e qualidade suficiente que nos permitam afirmar algo sobre o geral e construir modelos mais confiáveis.

### III.3 O objetivo do ensino de ciência: Letramento científico?

Muitos autores discutem e utilizam a noção de natureza da ciência, como valor norteador em suas práticas ou convicções sobre o ensino de ciências (FERREIRA; JUSTI, 2008; PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Em geral, estes autores buscam cumprir o que quase a totalidade dos documentos norteadores do ensino de ciências clamam: o letramento científico. Um bom exemplo é o movimento CTS (Ciência Tecnologia e Sociedade) que enfatiza a premente necessidade de compreender a ciência, seus métodos e processos, além de sua natureza e implicações sociais para que um cidadão possa tomar para si a responsabilidade de tomar decisões de maneira mais consciente (SASSERON, 2017).

Entretanto, é notável que cada autor proponha uma leitura particular sobre o significado desse objetivo. Ao comparar, por exemplo, o que o PISA entende como letramento científico e o que o currículo da rede pública de ensino do Distrito Federal (Currículo em Movimento) compreende sobre, vemos um significativo exemplo dessa polissemia:

*Apesar de estarem, na primeira aproximação, em convergência ao concordarem sobre a importância do letramento científico como função do ensino de ciências, o PISA o entende de maneira quase antagônica do Currículo em Movimento. Observe que o PISA se ocupa em avaliar a educação **na ciência** [...], enquanto que o Currículo em Movimento do conhecimento científico **no cotidiano**. Essa diferença é mais do que perfunctória meramente, revela concepções sobre o ensino muito conflitantes (DE BARCELLOS COELHO, 2020 p. 98).*

Apesar do entendimento de que os objetivos do ensino de ciências são associados ao letramento científico ser bastante hegemônico, essa questão da polissemia incomoda alguns autores. Talvez o mais proeminente autor contraegemônico sobre este tema seja Morris

Herbert Shamos. Na década de 90, Shamos escreve seu livro *“The Myth of Scientific Literacy”* (1996) no qual discute sobre o que considera uma alucinação do letramento científico. Pergunta-se se é possível (ou mesmo desejável) alfabetizar cientificamente a população. Entre tantas outras contribuições, o autor analisa a polissemia do termo “letramento científico” e variantes como um objetivo vago demais. Entre suas análises, numa retrospectiva histórica, demonstra que o maciço investimento motivado pela “crise”<sup>5</sup> na educação científica da década de 80 nos EUA não trouxe, na prática, (quase) nenhum retorno em termos de engajamento popular ou mesmo sobre sua compreensão da ciência e seus procedimentos. Para o autor fica clara a necessidade urgente de se repensar esse objetivo. Esta, à época do projeto, era apenas uma desconfiança. A leitura de Shamos, por exemplo, só veio alguns meses depois da execução do projeto. Entretanto, aqui figuram como pressupostos importantes para o projeto, porque nós compreendíamos o desafio do letramento científico como algo vago demais para servir como objetivo da nossa prática docente. Faltavam-nos as palavras que, felizmente, encontramos com Shamos.

#### **III.4 Metodologias inovadoras ou inovadas**

Um modismo bastante persistente em educação é a necessidade por inovação. Não é de hoje que se exige que os professores inovem para produzir melhores resultados. Um autor que pensa sobre isso há décadas e que esteve presente no ideário do projeto “Óptica com Ciência” através de suas contribuições valiosas é António Nóvoa. Se de um lado há uma pressão grande das escolas e outras instituições sociais por inovação na educação, de outro está um professor, muito bem caracterizado por Nóvoa e colaboradores (NÓVOA, 1995), que é a primeira vítima de uma mudança radical, súbita e amorfa da sociedade. Tendo que enfrentar problemas que lhes escapam as soluções e sendo acusados de serem os perpetradores dos males que afligem a educação brasileira.

Por estes e outros motivos correlatos, eu tenho muito cuidado para “inovar” na educação. Projetos como o[ “Óptica com Ciência” são rapidamente reconhecidos como inovadores e/ou disruptivos. De fato, como ficou bastante explícito até aqui, ele é o resultado de intensas mudanças nas minhas concepções docentes. Porém, é preciso esclarecer que nada surge do vazio. Diversas práticas que utilizei e sigo utilizando em minha sala de aula são práticas “inovadas”, isto é, práticas antigas adaptadas ou relidas para figurarem neste tempo e espaço presente. Basta ler algumas sugestões de John Dewey e suas ricas contribuições para a educação que se percebe que essa história do estudante protagonista é bastante antiga (PEREIRA, 2009; KENT; APPLE, 2001). A aprendizagem por descoberta, a ideia de ensinar por investigação, utilizar objetos reais em sala de aula de ciências... tudo isso é bastante

---

<sup>5</sup> Shamos dedica um capítulo de seu livro discutindo essa crise e chega a conclusão de que ela também foi fabricada e motivada pelos cortes de recursos para a área de educação nos EUA da década de 80.

antigo (LEFRANÇOIS; MAGYAR; LOMONACO, 2009). O ponto aqui é: o que se reconhece por inovação na educação, em geral não passa de educação inovada.

É a partir dessa convicção que propusemos muitas atividades “inovadoras”/inovadas para compor o projeto “Óptica com Ciência”. O objetivo, entretanto, não era exatamente inovar. A ideia era utilizar tudo o que eu conhecia sobre os melhores métodos e práticas do ensino de ciências no mundo para realizar todo o ideário desenvolvido até aqui. O motivo pelo qual esta discussão está nesta seção de pressupostos é justamente para explicitar este entendimento do autor sobre estas práticas. Aproveito, entretanto, para nomeá-las e descrevê-las brevemente.

Utilizamos a classe invertida, ou *flipped class* (BERGMANN; SAMS, 2012) que, em síntese, consiste na prática de realizar o que se faz tradicionalmente em sala de aula presencialmente em algum suporte remoto. Ela surge em resposta a uma necessidade de estudantes de professores nos Estados Unidos que verificavam uma enorme dificuldade de um grupo de estudantes em estarem assiduamente presentes em suas aulas. Como os próprios autores da prática afirmam:

*The flipped classroom approach, like all good educational ideas, stemmed from the needs of their students. (A abordagem classe invertida, como todas as boas ideias educacionais, surgiu das necessidades de seus alunos.)* (BERGMANN; SAMS, 2012, tradução livre)

O que é bastante coalescente com nosso ideário em relação às práticas escolhidas no projeto. Todas elas surgiram das necessidades educacionais dos estudantes. O desafio é reconhecê-las, mais do que supri-las. Por isso, no projeto “Óptica com Ciência”, nós adotamos uma postura bastante dialógica, não apenas permitindo e incentivando a colaboração dos estudantes na construção das práticas, mas também as acatando e implementando a medida do possível. Isto fez com que o produto final da experiência fosse bastante único e personalizado, o que me remete a outras duas tendências muito em voga na educação dita inovadora e que foram utilizados em nosso projeto: o ensino personalizado e a aprendizagem baseada em problemas. A primeira encontra vastíssima literatura que, apesar de ser comumente compreendida como algo importado (como, aliás, a maior parte das práticas reconhecidas como inovadoras no Brasil) encontra em autores como Paulo Freire suficiente baliza para ser praticada. Não se trata de uma única prática, mas um conjunto de práticas que se baseiam na ideia de que cada indivíduo possui suas particulares necessidades e, mais, singulares leituras de mundo – como diria Freire (FREIRE, 2017). Já a segunda, é uma prática amplamente divulgada e utilizada que teve origem na *Canada McMaster University* em 1969 e foi popularizada pelo sucesso de projetos finlandeses que lançaram mão de seus pressupostos mais recentemente. A ideia é, essencialmente, que o estudante deve construir ativamente seu repertório sobre o assunto estudado a partir de problemas, situações e/ou fenômenos reais. O objetivo é entender o fenômeno e suas conexões. Como resultado,

pretende-se a criação de um artefato educacional que é ao mesmo tempo o produto do empreendimento e um signo do processo de aprendizagem.

Partimos agora para a descrição mais operacional do projeto, iniciando com uma descrição da estrutura das atividades seguida de uma breve tabulação dos principais resultados.

#### **IV. Estrutura das atividades**

O projeto contou com a participação ativa e protagonista de cerca de 220 estudantes do 3º ano do Ensino Médio. Entre eles, cerca de 5 intercambistas europeus, norte-americanos e indianos. Estes também participaram das atividades e forneceram importantes contribuições para as atividades desenvolvidas. Além deles, em vários momentos contamos com o apoio de ex-estudantes da escola que hoje cursam Física na Universidade de Brasília. A meu convite, eles atuaram como monitores, ouvintes e até ajudando no planejamento de algumas atividades. A presença deles foi importante para algumas atividades e desconfio que há um efeito positivo em relação ao engajamento estudantil por conta disso.

O projeto “Óptica com Ciência” foi desenhado para ser implementado em 16 encontros. Cada encontro possui 50 minutos de duração (1 hora aula). Aulas expositivas foram intercaladas com atividades de exploração e investigação. Para suportar as atividades práticas foi desenvolvida uma plataforma<sup>6</sup> para utilização da técnica didática *flipped class* e que, no final do processo, fez parte do artefato educacional. As aulas foram gravadas e disponibilizadas por mim com uma periodicidade aproximada de 15 dias. O formato escolhido para elas é de vídeos de, no máximo, 15 minutos (exceto vídeos de resolução de problemas). Os estudantes foram avaliados sobre os conteúdos desenvolvidos nas videoaulas com o objetivo de mensurar o sucesso dessa dinâmica em relação às aulas tradicionais e presenciais que costumamos – os professores da escola onde o projeto foi realizado – conduzir.

Nas aulas práticas desenvolvemos algumas dinâmicas alicerçadas no ideário do projeto (ver seção III.4) para o ensino de ciências. Em destaque estão as estações rotativas que possibilitam uma série de reflexões relevantes sobre como e por quais processos as ciências naturais são desenvolvidas. As avaliações formais são feitas, por cultura da escola, no contraturno. Por isso, não há aulas dedicadas exclusivamente a avaliações formais. Entretanto, dedicou-se dois encontros para reflexões, conversas e pesquisa sobre a percepção estudantil do projeto.

Na tabela 1, apresentamos o cronograma detalhado, aula a aula do projeto “Óptica com Ciência”.

---

<sup>6</sup> Link: [bit.ly/fisicacomciencia](http://bit.ly/fisicacomciencia).

Tabela 1: Cronograma aula-a-aula do projeto “Óptica com Ciência”.

<b>Semana</b>	<b>Atividade em Sala</b>	<b>Descrição da atividade</b>	<b>Conteúdo</b>
1	Introdução - Por que estudar Ciências?	Atividade na Sala de Aula. Dinâmica da caixa preta. Uso de blackboard em duplas.	Apresentação do curso
2	Vamos observar a luz!	Atividade na Sala de Trabalhos em Grupo. Estações rotativas.	1.1, 1.2, 1.3 e 1.4
3	Debate: Como a luz se comporta?	Atividade em Sala de Aula. Debate sobre os resultados da aula anterior.	1.1, 1.2, 1.3 e 1.4
4	Vamos medir a luz nos espelhos planos!	Atividade na Sala de Trabalhos em Grupo. Investigação sobre equidistância da imagem-objeto e medida de ângulos de reflexão.	2.1 e 2.2
5	Análise: Como a luz se comporta nos espelhos planos?	Atividade em Sala de Aula. Análise sobre os resultados da aula anterior.	2.1 e 2.2
6	Reflexões sobre nosso trabalho	Entrega de provas e discussão de resultados, mudanças etc	-
7	Vamos observar espelhos curvos!	Atividade na Sala de Trabalhos em Grupo. Investigação sobre comportamento de espelhos esféricos.	3.1, 3.2, 3.3 e 3.4
8	Sistematização: Como a luz se comporta nos espelhos curvos?	Atividade em Sala de Aula. Debate sobre os resultados da aula anterior.	3.1, 3.2, 3.3 e 3.4
9	Espelhos esféricos - Análise qualitativa	Atividade na Sala de Aula. Exposição.	3.1, 3.2, 3.3 e 3.4
10	Espelhos esféricos - Análise quantitativa	Atividade na Sala de Aula. Exposição.	4.1, 4.2, 4.3 e 4.4
11	Vamos observar a refração!	Atividade na Sala de Trabalhos em Grupo. Investigação e experimentação sobre refração.	4.1, 4.2, 4.3 e 4.4
12	Sistematização: Como se comporta a luz ao refratar?	Atividade em Sala de Aula. Debate sobre os resultados da aula anterior.	4.1, 4.2, 4.3 e 4.4
13	Aula teórica - Definições matemáticas de refração	Atividade em Sala de Aula.	4.1, 4.2, 4.3 e 4.5
14	Vamos observar as lentes!	Atividade na Sala de Trabalhos em Grupo. Investigação e experimentação sobre comportamento óptico das lentes.	5.1, 5.2,
15	Aula teórica - Definições matemáticas de lentes	Atividade em Sala de Aula.	5.3
16	Reflexões sobre nosso trabalho	Entrega de provas e avaliação do projeto	-

Para uma compreensão completa do projeto, também irei listar os conteúdos programáticos a que se refere cada encontro. Note que os números da coluna “Conteúdo” da tabela 1 se referem a estes conteúdos.

Tabela 2: Lista de conteúdos programáticos trabalhados no projeto “Óptica com Ciência”.

<b>Conteúdos Programáticos</b>		
1	Princípios da óptica geométrica	Propagação retilínea
		Independências dos raios
		Reversibilidades
		Refração, Reflexão e Absorção
2	Espelhos Planos	Equidistância
		Ângulo de incidência
3	Espelhos esféricos	Tipos de espelhos esféricos
		Pontos importantes de um espelho esférico
		Análise qualitativa
		Análise quantitativa
4	Refração	O que é refração
		Frequência (cor) não muda
		Cálculo de índice de refração
		Reflexão total
5	Lentes esféricas	Tipos de lentes esféricas
		Pontos importantes de uma lente esférica
		Análise qualitativa
		Análise quantitativa

Perceba pelo cronograma que a ordem das atividades obedece a seguinte lógica: (i) primeiro realizamos atividades em grupo, (ii) seguida de debate sobre a experiência e, por

fim, (iii) sistematização dos conhecimentos produzidos. Além desses três momentos, dedicamos dois encontros para uma avaliação e reflexão sobre o projeto. Dependendo da complexidade da atividade, dedicamos mais tempo ou menos tempo para algum desses momentos, mas, via de regra, dedicamos sempre um encontro para as aulas em grupo.

As atividades em grupo (i) tiveram vários formatos ao longo do projeto, mas sempre o mesmo objetivo: explorar algum aspecto do empreendimento científico. Na aula 2, por exemplo, com a atividade das estações rotativas (PERIMETER, 2013), exploramos a noção de comunidade científica, a diferença entre observações e inferências e como realizar bons questionamentos. Na aula 4, aprendemos a coletar dados e realizar medidas. Na aula 7, registramos observações bastante cuidadosas sobre a formação de imagens em espelhos esféricos, consolidando um certo método de investigação (MEIRA, 2016). Na aula 11, realizamos uma investigação sobre o fenômeno da refração com diversas experiências, mas já com método consolidado e um olhar mais treinado. E na aula 14, uma investigação completa (coleta de dados, registro fotográfico etc.) sobre o comportamento da luz em lentes esféricas.

Os debates (ii) eram sempre momentos complementares à experiência anterior (i). Em uma situação de aulas duplas, por exemplo, seria possível realizar os dois momentos em um único encontro. Eram nestes momentos de debate que tínhamos a oportunidade de conversar sobre os referidos aspectos da natureza da ciência/valores da ciência. Aqui enfatizávamos alguns momentos das atividades em grupo procurando valorizar a produção dos próprios estudantes. Na aula 3, por exemplo, discutimos sobre a importância de uma comunidade de investigadores e fizemos uma sistematização (iii) baseada nas observações e inferências realizadas pelos estudantes na aula anterior sobre os princípios básicos da óptica geométrica. Na aula 5, fizemos os dois momentos (ii) e (iii) analisando e sistematizando os dados coletados na aula 4 sobre o comportamento da luz em espelhos planos.

Finalmente, em dois momentos (aulas 6 e 16) do projeto, dedicamo-nos a avaliar e refletir sobre as práticas que realizamos até ali. Na aula 6, dialogamos sobre as atividades realizadas e decidimos sobre mudanças, permanências e resultados. Este foi um momento muito valioso para o projeto, no qual os estudantes puderam se expressar oralmente e através de um formulário não identificado. As colaborações foram essenciais para as tomadas de decisões que se seguiram. Observe, por exemplo, que passamos a dedicar mais tempo para debate (ii) e sistematização (iii) a partir da aula 8. Isto a pedido dos estudantes e a partir das análises que fizemos neste momento. Na aula 16, fizemos uma avaliação geral do projeto e investigamos possíveis explicações para os resultados. Uma análise completa desses momentos se encontra na seção V.2.

#### IV.1 O site do projeto e o artefato educacional do projeto

Para organizar e centralizar todas as atividades, criamos um site<sup>7</sup>. Este cumpre algumas funções nesse projeto. As mais importantes, do nosso ponto de vista:

- **Centraliza todas as atividades e materiais de ensino que usamos no projeto.** Isso inclui: apresentações, roteiros, pastas compartilhadas, vídeo-aulas autorais e de terceiros, tabelas etc.

- **É um portfólio coletivo do trabalho desenvolvido.** Foi construído colaborativamente, o que significa que o seu conteúdo possui características únicas impressas por seus participantes (professor e estudantes), tais como: fotos, trabalhos dos estudantes e outros documentos que foram produzidos a medida do desenvolvimento do trabalho. Considero-o um genuíno e rico artefato educacional.

- **Possibilita um contato direto e (quase) em tempo real entre o professor e os estudantes.** Através da aba “Contato” do site os estudantes puderam se comunicar com o professor sempre quando houvesse necessidade. Esse canal foi muito utilizado. Em geral, para dúvidas sobre atividades de casa e curiosidades científicas. Esse canal possibilitou um alargamento do meu tempo e espaço junto aos estudantes. O que foi importante, pois eu dispunha de apenas 1 aula semanal de 50 minutos com cada turma para a realização desse projeto.

- **Possibilitou a implementação de metodologias inovadoras/inovadas no ensino.** A principal foi a “Classe Invertida” que sem um canal apropriado como este seria de muito difícil implementação. Mas outras atividades inovadoras/inovadas para o contexto desse projeto foram implementadas com o auxílio dessa plataforma tais como laboratório invertido (BORGES, 2002), análises estatísticas de dados coletados pelos próprios estudantes, produção de portfólio de fotos para as redes sociais sobre os temas estudados (MEIRA, 2016) entre outras.

#### V. Principais resultados

A esta altura já deve estar claro que este projeto possui um caráter bastante prático. Pela ausência de um referencial teórico *a priori*, pela diversidade das atividades etc, percebe-se que este projeto se difere daqueles comumente vistos em produtos educacionais e outras experiências educacionais correlatas. Isto dito, acreditamos que é compreensível a dificuldade de pensar em resultados aos moldes de uma investigação do estilo confirmação de hipóteses. Os resultados desse projeto são principalmente evidências de engajamento e aprendizagem. Não buscamos compreendê-las como confirmações de suspeitas prévias ou em termos de grau de sucesso do projeto. Esta tarefa deixamos a cargo do leitor ou colega que por ventura venha

---

<sup>7</sup> Link para o site: <<https://luzesomcomciencia.wordpress.com/>>.

a se interessar em aplicar integral ou parcialmente as atividades desse projeto. Entendemos que a complexidade e imprevisibilidade envolvida na atividade docente impossibilita (ou, pelo menos, dificulta muito) a aplicação incólume das proposições aqui descritas. Ao mudar o contexto, acreditamos, temos que ter o cuidado de adaptar o conteúdo de nossas atividades.

Com isto em mente, nesta seção, vamos relatar alguns dos principais resultados que registramos ao longo do projeto “Óptica com Ciência”. Priorizamos aqueles que possuem algum registro. Isto para que o leitor interessado possa acessar os diversos materiais produzidos para e pelas atividades propostas.

### **V.1 Produção dos estudantes**

Houve muita produção dos estudantes durante o projeto. Especialmente a coleta de dados e posterior análise. Dentro dessa categoria, portanto, todos os dados que foram analisados e que serviram de substrato para a construção dos conceitos físicos e que foram elencados (vide seção IV) foram produzidos pelos estudantes. Há outras produções, entretanto. As mais relevantes estão descritas a seguir:

- Primeira análise sobre a atividade das aulas 4 e 5 (análise sobre as medidas de ângulo). Nesta pasta compartilhada se encontram todos os trabalhos entregues:
  - Link para a referida pasta: Compartilhe suas análises!
- Produção sobre o que foi desenvolvido na aula 7. Na pasta compartilhada: e encontra todos os trabalhos entregues.
  - Link para a referida pasta: Compartilhe seus roteiros!
- A produção mais importante do semestre foi o vídeo portfólio sobre o que foi desenvolvido no semestre. Na pasta compartilhada pelo (link Vídeo-Relatório - 3º Ano 2019) se encontra todos os trabalhos entregues. Vale a menção que no momento da avaliação desses trabalhos eu estava em um curso no Fermilab (Batavia – IL, Estados Unidos). Escrevi uma devolutiva para cada grupo que se encontra na mesma pasta compartilhada<sup>8</sup>.

### **V.2 Percepção estudantil**

Em dois momentos dedicamos nossos encontros para uma reflexão sobre o trabalho desenvolvido até ali. A intenção era comunicar alguns resultados em testes e avaliações aos estudantes, conversar sobre alguma possível mudança de estratégia e escutar os estudantes em relação ao projeto de maneira geral. O primeiro aconteceu na aula 6 e o segundo na aula 16. Iniciamos a exposição dos resultados dessa prospecção junto aos estudantes com a que aconteceu na aula 6. Neste momento precisávamos de uma boa devolutiva dos estudantes em relação à sua percepção do projeto. Isto porque, se fosse o caso, precisaríamos mudar o foco das atividades, rever estratégias etc. De fato, algumas coisas foram modificadas e serão

---

<sup>8</sup> Eis aqui um exemplo: Devolutiva dos vídeos 3m4

discutidas depois da exposição dos resultados. Assim também faremos com o segundo momento, mas, evidentemente, com outra intenção.

### V.2.1 Percepção Estudantil no primeiro momento de prospecção (aula 6)

Pelos motivos já expostos, estávamos muito interessados na percepção estudantil neste momento crucial do projeto. Fizemos 10 perguntas de 3 formatos diferentes: (i) modelo de “Sim ou Não”, (ii) modelo em escala Likert (com gradações de 1 a 5) e (iii) discursiva. 164 estudantes participaram dessa prospecção.

Começamos com as de modelo “Sim ou Não”.

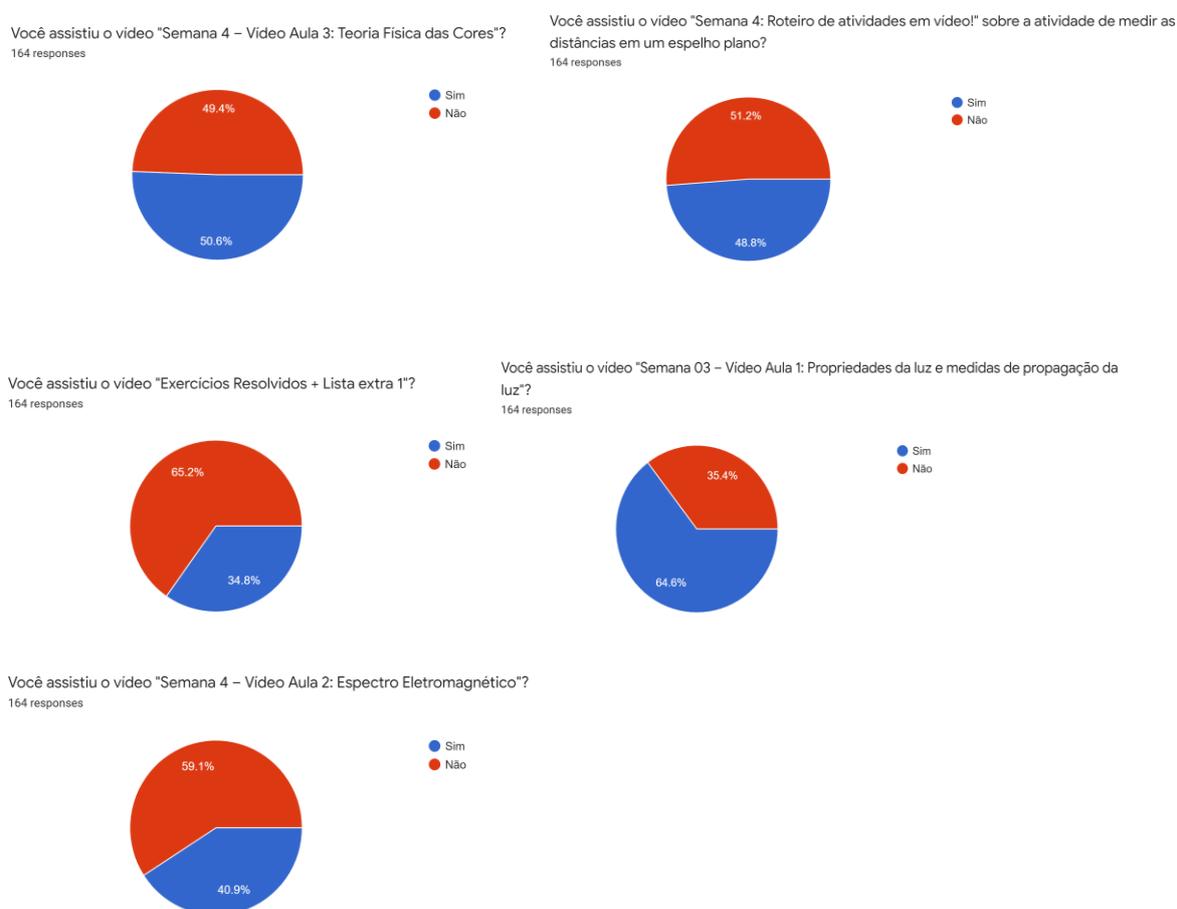


Fig 1 – Resultados do levantamento sobre percepção estudantil – modelo “Sim” ou “Não”.

Como se percebe, as questões do tipo “Sim ou Não” foram focadas no aspecto do projeto que diz respeito às aulas invertidas. O resultado mais interessante aqui é justamente a baixa adesão atestada tanto aqui no questionário como nas métricas do canal do YouTube em que esses vídeos eram subidos (lá o número de acessos não correspondiam nem a 30% dos estudantes). O que há de interessante nisso é que a ausência total de aulas (tanto presenciais

como online) para boa parte dos estudantes não pareceu influenciar no resultado das avaliações (que continuaram a ser realizadas como eram feitas tradicionalmente na escola).

Em seguida foram feitas quatro perguntas utilizando a escala Likert em 5 gradações. A seguir os resultados:

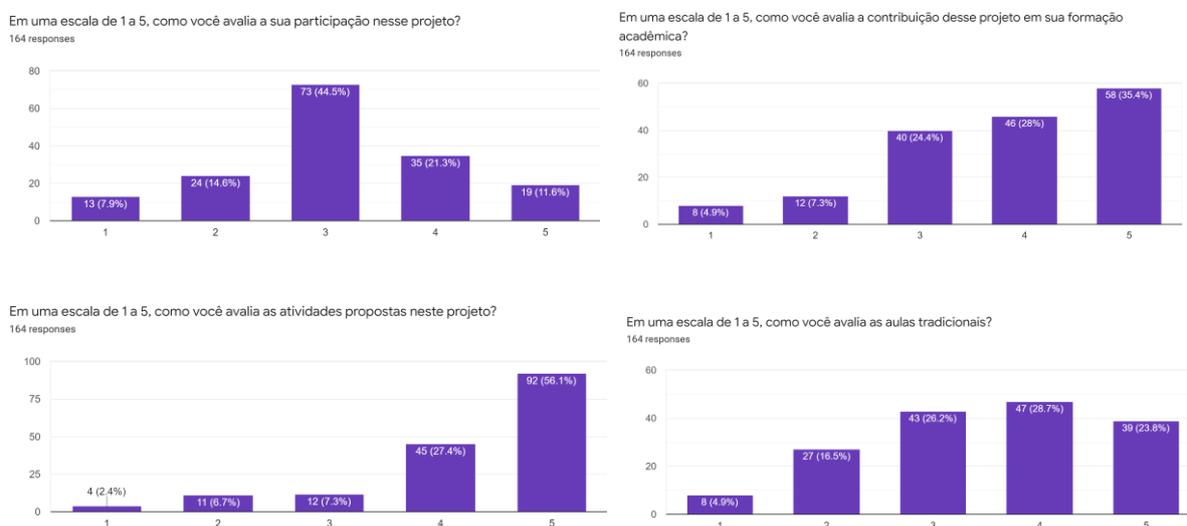


Fig. 2 – Resultados do primeiro levantamento realizado no projeto em escala Likert.

Aqui observamos um engajamento interessante uma vez que 77,5% dos estudantes avaliaram sua participação no projeto com um 3 ou mais. O que pode se dever ao fato de que eles reconheceram a importância desse projeto para sua formação acadêmica já que 87,8% avaliaram esta questão com 3 ou mais. Número semelhante (90,9%) avaliaram com um 3 ou mais as atividades propostas neste projeto contra 78,6% (avaliações com 3 ou mais) para aulas tradicionais.

Por fim, na questão discursiva os estudantes foram convidados a descrever sua percepção com palavras. Perguntamos:

*“Utilize esse espaço para fazer comentários, elogios, críticas etc. Você NÃO SERÁ IDENTIFICADO, então seja o mais sincero que puder. Tudo bem?”*

Dividimos as respostas dadas em três categorias para analisá-las. A primeira categoria corresponde a avaliações positivas do projeto. A segunda categoria corresponde a avaliações negativas do projeto e a terceira corresponde a sugestões ou comentários não valorativos em relação ao projeto. A seguir ilustro cada categoria com algumas respostas dadas.

Tabela 3: Categoria de avaliações e exemplos de resposta para em cada categoria.

<b>Categoria</b>	<b>Exemplo de resposta dada</b>
1 - Avaliações positivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- “Tá perfeito esse sistema&lt;3 seu lindo, todo mundo te adora, melhor professor S2 continue o otimo trabalho, vc é top S2”</li> <li>- “Você é muito criativo e eu estou adorando o seu estilo de aula, e quero participar mais.”</li> </ul>
2 - Avaliações negativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- “O método de ensino não parece muito eficiente na turma. Talvez seja o modo com que a maioria aprende, mas por opinião própria, aulas em slide não pregam tanto a atenção da turma na aula. Quanto aos elogios, as aulas práticas são maravilhosas, fazendo o entendimento se tornar melhor.”</li> <li>- “eu não entendo oq vc fala nos vídeos... fala muito rápido”.</li> </ul>
3 - Sugestões e comentários	<ul style="list-style-type: none"> <li>- “O seu projeto é muito interessante, traz uma nova visão sobre as formas de ensino. E é uma pena que os alunos não reconheçam o seu trabalho da forma que deveriam”.</li> <li>- “Poderia dar aula do assunto antes de fazer algum experimento, pois as aulas online são esquecidas facilmente.”</li> <li>- “Agradeço a dedicação do professor”.</li> </ul>

Alocamos cada resposta em uma categoria e o resultado dessa contagem é tabulado na tabela 4.

Tabela 4: Síntese do resultado por categoria.

<b>Categoria</b>	<b>Número absoluto</b>	<b>Número relativo</b>
1 - Avaliações positivas	30	42, 8%
2 - Avaliações negativas	9	12, 9%
3 - Sugestões e comentários	31	44, 3%

O maior destaque desse resultado fica com a surpreendente quantidade de sugestões. Um dos pressupostos mais importantes desse projeto é justamente a colaboração como um valor da ciência. E ver um número tão expressivo (44,3%) de estudantes deixando as críticas (positivas e negativas) para se sentirem partícipes e corresponsáveis pelos resultados é notável.

## V.2.2 Percepção Estudantil no segundo momento de prospecção (aula 16)

Na data de fechamento desse projeto, na 16ª aula, voltamos a perguntar aos estudantes sua percepção sobre o projeto. Na ocasião, foram feitas 11 perguntas dos mesmos 3 tipos utilizados na primeira prospecção. Nesta prospecção 104 estudantes participaram.

Em relação às questões do tipo “Sim ou Não”:

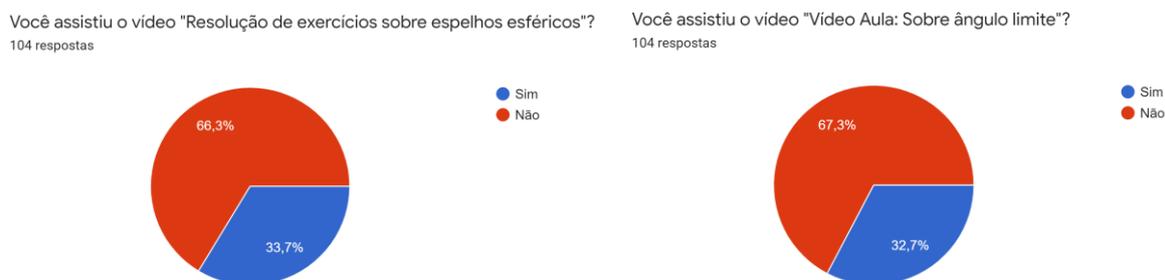


Fig. 3 – Resultados do levantamento sobre engajamento nas videoaulas.

Novamente essas questões foram pensadas para verificar a adesão às videoaulas no modelo classe invertida. Novamente encontramos os mesmos resultados demonstrando a baixa adesão a essa modalidade.

Em seguida, perguntamos - utilizando questões em escala Likert de 5 gradações - sua percepção em relação ao projeto.

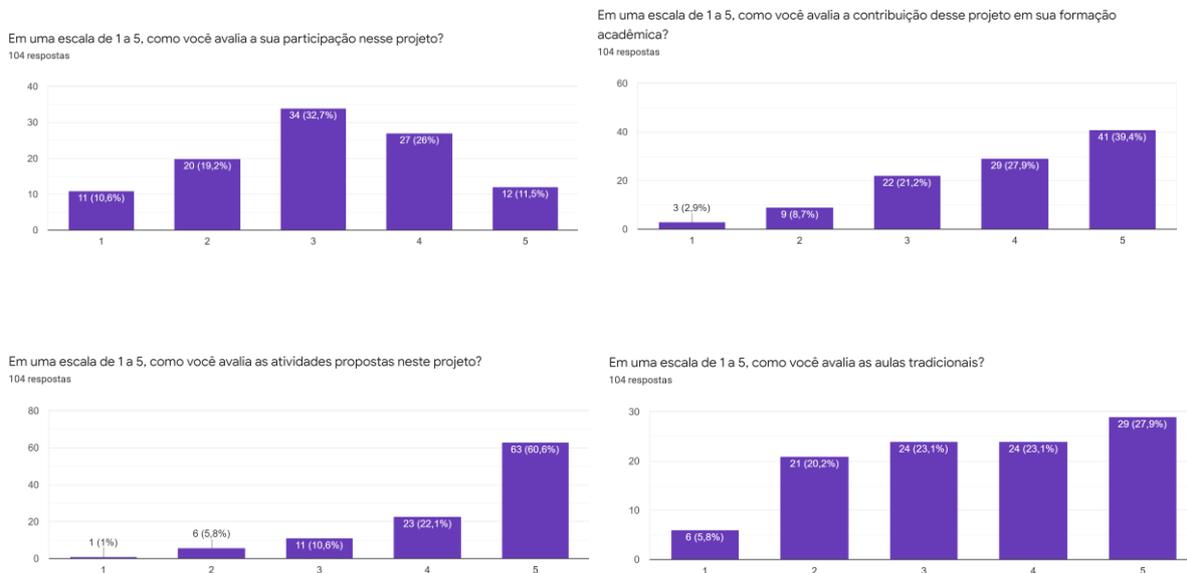
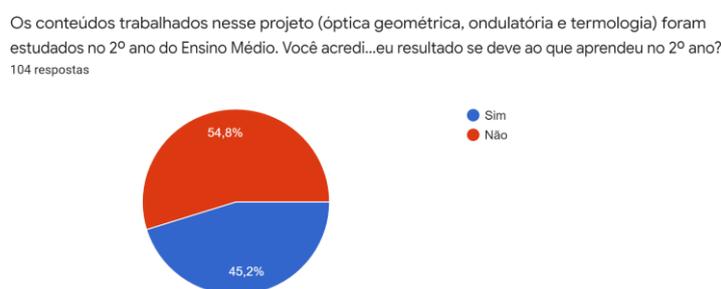


Fig. 4 – Resultados do levantamento sobre percepção estudantil ao término do projeto.

Observamos resultados bastante semelhantes aos vistos na primeira prospecção. O que pode denotar uma qualidade que só nesta altura seria possível atestar: a resiliência do projeto. Isto é, o projeto foi capaz de manter os estudantes engajados por um longo período o que, só por isso, é digno de nota. Além disso, os resultados em avaliações tradicionais demonstram que a falta de aulas tradicionais no contexto de aplicação deste projeto não foi sentida. Isto é, comparando os resultados desses estudantes em testes padronizados da própria escola com os resultados de anos anteriores não houve qualquer variação estatisticamente relevante.

Acrescentamos uma pergunta para investigar outra possibilidade para estes resultados: Será que o fato de eles terem visto o conteúdo trabalhado no ano anterior garantiu o sucesso visto neste projeto? Perguntamos o seguinte:



*Fig. 5 – Resultados do levantamento sobre percepção estudantil ao término do projeto.*

Na percepção deles, uma boa parcela acredita que se tivessem só o conteúdo que estudaram no ano anterior seu resultado seria diferente. Outra, entretanto, acredita que o contrário: que o projeto não influenciou o resultado deles. Esta parcela (45,2%) parece corresponder àqueles estudantes que declararam não se engajar nas atividades (29,4% com avaliações 1 ou 2 ou 62,1% com avaliações 3 ou menos). Evidentemente, se o estudante não se engajou nas atividades ele não se encontra em uma posição confortável para avaliar este impacto. Aliás, esta não foi a intenção dessa pergunta (medir o impacto do projeto). Reconhecemos que esta é uma medida complexa e, talvez, impossível/improvável. O que gostaríamos de verificar com esta pergunta diz respeito, novamente, ao engajamento. Uma vez que ele apresenta uma relação direta com a satisfação do trabalho e os resultados positivos obtidos, nos parece bastante razoável este resultado. Esta confiança se reforça ao verificar o resultado das duas próximas perguntas:

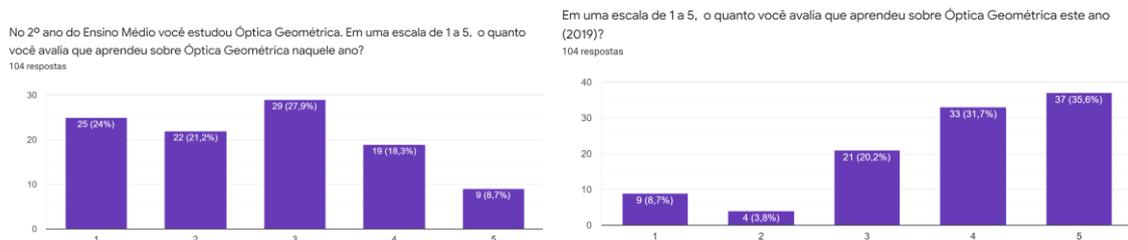


Fig.6 – Resultados do levantamento sobre percepção estudantil ao término do projeto.

Vemos um consistente resultado que aponta para a percepção positiva da importância desse projeto para a consolidação e aprendizagem de conteúdos de óptica geométrica pelos estudantes.

Por fim, fizemos a mesma pergunta discursiva da primeira prospecção:

*“Utilize esse espaço para fazer comentários, elogios, críticas etc. Você NÃO SERÁ IDENTIFICADO, então seja o mais sincero que puder. Tudo bem?”*

Dessa vez, como estávamos interessados em avaliar o projeto dividimos em apenas duas categorias as respostas. (1) Avaliações positivas/elógicas e (2) Avaliações negativas/críticas.

Tabela 5: Categoria de avaliações e exemplos de resposta para em cada categoria no final do projeto.

Categoria	Exemplo de resposta dada
1 - Avaliações positivas/elógicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- “Continue assim, Barcellos! Muito obrigada pela criatividade, pela paixão pela física, pelo carinho conosco e pelo estímulo! Que orgulho e alegria imensa ter aula com você!”</li> <li>- “Adoro as aulas e gosto muito do projeto. É uma forma de não deixar as aulas tão entediantes e nos fazer aprender mais e nos interessar”</li> </ul>
2 - Avaliações negativas/críticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- “Ainda não entendi direito a matéria”</li> <li>- “Acredito que as aulas melhoraram bastante, o aumento do número de aulas tradicionais se associou muito bem com o número de aulas fora de sala. Agora, além da descoberta própria e investigação das situações relacionadas a física em laboratório, temos a interpretação e explicação destes em sala, forma que acredito ser melhor.”</li> <li>- “Não tenho paciência para abrir o site”</li> </ul>

Fazendo uma contagem das respostas em cada categoria temos o seguinte resultado:

Tabela 6: Síntese do resultado do último levantamento do projeto.

<b>Categoria</b>	<b>Número absoluto</b>	<b>Número relativo</b>
1	26	72, 2%
2	10	27, 8%

## **VI. Avaliações e reflexões**

O projeto “Óptica com Ciência” é, sem dúvida, a minha prática docente em estado da arte. Não apenas por reunir um bom conjunto de técnicas e metodologias de ensino, mas principalmente por ser capaz de concretizar um ideário marcado por intensas transformações e fortes convicções sobre ensino e educação. Pela natureza desse empreendimento, seria injusto se referir a ele como *meu* projeto. A participação e o engajamento dos meus estudantes foram de fundamental importância para seu sucesso. Além deles, muitos outros atores desempenharam importância fulcral. A direção e coordenação apoiam muito a realização do projeto e sem eles, acredito, o sucesso seria bastante mitigado. O reconhecimento do bom trabalho por profissionais de larga experiência em múltiplos contextos educacionais é uma forte evidência do sucesso da empreitada. Por isso, penso sempre que foi *nosso* projeto de sucesso.

Partindo de premissas muito simples, o projeto foi capaz de incluir educandos que estão, tipicamente, à margem do processo educacional. Afirmo isso pensando que alguns estudantes participantes do projeto “Óptica com Ciência” possuíam algum tipo de necessidade especial. O número é pequeno em relação ao total de estudantes e nenhuma necessidade especial requereu atendimento educacional especializado. Entretanto, esse pequeno grupo foi levado em conta no planejamento das atividades. A estratégia é bem simples, oportunizar a eles, assim como para os demais estudantes, uma vivência com objetos reais e, partindo das observações realizadas pelos próprios estudantes construir um conhecimento científico/investigativo correlato à óptica geométrica. O elemento mais importante nessa estratégia é valorizar as observações simples e, partindo delas, construir um conhecimento científico significativo. A cada etapa, os estudantes são convidados a socializarem suas observações e não houve nenhuma aula expositiva na qual o objeto de estudo direto não estivesse presente. Este é um corolário dos pressupostos do projeto: não é possível estudar a natureza na escola básica de maneira satisfatória e não propedêutica sem a presença do ente natural estudado. Além das ações em sala de aula, na referida plataforma construída para se aplicar a técnica “*flipped class*” havia uma aba para contato, na qual qualquer estudante poderia escrever diretamente para mim dúvidas, sugestões e críticas. A ferramenta foi

amplamente utilizada por estes estudantes e os resultados obtidos por eles nas avaliações formais, apesar de não ser o foco do projeto, foram satisfatórios. Essa experiência constitui algo inédito na escola que, a despeito de possuir atendimento individualizado pela coordenação pedagógica, sala de estudos e facção de provas dedicadas a estudantes NEE, não possui uma cultura de trabalho docente preocupado com suas necessidades especiais.

Em dois momentos presenciais e continuamente online, foram recolhidas várias evidências e indícios do sucesso do projeto. Recolhi diversos relatos emocionantes de muitos estudantes que não apenas se engajaram no projeto, mas se encantaram com a possibilidade de – em muitos casos – pela primeira vez na sua carreira acadêmica serem protagonistas do conhecimento construído sobre a natureza. O reconhecimento tão vigoroso do projeto “Óptica com Ciência” por parte dos estudantes é, para mim, um forte indício do sucesso do projeto e do potencial que ele tem para posteriores desdobramentos.

O projeto parte de certas concepções de base, entre elas a de que uma educação científica deve ser capaz de produzir cidadãos conscientes do papel da ciência na sociedade. E, por conseguinte, cidadãos capazes de atuar, opinar e contribuir em temas científicos de relevância social. Não foi foco do projeto articular essa premissa nas aulas práticas, mas esta foi uma temática muito recorrente nos debates que surgiam. A ênfase sobre o papel importante da ciência na tomada de decisões políticas, por exemplo, esteve presente no repertório dos estudantes nessas ocasiões. Mas como não era o foco primário do projeto, essas questões ficaram em segundo plano. Entretanto, confio que entre os corolários inescapáveis das ações desenvolvidas está a da ação cidadã e uma sólida compreensão da ação do empreendimento científico na vida pública. Esta última convicção está sedimentada nas observações das posições dos meus ex-estudantes frente a atual crise sanitária proporcionada pela pandemia de COVID-19.

Outra questão que foi tratada apenas lateralmente neste trabalho diz respeito ao papel das aulas ditas “tradicionais” em contraposição a abordagem desse projeto. É preciso dizer que uma abordagem complementar e não substitutiva me parece razoável. Neste caso específico, entretanto, as aulas do projeto substituíram as ditas aulas “tradicionais”. Na seção 3.4 deste trabalho, brevemente, ressaltai que não se trata de uma abordagem disruptiva com pretensões a contrapor as aulas tradicionais. Pela própria experiência e formato escolhidos as aulas tradicionais perderam espaço, mas não há uma intenção de substituí-las em definitivo. Nos anos que se seguiram ao projeto, as atividades do projeto “Óptica com Ciência” acabaram por desempenhar esse papel complementar a que me refiro.

Reconheço também que as atividades poderiam ter sido melhor detalhadas. Deixei para trabalhos ulteriores essa demanda de detalhar algumas das abordagens utilizadas nesse projeto. Ao redigir esse artigo, me propus a explorar “os bastidores”, as intenções e escolhas epistemológicas do projeto. Certamente, por conta do espaço exíguo, perderíamos potência ao tentar abarcar todos os aspectos dessa experiência educacional. Seja por falta de contexto ou de detalhamentos.

Apesar do sucesso do projeto e da visibilidade que a ele foi dada com o Prêmio Educador Nota 10 edição 2020, devo dizer que se trata de uma prática em construção, não acabada. Inspirei-me – e continuo a me inspirar – em trabalhos extraordinários de colegas com quem tenho o prazer do convívio diário, em trabalhos de meus colegas mais distantes em outros contextos e na efervescente comunidade acadêmica que pensa e reflete sobre questões importantes sobre o ensino e a educação científica. Talvez a virtude do projeto “Óptica com Ciência” tenha sido a consistência das práticas e a audácia da implementação em um ambiente tão árido, tipicamente. Entretanto, ele apenas se soma a um conjunto vasto de boas práticas no ensino que me inspiram cotidianamente. Encorajo meus colegas, portanto, a divulgarem seus trabalhos e a participarem dos debates em torno da educação científica no Brasil.

### **Dedicatória**

A todos os professores que lutam por uma educação de qualidade no Brasil. Em especial, a meu querido pai que nos deixou no mesmo dia em que o projeto “Óptica com Ciência” foi premiado. Seu legado continua a nos inspirar.

### **Referências bibliográficas**

BERGMANN, J.; SAMS, A. Flip your classroom: Reach every student in every class every day. **International society for technology in education**, 2012.

BOLÍVAR BOTÍA, A. “De nobis ipsis silemus?”: Epistemología de la investigación biográfico-narrativa en educación. **Revista electrónica de investigación educativa**, v. 4, n. 1, p. 01-26, 2002.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

DE BARCELLOS COELHO, A. L. M. Aplicação do monocórdio e o uso de elementos musicais perceptuais como estruturantes para o ensino de conceitos da física ondulatória. 2016.

DE BARCELLOS COELHO, A. L. M. Identificando fragilidades no Ensino de Ciência na Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal. **Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal**, v. 7, n. 4, p. 93-101, 2020.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. Modelagem e o “Fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, 2008. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf>>.

FREIRE, P. **A importância do ato de ler em três artigos que se completam**. Cortez editora, 2017.

INSTITUTO PERIMETER. **Processos da Ciência. Inspirações Perimeter**. Livro 2. Perimeter Institute for Theoretical Physics, 2013.

INSTITUTO PERIMETER. **Revoluções na Ciência. Inspirações Perimeter**. Livro.

KENT, K. T.; APPLE, M. John Dewey. **Currículo sem Fronteiras**, v. 1, n. 2, p. 194-201, Jul/Dez 2001.

LARROSA, J. B. Notas sobre a experiência e o saber de experiência. **Revista Brasileira de Educação**, n. 19, p. 20-28, 2002.

LEFRANÇOIS, G. R.; MAGYAR, V.; LOMONACO, J. F. B. **Teorias da aprendizagem: o que a velha senhora disse**. Cengage Learning, 2009.

MEIRA, S. L. B. **Redes sociais como ferramenta de ensino dos fenômenos ópticos**, 2016.  
NÓVOA, A. *et al.* **Profissão, professor**, 1995.

OLAVO, L. S. F., FERREIRA, M. Teorias da aprendizagem e da educação como referenciais em práticas de ensino: Ausubel e Lipman. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 2, p. 104-125, 2018.

PEREIRA, Eliana Alves et al. A contribuição de John Dewey para a educação. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 3, n. 1, p. 154-161, 2009.

POLITO, A. M. M.; DE BARCELLOS COELHO, A. L. M. Referenciais teóricos na pesquisa em ensino de física e o caso da teoria ausubeliana. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XVII, 2018, Campos do Jordão. **Atas...**

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

SALEM, S. **Perfil, evolução e perspectivas da pesquisa em ensino de física no Brasil**. 2012. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. **Alfabetização Científica na Prática: Inovando a Forma de Ensinar Física**. Editora Livraria da Física, 2017.

SHAMOS, M. H. The Myth of Scientific Literacy. **Liberal Education**, v. 82, n. 3, p. 44-49, 1996.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/309/715>>.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#).