

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE A IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS: PROPOSTA E ANÁLISE¹

A Sequence of Inquiry Teaching about Food Irradiation: Proposal and Analysis

Ana Luiza Baumer [anaa.baumer@gmail.com]

Luiz Clement [luiz.clement@udesc.br]

Universidade do Estado de Santa Catarina

*Campus Universitário Prof. Avelino Marcante - R. Paulo Malschitzki, 200 - Zona Industrial Norte,
Joinville - SC, 89219-710*

Recebido em: 22/10/2018

Aceito em: 29/05/2019

Resumo

O ensino de física na escola básica não tem acompanhado as mudanças promovidas pelos avanços tecnológicos e tem se distanciado da realidade dos estudantes. As programações curriculares têm se centrado majoritariamente à abordagem da Física Clássica, tornando-os desatualizados frente ao avanço da produção científica e tecnológica. Visando contribuir com a superação deste quadro, desenvolvemos uma pesquisa centrada na seguinte questão: Qual a viabilidade didático-pedagógica para o processo de ensino-aprendizagem de Irradiação de Alimentos por meio de uma Sequência de Ensino Investigativa? Neste artigo, apresentamos uma análise desta SEI, desde a elaboração até a sua implementação em sala de aula. Com isso, focamos na análise dos limites e possibilidades de ensinar Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio sob uma perspectiva investigativa. Adiantamos que é viável ensinar Física Moderna e Contemporânea a partir de uma perspectiva investigativa, pois ao longo das aulas conseguimos explorar diversos aspectos considerados importantes no Ensino por Investigação, bem como, ficou caracterizado um bom interesse e envolvimento dos estudantes durante a realização das atividades da SEI.

Palavras-chave: Física Moderna; Ensino por Investigação; Irradiação de Alimentos.

Abstract

Physic's teaching in high school has not accompanied changes promoted by technological advancement and has distanced itself from student's reality. The discipline syllabus are also centered mostly on Classical Physics, making them outdated due to technological and scientific production and advancement. With the intention to overcome this status quo, we developed a research proposal centered on the following question: What is the didactic-pedagogical viability for the teaching-learning process of Food Irradiation through a Sequence of Inquiry Teaching? In this paper, we present an analysis about this Sequence of Inquiry Teaching, from its inception to its implementation in classroom. Given this premise, we focused on the analysis of limits and possibilities of teaching Modern and Contemporary Physics in an inquiry perspective. We advance it is viable to teach Modern and Contemporary Physics under a inquiry perspective, due to

¹ Apoio UDESC e CNPq.

throughout the classes we were able to explore several aspects considered important in Inquiry Teaching, revealing the students interest and involvement during the activities of this Sequence of Inquiry Teaching.

Keywords: Modern Physics; Inquiry teaching; Food Irradiation.

1. Introdução

É comum encontrar estudantes do Ensino Médio (EM) que pensam que os conteúdos abordados pelo professor de Física em sala de aula não têm relação com o cotidiano vivenciado por eles. Pesquisas apontam que os temas relacionados à Física Moderna (FM) são raramente discutidos em sala de aula (D'Agostim, 2008; Sanches, 2006;). Fica evidente uma demanda de pesquisas que tenham como foco o “como ensinar FM no EM?”. Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007) asseguram que a necessidade de uma atualização curricular é indiscutível, porém, os principais problemas encontrados se referem ao “como fazer?”, visando que “os tópicos de FM não se tornem apenas mais um ‘tópico problemático’ num currículo que necessita de uma reforma urgente” (Oliveira Vianna & Gerbassi, 2007, p. 448).

Tendo em vista que temas relacionados à radiação têm sido alvo de preconceitos, pois constantemente estabelecem relação “aos seus efeitos negativos como os acidentes, as bombas atômicas e o câncer” (Barragán, Mortimer & Leal, 2007, p. 1) e acreditando que uma solução para este problema seja levar à sala de aula discussões que permitam aos estudantes envolverem-se em reflexões e estudos sobre a utilização das tecnologias e aplicações da radiação, optou-se por selecionar um tema que estivesse dentro deste grande universo. Então, dentro de todas as possibilidades, elegeu-se a Irradiação de Alimentos como tema para ser discutido ao longo da Sequência de Ensino Investigativa, foco deste artigo. Esta temática permite explorar importantes tópicos de FM e proporciona uma reflexão a partir de um contexto cotidiano em que eles são necessários para promover uma compreensão mais abrangente e crítica sobre a irradiação de alimentos.

Portanto, para estruturar um trabalho que focasse na incorporação de FM no EM, fez-se necessário também buscar suporte em teorias de natureza didático-pedagógica, para auxiliar na elaboração e desenvolvimento das ações de ensino. Vimos no Ensino por Investigação (EI) uma perspectiva didático-pedagógica propícia, pois uma sala de aula investigativa possui algumas características que consideramos importantes no processo de ensino-aprendizagem, são elas: a) os estudantes estão engajados em questões cientificamente orientadas; b) os estudantes priorizam a evidência, o que lhes permite desenvolver e avaliar explicações que abordam questões cientificamente orientadas; c) os estudantes elaboram explicações a partir da evidência, para resolver questões cientificamente orientadas; d) os estudantes avaliam suas explicações à luz de explicações alternativas, particularmente àquelas que refletem a compreensão científica; e os estudantes comunicam e justificam as suas explicações propostas (Clement, 2013; National Research Council, 2008).

Em uma perspectiva de ensino parecida, Carvalho (2013) aponta o uso da investigação realizada por meio da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), afirmando que a sequência de ensino tem como objetivos proporcionar ao estudante

Condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciarem os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e tendo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (Carvalho, 2013, p. 7).

Cientes da demanda de pesquisas e proposições de como ensinar FM, bem como do potencial didático-pedagógico presente no EI, propusemos a elaboração, implementação e análise de uma SEI sobre o tema “Irradiação de Alimentos”. Neste artigo objetivamos apresentar uma análise sobre o processo de elaboração e implementação em sala de aula de uma SEI focada no ensino e aprendizagem de assuntos relativos à irradiação de alimentos. Com isso, focamos nossa análise, retratada neste artigo, buscou apontar limites e possibilidades de ensinar Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio sob uma perspectiva investigativa, em particular, sob a organização de uma SEI.

2. Física Moderna no Ensino Médio

Autores como Monteiro, Nardi, e Bastos Filho (2009), Gil-Pérez et al. (1987) já apresentavam indícios de que ensinar FM na educação básica seria importante para que os estudantes adquirissem uma visão mais coerente do trabalho científico superando, principalmente, a visão linear e cumulativa a ele relacionada. Para Terrazzan (1994), já na década de noventa, era evidente a necessidade de se fazer uma atualização curricular, justificando-a pela crescente influência dos conteúdos atuais para o entendimento do mundo criado pelo homem contemporâneo, “bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo” (Terrazzan, 1994, p. 210).

Neste sentido, Valadares e Moreira (1998) também defendem a incorporação de FM nos currículos do EM, pois esta física atual permite que os estudantes vejam o mundo com outros olhos. Para Pinto e Zanetic (1999), a Física estudada no século XX está longe de aparecer nos currículos da educação básica, portanto, é necessário “transformar o ensino de Física tradicional oferecido por nossas escolas em ensino que contemple o desenvolvimento da Física Moderna” (Pinto, & Zanetic, 1999, p. 7).

Ostermann e Moreira (2001) destacam algumas razões para a inserção de tópicos de FM em sala de aula do EM, dentre as quais citamos: a) despertar a curiosidade dos estudantes; b) discutir produções atuais da Física em sala de aula, tendo em vista que os estudantes não têm contato, na escola, com conteúdos de Física referentes ao período além de 1900; c) atrair jovens para a carreira científica e d) reconhecer a Física como um empreendimento humano. Os autores também afirmam que “é fundamental investir na produção de materiais didáticos sobre temas de FM acessíveis aos professores e aos alunos de nível médio” (Ostermann, & Moreira, 2001, p. 145). Para tanto, eles elaboraram uma lista de conteúdos que poderiam ser abordados no EM, buscando uma atualização curricular, são eles

Efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular, fibras ópticas (Ostermann, & Moreira, 2001, p. 21, grifo nosso).

Na mesma linha, os PCN+ (MEC, 2002) indicam que as referências para a ação pedagógica estão deixando de lado a expressão “o que ensinar?”, que muitas vezes apresentava conteúdos abstratos e distantes da realidade do estudante, e centrando-se em “para que ensinar?”, buscando preparar “o jovem para ser capaz de lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos, concepções de universo, exames médicos, notícias de jornal, e assim por diante” (MEC, 2002, p. 61). Analisando os documentos oficiais, buscamos estudar qual o papel do ensino de Física na educação básica. Neste sentido, a Proposta Curricular do Estado de Santa Catarina (SED/SC, 2014) afirma que a Física apresentada no EM

Pode servir como uma ferramenta essencial para o indivíduo mudar sua forma de pensar e agir, com vistas ao desenvolvimento de capacidades reflexivas e investigativas, instrumentando o estudante para lidar com questões ambientais, crise de energia, notícias, intervenções médicas, equipamentos tecnológicos e constituição do universo, entre tantas outras questões da contemporaneidade (SED/SC, 2014, p. 167).

Cabe ressaltar que na década de 1990-2000, a maioria dos trabalhos que abordava FM tinha como objetivo justificar a importância da inserção desses tópicos na educação básica. Na década seguinte, a partir da publicação do PCN (MEC, 2000), a preocupação das produções voltou-se ao "como fazer?", aonde se buscou discutir estratégias e apresentar alternativas aos professores que desejassem fazer tal abordagem. Tendo isto em vista, a nossa pesquisa visa contribuir na atenuação dessa lacuna, pois se encaixa no aspecto de produção de material didático sobre um tema que não é muito discutido em sala de aula, a Irradiação de Alimentos.

Neste sentido, a Base Nacional Comum Curricular cita para o ensino de Ciências Naturais e suas Tecnologias a seguinte competência, "utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica" (MEC, 2018, p. 541).

Para viabilizar o trabalho de elaboração e fomentar o desenvolvimento da ação de ensino (produto educacional), que fez parte de nosso trabalho de pesquisa, se fez necessária a busca de aporte teórico-conceitual em alguma perspectiva didático-pedagógica. Encontramos no ensino por investigação uma referência que nos pareceu frutífera e que reúne as características que julgamos importantes, tanto as que estão diretamente relacionadas ao ensino de Física quanto àquelas relativas à visão sobre a Física como área de conhecimento. Na seção seguinte, ainda que parcialmente, descreveremos alguns dos aspectos centrais relacionados ao ensino por investigação e evidenciaremos o conjunto de razões que levaram à escolha desta perspectiva didático-pedagógica.

3. Ensino por Investigação em Educação em Ciências

O ensino por investigação surgiu com o intuito de se opor ao ensino diretivo, no qual o aluno apresentava um comportamento passivo na sala de aula. De acordo com DeBoer (2006), o ensino de Ciências, tinha até meados do século XX uma preocupação essencialmente voltada à formação intelectual dos estudantes, pois era mediado pelas práticas experimentais e orientadas por uma abordagem que se dizia investigativa.

A partir da década de 50, nos EUA, passou a prevalecer a ideia da preparação de indivíduos que pudessem se tornar cientistas e formar um grupo que valorizasse e fosse simpático à Ciência (Clement, 2013). Aqui no Brasil, a preocupação era similar. Para tanto, os projetos desenvolvidos no exterior foram traduzidos e utilizados, visando à preparação "dos jovens para suprir a demanda de pesquisadores que impulsionariam o desenvolvimento científico e o conseqüente progresso do país" (Andrade, 2011, p. 4).

Em 2000, foi elaborado um volume específico de acompanhamento para detalhar e orientar professores sobre o ensino por investigação, o Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning, que teria como foco a alfabetização científica (National Research Council, 2008). Este documento evidencia que a visão de ciência neutra e desenvolvida a partir de um método único não é mais considerada a correta, mas sim, a ciência desenvolvida pelo trabalho humano (Clement, 2013; National Research Council, 2008). O Inquiry também defende que o ensino de ciências pode ser realizado a partir de uma perspectiva investigativa, aonde os estudantes podem aprender ciências e sobre ciências em um mesmo momento. Tendo tais

argumentos como base, os trabalhos no âmbito de educação científica buscaram organizar propostas de elaboração e desenvolvimento de atividades didáticas com caráter investigativo (Clement, 2013).

Diante dos debates internacionais, os PCN foram publicados e tal discussão passou a fazer parte da realidade brasileira, ainda que de forma escassa, tendo em vista a quantidade de publicações em torno da temática de ensino de ciências por investigação (Munford, & Lima, 2007; Rodrigues & Borges, 2008; Sá, Paula, Lima & Aguiar, 2007).

Carvalho (2011) defende o uso da investigação realizada por meio da SEI, pois ela prepara os indivíduos para problemas reais, que são bem diferentes dos modelos ideais abordados por meio de exercícios típicos de lápis e papel. Segundo Carvalho (2013), a SEI deverá iniciar por um problema, experimental ou teórico, que servirá para contextualizar o tópico desejado. Após a resolução, que deverá ser realizada pelos estudantes, deve-se sistematizar o conhecimento, preferencialmente por meio de um texto que permita a comparação dos resultados encontrados com os conceitos científicos abordados. É possível que, dependendo dos conteúdos abordados pela SEI, vários ciclos destas três etapas precisem ser repetidos.

A autora ainda salienta que alguns pontos devem ser considerados na elaboração de uma SEI, são eles: a participação ativa do estudante; a interação aluno-aluno; o papel do professor como elaborador de questões; a criação de um ambiente encorajador; o ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula; o conteúdo (o problema) tem que ser significativo para o aluno; a relação ciência, tecnologia e sociedade; a passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica (Carvalho, 2011). Neste sentido, é importante destacar que tanto o Ensino por Investigação em suas mais diversas vertentes, quanto a SEI buscam favorecer “(a) o desenvolvimento do raciocínio lógico, (b) o desenvolvimento de habilidades cognitivas, (c) a cooperação entre os alunos e (d) a aproximação de alguns aspectos do modus operandi de um cientista” (Santos & Campos, 2018).

A partir do levantamento de materiais sobre FM e sobre o Ensino por Investigação, cujos resultados foram brevemente apresentados ao longo deste artigo, notamos uma demanda para a produção de material didático na área de FM, bem como na área de Ensino por Investigação. Decidimos então, desenvolver uma SEI utilizando o referencial teórico de Carvalho (2013), sob uma temática ainda pouco abordada em sala de aula, a Irradiação de Alimentos.

4. Contexto de Elaboração e Implementação da Sequência de Ensino Investigativa

Tendo em vista a demanda de pesquisas e proposições de como ensinar FM, bem como do potencial didático-pedagógico presente no EI, elaboramos uma SEI que aborda um tema relacionado à FM, neste caso, a Irradiação de Alimentos. Nesta seção, apresentaremos as etapas referentes à realização do trabalho, que são: a elaboração, a coleta de dados, a implementação e a análise, sendo que esta última será detalhadamente descrita em seção específica.

4.1 Elaboração da Sequência de Ensino Investigativa

A elaboração da SEI iniciou no segundo semestre de 2015, a partir da escolha do tema “Irradiação de Alimentos”. Esse tema gerou curiosidade haja vista que o mesmo é pouco explorado no EM, além de ser atual e estar diretamente relacionado às políticas de importação, exportação e

conservação de alimentos. Posteriormente, a primeira versão da SEI foi elaborada e modificada algumas vezes. O Quadro 1 apresenta o delineamento da SEI, sendo que a primeira coluna apresenta a etapa da SEI de acordo com o que Carvalho (2013) aponta. A segunda coluna apresenta o número da aula, a terceira é referente ao foco da aula, a quarta contempla a abordagem conceitual e a quinta indica os recursos didático-pedagógicos utilizados ao longo da aula.

Quadro 1: Delineamento da Sequência de Ensino Investigativa.

<i>Etapas da SEI</i>	<i>Nome</i>	<i>Abordagem conceitual</i>	<i>Recursos didático-pedagógicos</i>
	Pré-teste: O que pensam os estudantes sobre a radiação e radioatividade?	Radiação; Radioatividade; Micro-ondas; Irradiação de Alimentos;	Pré-teste;
Proposição	Aula 1: Proposição da Problemática Central	Radiação; Radioatividade; Irradiação de Alimentos;	Vídeo; Audiovisuais; Problematização;
Resolução	Aula 2: Mãos à Obra!	Irradiação de alimentos;	Textos; Livros; Internet;
Resolução	Aula 3: Mãos à Obra! (continuação)	Irradiação de alimentos;	Textos; Livros; Internet;
Comunicação	Aula 4: Comunicando os resultados	Irradiação de alimentos;	Audiovisuais;
Comunicação	Aula 5: Comunicando os resultados	Irradiação de alimentos;	Audiovisuais;
Sistematização	Aula 6: O que falta aprender?	Irradiação de alimentos;	Quadro síntese; Audiovisuais;
Sistema-tização	Aula 7: O espectro eletromagnético	Espectro eletromagnético; Micro-ondas;	Audiovisuais; Texto; Questões;
Sistematização	Aula 8: Vamos chamá-lo de Raio-X!	Raios X	Radiografias; Texto; Questões;

Sistematização	Aula 9: Tipos de Radiação: Pensei que fosse um só!	Tipos de radiação;	Audiovisuais;
Sistematização	Aula 10: Decaindo com os átomos?	Decaimento radioativo;	Quebra-cabeça; Questões;
Contextualização	Aula 11: Contextualizando os conhecimentos	Irradiação de alimentos;	Audiovisuais;
Contextualização e Avaliação	Aula 12: Respondendo à vovó!	Irradiação de alimentos;	Carta;
	Pós-teste: Aprendizagem promovida a partir da aplicação da SEI.	Irradiação de alimentos.	Pós-teste;

A SEI é composta por doze aulas, sendo que as quatro primeiras aulas estão reservadas para a Proposição do Problema que abrange a apresentação da problemática central da sequência e à Resolução do Problema, que compreende o levantamento das hipóteses e a resolução parcial da mesma, que foi realizada pelos estudantes por meio de uma pesquisa em grupos e a apresentação de suas conclusões.

Carvalho (2013) afirma que pequenos ciclos das três etapas podem ser realizados, portanto, acreditamos que a aula cinco sirva para discutirmos e propormos novos questionamentos sobre conteúdos necessários para explicar cientificamente os processos de Irradiação de Alimentos. De tal modo, nas aulas seguintes discutimos tópicos internos à Física, de maneira que os estudantes possam vir a compreender como ocorre a Irradiação de Alimentos. Nesses momentos, foram propostas novas questões e investigações paralelas ao tema central da SEI. Sendo assim, poderíamos chamar essa etapa de Sistematização e proposição de novos problemas.

Segundo Carvalho (2013), a avaliação da aprendizagem deverá ser feita de maneira inovadora, assim sendo, adaptamos uma atividade proposta por Montanher e Pinto Neto (2011), que elaboraram uma carta fictícia que abrangia questionamentos sobre o conteúdo de Irradiação de Alimentos. Esta carta foi distribuída aos estudantes e discutida em sala de aula.

Em seguida, os alunos deveriam elaborar individualmente uma carta-resposta explicando o que haviam entendido e respondendo aos questionamentos presentes na carta que receberam. Apostamos nesta estratégia, pois, “o tom familiar da carta leva o aluno a expressar-se e raciocinar de uma forma que lhe é mais familiar que um texto acadêmico, seja um relatório, questionário, monografia, etc.” (Montanher & Pinto Neto, 2011, p. 9).

4.2 Implementação da SEI

A implementação da SEI em sala de aula aconteceu em uma turma de terceira série do turno noturno em uma escola da rede pública estadual da cidade de Joinville – SC e contou com a participação do professor da turma e 23 estudantes, cujos nomes foram substituídos por E1, E2, ..., E23 ao longo da análise. Dos 23 estudantes, 52% da turma eram do sexo feminino e os outros 48% eram do sexo masculino.

A escolha da turma aconteceu por compatibilidade de horários da pesquisadora, que a partir desse momento será chamada “professora” ou “P”, com o professor da turma, haja vista que no momento da implementação, a pesquisadora trabalhava no turno matutino e por este motivo estava impossibilitada de implementar a SEI neste horário. Havia impossibilidade de implementação no turno vespertino por não existirem turmas de terceira série que frequentassem a escola neste período. Portanto, a alternativa encontrada foi realizar a implementação no turno noturno. Por este motivo, tivemos que realizar a adequação da SEI, que estava prevista para ser abordada em aulas de 45 minutos e tivemos que reduzir o planejamento para aulas de 40 minutos.

O período de implementação da SEI abrangeu os dois últimos meses do ano letivo de 2016 e a implementação do último instrumento de pesquisa, ou seja, o questionário pós-teste coincidiu com o último dia de aula dos estudantes que foram aprovados sem recuperação. Por este motivo, devido ao fato dos estudantes em sua maioria terem sido aprovados e estarem finalizando este nível de ensino, dos 23 estudantes presentes ao longo da implementação da SEI, apenas dez participaram, responderam e entregaram os quatro instrumentos de avaliação da SEI, oito participaram, responderam e entregaram três instrumentos de avaliação, quatro participaram, responderam e entregaram dois instrumentos de avaliação e uma estudante participou, respondeu e entregou apenas um instrumento de avaliação.

4.3 Coleta de dados

Para realizar a análise da implementação da SEI, foram considerados dados advindos de observações diretas (in loco) pela professora, gravações de áudio e vídeo e materiais produzidos pelos estudantes.

A observação é uma técnica utilizada em diversas áreas e permite ao pesquisador “entrar em contato diretamente com o fenômeno estudado, utilizando, para isso, os órgãos dos sentidos como ferramentas essenciais para a exploração de uma determinada realidade” (Appolinário, 2011, p. 134). A observação costuma ter algumas vantagens, dentre elas “permite o registro do comportamento em seu contexto temporal-espacial” (Alves-Mazzoti & Gewandszajder, 1999, p. 164). Neste sentido, a professora realizou observações ao longo da implementação da SEI e anotou seus apontamentos e percepções ao final de cada uma das aulas ministradas.

Para complementar as observações apontadas pela professora e buscando auxiliar na realização da análise da implementação da SEI, realizamos gravações de áudio e vídeo. De acordo com Carvalho (2011, p. 16), “dados obtidos pelas gravações em vídeo se tornaram fundamentais para estudarmos o trabalho desenvolvido em sala de aula, uma vez que os vídeos nos mostravam o detalhamento do processo de ensino e de aprendizagem”. Ou seja, utilizamos as gravações para analisarmos com maior riqueza de detalhes as aulas que haviam sido implementadas, bem como termos uma visão mais objetiva de aspectos relacionados ao processo de ensino-aprendizagem e ao envolvimento dos estudantes ao longo das aulas.

Carvalho (2011, p. 22) também afirma que “um aspecto importante da transformação das gravações dos vídeos em dados para as pesquisas é que podemos ver e rever as aulas quantas vezes forem necessárias”. A possibilidade de ver e rever as gravações é um aspecto importante, haja vista a quantidade de detalhes que estão sempre presentes em sala de aula, sejam eles relacionados a comentários realizados pelos estudantes, aos questionamentos dirigidos ao professor ou, até mesmo, às suas reações ao serem apresentados ao conteúdo.

Os documentos produzidos pelos estudantes também foram instrumentos utilizados para a realização da análise. Os autores Alves-Mazzoti e Gewandszajder (1999, p. 169) afirmam que “no caso da educação, livros didáticos, registros escolares, programas de curso, planos de aula, trabalhos de alunos, são bastante utilizados”. Neste sentido, a resposta inicial à questão da pesquisa e uma carta utilizada como avaliação final da aprendizagem fizeram parte do elenco de produções analisadas. Para a utilização desse material, solicitamos que os estudantes, se maiores de 18 anos, ou os pais dos estudantes, quando menores de idade, assinassem um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

5. Critérios de Análise, Resultados e Discussões

Esta seção tem como objetivos apresentar os critérios de análise, os resultados advindos da implementação da SEI em sala de aula e discuti-los tendo como base os critérios elencados.

Os critérios de análise foram construídos a partir dos referenciais de Carvalho (2011) e Carvalho (2013), pois para atender aos objetivos apontados para este artigo é necessário avaliar quais e como elementos importantes do EI se fizeram presentes durante a implementação de uma SEI de FM. Para tanto, no Quadro 2 destacamos os elementos importantes que devem estar presentes em uma sala de aula investigativa e onde cada critério foi contemplado.

Quadro 2: Critérios de análise e onde foram contemplados ao longo da SEI².

Critério	Onde o critério foi contemplado
i. O problema central da SEI foi apresentado de forma natural em meio ao contexto didático criado?	Aula 1 – o problema foi apresentado após a exibição de um vídeo problematizador que abordava algumas aplicações de radiação;
ii. Os estudantes compreenderam o problema?	Aula 1 – o problema proposto foi discutido oralmente, visando sanar possíveis dúvidas quanto ao seu entendimento;
iii. Os estudantes tomaram o problema para si?	Aula 1 – os estudantes iniciam a discussão se mostrando interessados em pesquisar e encontrar respostas;
iv. Houve trabalho em grupo?	Aulas 2 e 3 – estudantes se reúnem em grupos para pesquisar sobre alimentos irradiados; Aulas 4 e 5 – estudantes, organizados nos grupos, apresentam os resultados de suas pesquisas; Aula 8 – estudantes discutem em grupos uma atividade utilizando radiografias; Aula 10 – estudantes, reunidos em grupos, montam quebra-cabeça e discutem o conteúdo sobre

² Uma análise detalhada da SEI pode ser encontrada em: Baumer, A. L. Física Moderna no Ensino Médio Sob uma Perspectiva Investigativa: a irradiação de alimentos. Dissertação de Mestrado. PPGECMT – Universidade do Estado de Santa Catarina, 2017. Link Plataforma Sucupira: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=5027210

	decaimento radioativo;
v. Emergiu uma estratégia de resolução?	Aula 1 – os estudantes discutem e apresentam uma estratégia para a resolução do problema: a pesquisa na Internet;
vi. Houve levantamento de hipóteses?	Aulas 2 e 3 – os estudantes elaboraram hipóteses quanto a resolução da questão problema;
vii. As hipóteses foram testadas? Ou seja, os estudantes conseguiram pôr essas ideias em prática;	Aulas 2 e 3 – as hipóteses foram testadas a partir de pesquisas realizadas em sites da Internet;
viii. Foram proporcionados tempo e espaço para a sistematização coletiva do conhecimento?	Aula 6 – construção de quadro síntese sobre as apresentações dos grupos realizadas nas aulas anteriores; Aulas 7, 8, 9 e 10 – discussão sobre tópicos relacionados à Irradiação de Alimentos para compreensão e resolução do problema proposto na aula 1;
ix. Os estudantes conseguiram justificar suas explicações?	Aula 12 – atividade individual realizada a partir da proposição de uma carta-resposta sobre temas trabalhados ao longo da SEI;
x. Houve espaço para sistematização individual do conhecimento?	Aulas 4 e 5 – elaboração individual de um relatório sobre os temas abordados nas apresentações;
xi. Houve sistematização dos conhecimentos?	Aula 7 – sistematização a partir de um texto sobre micro-ondas; Aula 8 – sistematização a partir de um texto sobre os raios-X; Aulas 9 e 10 – montagem de um quebra-cabeças que abordava o tema de decaimento radioativo;
xii. A sistematização foi complementar ao problema?	Aulas 6, 7, 8, 9 e 10 – os tópicos abordados foram complementares ao conteúdo de Irradiação de Alimentos;
xiii. Houve contextualização do conhecimento?	Aula 12 – o tema foi proposto a partir de uma carta que apresentava um contexto diferente do abordado ao longo da SEI;
xiv. A avaliação realizada ao final da SEI teve caráter diferenciado?	Aula 12 – foi proposta a elaboração de uma carta-resposta abordando diversos tópicos trabalhados ao longo da SEI;
xv. Relacionou-se o problema investigado a um problema social?	Aula 12 – relacionamos os tópicos abordados com a falta de conhecimento da escritora da carta encaminhada aos estudantes, além do fato da prática da irradiação de alimentos ser uma alternativa para evitar que os alimentos estragassem se transportados a longas distâncias.

A seguir, apresentamos com maior detalhamento o contexto em que cada critério apareceu e, visando facilitar a leitura, informamos que tais critérios foram grifados em negrito.

O **primeiro critério** apareceu na primeira aula, quando foi apresentado o problema central da SEI. Para tanto, criou-se um contexto, buscando fazer com que os estudantes se interessassem pelo tema que seria estudado ao longo da SEI. Apresentamos um vídeo problematizador que abordava diversos tipos de radiação e suas aplicações em diferentes áreas, tais como indústria, medicina, arqueologia. Questionamos se os estudantes já conheciam essas aplicações, momento no qual recebemos muitas respostas positivas, onde os estudantes citaram os raios-x e o micro-ondas como termos já conhecidos.

Posteriormente, apresentamos a parte do vídeo que evidenciava a utilização da radiação na agricultura, retomando em seguida o diálogo sobre o tema apresentado a partir de alguns questionamentos, tais como: Será que existe alguma diferença entre irradiar um alimento ou esquentá-lo no micro-ondas? Para o qual o estudante E15 informou que existe diferença, pois o micro-ondas apenas aquece os alimentos, mas não soube informar o que a Irradiação de alimentos faz; Vocês já tinham ouvido falar sobre a Irradiação de Alimentos? Ao qual diversos estudantes balançaram a cabeça negativamente; Como vocês acreditam que esta técnica é implantada? Questionamento em que o estudante E15 cita que é uma prática utilizada nas plantações e que tem o intuito de eliminar as pragas, enquanto o estudante E17 afirma que é um tipo de tratamento do solo e questiona se isso pode fazer mal à saúde.

Neste momento, o problema central da SEI é apresentado de forma articulada à discussão, pois está diretamente relacionado ao questionamento realizado pelo estudante E17, como pode ser verificado a seguir:

A radiação também pode ser aplicada aos alimentos e às sementes de plantas que se tornarão alimentos. Mas será que essa técnica, chamada de irradiação, oferece algum risco à saúde do consumidor? A questão é: Você comeria um alimento irradiado? Por quê?

A discussão foi retomada e os estudantes levantaram a hipótese de que já consumiam alimentos irradiados e não sabiam, o E14 faz a seguinte afirmação: “acho que a gente já come e não sabe!”. Em seguida, a professora indagou os estudantes: “será? Será que aqui no Brasil os alimentos que são comercializados já são irradiados?”, respondido prontamente por E14, com o apoio de seus colegas: “Acho que **precisamos** fazer algumas pesquisas para descobrir!”. O fato de o estudante ter se incluído e ter sido apoiado por seus colegas no momento do fazer pesquisa, evidencia que eles tomaram o problema para si e que neste momento mostraram interesse em buscar respostas para os questionamentos apresentados, evidenciando a presença do terceiro critério elencado anteriormente.

Após a apresentação da questão central da SEI e da discussão posterior, foi entregue a cada estudante uma cópia desta questão impressa em uma folha, na qual havia linhas para que os estudantes respondessem à pergunta, individualmente, por escrito. Em seguida, a questão foi discutida oralmente, buscando sanar possíveis dúvidas que os estudantes pudessem apresentar com relação ao problema central (**segundo critério**).

Com o auxílio dos estudantes, foram delineados os passos a serem tomados com relação à aplicação da SEI, característica que mostra o envolvimento deles com relação às ações que seriam realizadas em seguida. Quando questionados sobre quais seriam os próximos passos, emerge do grupo a seguinte sugestão: descobrir como é o processo de irradiação de alimentos e o estudante E14 recomenda realizar uma pesquisa na Internet para encontrar as respostas necessárias. Sendo

assim, observamos que o estudante conhece os passos necessários para encontrar uma resposta a uma questão que lhe foi apresentada, indicando a pesquisa como fonte de conhecimento e estratégia de resolução do problema (**quinto critério**).

De acordo com Carvalho (2013), é importante que os estudantes trabalhem em grupo, visto que se sentem mais à vontade para discutir o problema de pesquisa apresentado e sanar suas dúvidas com seus colegas. Assim sendo, atendendo ao **quarto critério**, solicitamos que os estudantes se dividissem em grupos, optamos em deixar que os estudantes escolhessem o grupo que gostariam de trabalhar, pois, desta forma, eles se sentem com mais liberdade para exporem seus pensamentos, enriquecendo a discussão.

Os estudantes se dividiram em seis grupos para pesquisarem os temas relacionados à Irradiação de Alimentos (Carnes, Frutas, Cereais, Tubérculos e Frutos do Mar) e utilizaram a segunda e a terceira aulas da SEI para investigarem o problema central da SEI, buscarem evidências e pesquisas que fossem cientificamente aceitas para justificar a resposta atribuída à questão central e elaborassem uma apresentação indicando o que foi pesquisado nos pequenos grupos.

Para tanto, a sala de informática foi reservada neste dia, tendo em vista que isto permitiria aos estudantes terem acesso à internet e aos materiais necessários para a elaboração da apresentação. Assim sendo, os grupos poderiam discutir o problema, elaborar hipóteses (**sexto critério**) e testá-las (**sétimo critério**) com o auxílio da pesquisa na internet.

Acompanhamos o áudio da equipe número 2, que era composta pelos estudantes E11, E19, E20 e E22 e selecionou o tema Frutos do Mar. As hipóteses levantadas por esse grupo tinham relação com a natureza do processo de irradiação e a mutação de peixes, que foi descartada após a verificação de que a Irradiação de Alimentos está relacionada à conservação de alimentos, enquanto que a aparição de peixes mutantes está interligada a regiões em que desastres nucleares ocorreram, animais expostos a regiões radioativas e/ou adaptação destes animais. Também foi discutida a questão da finalidade da irradiação, que como mencionado anteriormente, buscava aumentar a vida útil dos alimentos, permitindo sua exportação e sua comercialização por mais tempo. As hipóteses foram testadas a partir de pesquisas realizadas na rede e suas conclusões foram expostas e discutidas nas aulas seguintes.

As aulas 4 e 5 tinham como objetivos propor um espaço de discussão e debate sobre tópicos relacionados à questão central da SEI. Para tanto, era necessário que os estudantes apresentassem o alimento irradiado selecionado, bem como os processos de irradiação e outras informações relacionadas a esta escolha; discutissem no grande grupo as dúvidas e apresentações e elaborassem um relatório sobre as apresentações dos colegas contendo as principais informações apresentadas e discutidas. A professora também solicitou que os estudantes fossem anotando individualmente as suas observações e possíveis dúvidas ao longo da apresentação dos colegas (**décimo critério**) e informou que esse relato seria discutido e recolhido ao final da aula. Algumas informações deveriam constar nas apresentações, dentre elas: O tema escolhido, o alimento selecionado dentre os indicados, a dose utilizada no tratamento da irradiação do alimento em questão e o processo de irradiação utilizado para irradiar o alimento escolhido. De modo geral, notou-se grande envolvimento tanto dos estudantes que estavam apresentando quanto dos estudantes que estavam assistindo as apresentações de seus colegas.

Na aula 6, com o objetivo de retomar as discussões iniciadas nas aulas anteriores e sistematizar coletivamente os tópicos discutidos até o momento (**oitavo critério**), algumas questões foram elencadas e o Quadro 3 foi construído com o auxílio dos estudantes.

Quadro 3: Quadro síntese das apresentações sobre a Irradiação de Alimentos.

Grupos	Integrantes	Alimento	Processo de irradiação	Doses
1	E4, E5, E15 e E18	Cenoura	Gama -> Césio 137	0,0 – 2,0kGy
2	E11, E19, E20 e E22	Mexilhões Bacalhau	Gama	2kGy 5 – 10kGy
3	E1, E3, E7 e E10	Carnes	Gama -> Cobalto 60	2 – 8kGy
4	E6, E8 e E13	Grupo não apresentou		
5	E2, E14 e E17	Cereais	Gama -> Cobalto 60	2 – 10kGy
6	E9, E12, E16 e E21	Abacaxi	Beta	0,5kGy

Isto fez com que os estudantes tivessem uma visão mais sintética do que havia sido discutido, organizassem seus conhecimentos e foi possível perceber que ela promoveu maior envolvimento, pois favoreceu a participação dos estudantes.

Buscando iniciar o momento de sistematização do conhecimento (**décimo primeiro critério**), que se estendeu durante as aulas sete, oito, nove e dez da SEI, a sétima aula teve como objetivos: i. Discutir os termos radiação e radioatividade; ii. Discutir o espectro eletromagnético; iii. Relacionar as frequências presentes no espectro eletromagnético com situações vivenciadas no cotidiano; iv. Diferenciar as frequências utilizadas na irradiação dos alimentos e na radiação de micro-ondas e, v. Discutir o funcionamento e os princípios fundamentais das micro-ondas. Para tanto, foi utilizada uma apresentação de slides na qual constavam imagens para auxiliar na explicação dos conteúdos a serem trabalhados.

A aula 8 teve como objetivos terminar a discussão do questionário referente ao texto do micro-ondas trabalhado na aula anterior e discutir os fenômenos relacionados aos Raios X. Primeiramente, foram discutidas as questões referentes ao questionário do texto sobre micro-ondas. Em seguida, foi realizada uma atividade utilizando radiografias e discutidas questões referentes à natureza desse tipo de radiação.

A aula 9 tinha como objetivos i. Discutir o questionário a respeito de raios-X que não foi discutido na aula anterior; ii. Discutir o conteúdo de tipos de radiação e iii. Compreender as diferenças entre radiação alfa, beta e gama. Para tanto, utilizou-se uma apresentação de slides visando a possibilidade de exemplificar cada caso. Esta aula serviu de base para a atividade reservada para a aula 10 da SEI, que tinha como objetivo principal fazer com que os estudantes compreendessem a diferença entre as radiações e como elas são produzidas. Para tanto, foi utilizado um quebra-cabeça (SEE/SP, 2008), que os estudantes sugeriram chamar de dominó, que indicava o caminho que os elementos Tório e Urânio percorriam até originarem um núcleo de Chumbo. Esta aula, no contexto geral da SEI, objetivava mostrar como os elementos naturalmente radioativos se comportam e como podem se transformar em outros elementos a partir do decaimento radioativo. Esta foi a última aula dedicada especificamente à Sistematização do conhecimento. Consideramos importante inserirmos conceitos como os tipos de radiação, espectro eletromagnético, raios-X e micro-ondas, pois são conteúdos complementares ao problema central da SEI (**décimo segundo critério**) e que normalmente não fazem parte do plano de ensino da maioria dos professores de Física de nível básico.

Na aula 11, contextualizamos os conhecimentos que foram construídos até o momento. Para isso, os objetivos eram i. Retomar o problema central da Sequência de Ensino Investigativa; ii. Debater os conteúdos abordados ao longo da SEI; iii. Relacionar os conteúdos com aplicações que auxiliem na resolução do problema central da SEI.

Foram revistos os conteúdos de raios-X, a diferença entre radiação e radioatividade, além de apresentar as radiações ionizantes e não ionizantes a partir do espectro eletromagnético. Também foi revisto o conteúdo de micro-ondas, salientando-se suas aplicações tanto na utilização para aquecimento dos alimentos, quanto em seu uso nas telecomunicações. Os tipos de radiação alfa, beta e gama bem como seu decaimento foram lembrados a partir da menção à atividade do quebra-cabeça. Em suma, foram apresentadas as diversas aplicações das radiações, tendo em vista as descobertas tecnológicas e o problema central da SEI (**décimo terceiro critério**).

Em seguida, retomamos o tema central da SEI, a Irradiação de Alimentos, bem como a tabela sintética construída na sexta aula da sequência. Os estudantes lembraram as apresentações realizadas, os alimentos que podiam ser irradiados, as taxas de radiação que eram submetidas a esses alimentos e as fontes de radiação que eram utilizadas para que isso fosse realizado.

A professora ainda explicou como o processo de Irradiação de Alimentos era realizado, citando que os alimentos eram submetidos a taxas de radiação controladas e que isso servia para impedir a multiplicação de microrganismos causadores da deterioração do alimento e inibir a maturação de algumas frutas e legumes.

Com o objetivo de avaliar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes ao longo da aplicação da SEI, a atividade da aula 12 consistia na elaboração de uma carta para uma avó fictícia, na qual os estudantes deveriam abordar diversos conceitos e conteúdos que foram discutidos durante as aulas da SEI.

Acreditamos que a elaboração de uma carta-resposta individual pelos estudantes é uma atividade diferenciada, pois eles não estão acostumados com avaliações dessa natureza na disciplina de Física (**décimo quarto critério**). Além de verificarmos o entendimento dos estudantes enquanto participantes da implementação da SEI, os estudantes também puderam exercitar a escrita e a argumentação, características importantes no processo de ensino-aprendizagem (MEC, 2016).

A carta da vovó Deolinda apresentava um problema social, referente à falta de conhecimento da avó sobre o processo de irradiação de alimentos. A carta escrita pela vovó, e que seria respondida pelos alunos, continha comentários sobre a instalação de uma empresa que irradiava e comercializava alimentos irradiados e isto fazia com que estes alimentos durassem mais e que não continham bichos. Portanto, relacionou-se o problema estudado, a irradiação de alimentos, com um problema social, que seria a falta de informação da avó sobre a irradiação de alimentos (**décimo quinto critério**).

Dentre diversos questionamentos presentes na atividade, apresentaremos a análise das duas questões que mais se aproximam do problema central da SEI, que são:

Percebe-se que pela análise da primeira questão apresentada na carta da Vovó Deolinda, “O que é um alimento irradiado?” a maioria dos estudantes conseguiu relacionar o alimento irradiado com aquele que recebe tratamento de radiação para matar os micro-organismos nele existentes e com isso fazer com que ele dure mais. Trazemos como exemplos trechos retirados das cartas dos estudantes

Através desta quero te dizer que um alimento irradiado é um alimento que recebe radiação para matar todos os micro-organismos, bactérias, entre outros decompositores, com esse processo aumenta a vida útil dos alimentos (E1)

Um alimento irradiado é aquele que recebe baixas quantias de radiação para eliminar as bactérias e durar mais (E15)

Um alimento irradiado é aquele que sofreu uma dose controlada de radiação ionizante para assim se obter benefícios sobre um alimento como a conservação do alimento (E19)

Nota-se que alguns estudantes, ao informarem à avó o que é um alimento irradiado, escreveram que é o que sofreu uma dose controlada de radiação, e não o alimento que recebeu uma dose controlada de radiação. Essa é uma observação que deveria ser levada em consideração caso houvesse tempo para retomar o conteúdo e informar os estudantes sobre a utilização do termo correto.

Podemos considerar unânimes as respostas à questão “Você comeria um alimento irradiado?”, pois todos os estudantes afirmaram que comeriam esse alimento por não considerarem que tragam algum prejuízo à saúde do consumidor. A seguir são apresentados alguns trechos das cartas-respostas que tecem esses comentários.

Os alimentos irradiados não fazem mal a saúde, pois recebem radiação na dose certa, então você pode comer, eu comeria! (E11)

Como várias frutas e verduras irradiadas, pois sei que não vão me fazer mal nenhum (E17)

Eu particularmente para comer um alimento irradiado, eu teria que saber de todos os procedimentos desse processo (E19)

Podemos verificar que os estudantes E11 e E17 afirmam que comeriam os alimentos irradiados, pois afirmam que não fazem mal à saúde. A estudante E19 salienta que para comer, precisaria saber como aconteceu o processo de irradiação de tais alimentos, sendo que mesmo assim ela não descarta a possibilidade de ingeri-los.

Diante desta análise, é possível perceber que os estudantes conseguiram responder à maioria das questões e justificar suas respostas (**nono critério**) utilizando os conceitos estudados ao longo da SEI.

6. Considerações Finais

Cientes de que inserir FMC no EM é uma necessidade, vimos no Ensino por Investigação uma alternativa para melhorar a formação dos estudantes, tanto no âmbito do contato com a “Nova Física”, quanto no que diz respeito à autonomia e criticidade. Por esse motivo, a nossa questão e os nossos objetivos remetem ao Ensino por Investigação. Tendo isso em vista, buscamos artigos, teses e dissertações nessa área e elaboramos a terceira seção, que tece comentários importantes sobre o Ensino por Investigação, bem como características fundamentais de aulas investigativas. Esses trabalhos, em especial os de Carvalho (2011) e Carvalho (2013), nos auxiliaram a definir os critérios de análise da implementação da SEI, permitindo avaliar quais e como elementos importantes do Ensino por Investigação se fizeram presentes durante a implementação da SEI de FMC. Ao realizarmos a análise da implementação da SEI, constatamos que todos os critérios criados foram contemplados, como pode ser verificado no Quadro 2.

Devemos salientar que, nas aulas dois e três, destinadas à pesquisa dos grupos para a posterior apresentação dos temas, os estudantes, quando não encontraram o que procuravam no Google convencional, realizaram buscas no Google Acadêmico e obtiveram muitas informações apresentadas em artigos científicos publicados nas áreas. A leitura de materiais desta natureza serviu para aproximar ainda mais os estudantes da produção científica atual, contribuindo para a formação de cidadãos que saberão como esta se dá e como buscá-la.

Portanto, podemos concluir que os nossos objetivos foram atingidos. Assim, entendemos que as atividades da SEI analisadas auxiliaram no processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de Irradiação de Alimentos, bem como de temas relacionados. Também pudemos perceber ao longo da implementação, que os estudantes se mostraram envolvidos com o conteúdo e que buscavam realizar as atividades.

A experiência com a implementação desta SEI sugere que há viabilidade didático-pedagógica para se ensinar FMC sob uma perspectiva investigativa. A perspectiva adotada, isto é, o ensino por meio de uma sequência impõe alguns desafios, quais sejam: i. Encontrar um problema central que se mantenha ao longo das aulas; ii. Atenção e preparação do professor para condução das aulas; iii. Apresentar estratégias e recursos didáticos que favoreçam a investigação; iv. Manter o espírito investigativo dos estudantes ao longo das aulas, entre outros.

Julgamos que a pesquisa na área deva seguir desenvolvendo estudos que priorizem o “como ensinar” FMC no EM, bem como sua viabilidade sob uma perspectiva investigativa. Em nosso caso, o produto educacional (SEI) elaborado (pode ser encontrado na plataforma eduCAPES sob o link: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/204184>), tende a contribuir com a lacuna ou o desafio de fomentar o trabalho didático-pedagógico dos professores que queiram se dedicar ao ensino de FMC no Ensino Médio. Neste sentido, outros trabalhos podem dialogar com os resultados desta pesquisa e, no conjunto, suprir demandas abertas na área de pesquisa em Ensino de Física e fomentar a ação do professor no dia-a-dia da sala de aula.

7. Referências

- Appolinário, F. (2011). *Metodologia da Ciência: filosofia e prática da pesquisa*. São Paulo: Cengage Learning.
- Baumer, A. L. (2017). Física Moderna no Ensino Médio Sob uma Perspectiva Investigativa: a irradiação de alimentos. *Dissertação de Mestrado*. PPGECMT, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, Brasil.
- Clement, L. (2013). Autodeterminação e Ensino por Investigação: construindo elementos para promoção da autonomia em salas de aula. *Tese de Doutorado*. PPGECT, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
- Barragán, P., Mortimer, E. F., Leal, A. (2007, novembro). Avaliação preliminar sobre o conceito de radiação e algumas de suas tecnologias: ideias informais de estudantes do ensino médio. *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, SC, Brasil, 6.
- Carvalho, A. M. P. (2011). Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In F. M. T. Santos, I. M. Greca (Eds.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias* (Vol. 1, 2a ed., pp. 13-47). Ijuí, RS: Unijuí.

- Carvalho, A. M. P. (2013) O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas. In A. M. P. Carvalho (Org.). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula* (Vol. 1, 1a ed., pp. 1-15). São Paulo, SP: Cengage Learning.
- Carvalho, A. M. P. (2011). Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In M. D. Longhini (Org). *O Uno e o Diverso na Educação* (Vol. 1, 1a ed., pp. 253 – 266). Uberlândia, MG: EDUFU. Recuperado em 15 junho, 2015, de http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/276017/mod_resource/content/1/TEXT05_SEI.pdf.
- D'Agostim, A. (2008). *Física moderna e contemporânea: com a palavra professores do ensino médio*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. Recuperado em 11 junho, 2015, de http://www.ppge.ufpr.br/teses/M08_dagostin.pdf.
- Deboer, G. E. (2006). Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools. In L. B. Flick, N. G. Lederman (Eds.). *Scientific Inquiry and Nature of Science: implications for teaching, learning and teacher education* (Vol. 25, pp. 17-35). Norwell: Kluwer Academic Publishen.
- Gil Perez, D., Torregrosa, J. M., Ramírez, L., Carrée, A. D., Gofard, M., Carvalho, A. M. P. (1992). Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 9(1), 7-19. Recuperado em 15 junho, 2015, de <http://www.if.ufrrj.br/~marta/aprendizagememfisica/cadbrasensfis-v9-n1-a1.pdf>.
- Loch, J., Garcia, N. M. D. (2009, novembro). Física Moderna e Contemporânea na Sala de Aula do Ensino Médio. *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis, SC, Brasil, 7.
- MEC. (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Recuperado em 11 junho, 2015, de portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf.
- MEC. (2002). *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Recuperado em 24 setembro, 2015, de portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf.
- MEC. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação.
- Montanher, V. C., Pinto Neto, P. C. (2011) O caso da irradiação de alimentos: contexto e pretexto para o ensino de Física. *Anais do Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus, AM, Brasil, 19.
- Monteiro, M. A., Nardi, R., Bastos Filho, J. B. (2009). Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e a formação de professores: desencontros com a ação comunicativa e a ação dialógica emancipatória. *Ciência & Educação*, 15(3), 557-580. Recuperado em 1 dezembro, 2015, de www.scielo.org.ar/pdf/reiec/v8n1/v8n1a01.pdf.
- Munford, D., Lima, M. E. C. C. (2007). Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? *Revista Ensaio*, 9(1), 89-111. Recuperado em 23 setembro, 2015, de <http://www.scielo.br/pdf/epec/v9n1/1983-2117-epec-9-01-00089.pdf>.
- NRC (2008). *Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning* (10th Printing, 202p.) Washington, DC: National Academy Press.

- Oliveira, F. F., Vianna, D. M., Gerbassi, R. S. (2007). Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(3), 447-454. Recuperado em 1 dezembro, 2015, de www.scielo.br/pdf/rbef/v29n3/a16v29n3.pdf.
- Ostermann, F., Moreira, M. A. (2001) Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio". *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(1), 23-48. Recuperado em 10 junho, 2015, de www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID57/v5_n1_a2000.pdf.
- Pinto, A. C., Zanetic, J. (1999). É possível levar a física quântica para o ensino médio? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 16(1), 7-34. Recuperado em 22 setembro, 2015, de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6873/6333>.
- Rodrigues, B. A., Borges, A. T. (2008). O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. *Anais do Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Curitiba, PR, Brasil, 11.
- Sá, E. F., Paula, H. F., Lima, M. E. C. C., Aguiar, O. G. (2007) As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso especialização em ensino de ciências. *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Florianópolis, SC, 6.
- Sanches, M. B. (2006). *A física moderna e contemporânea no ensino médio: qual sua presença em sala de aula?* Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Santos, R. A. (2016). *O desenvolvimento de Sequências de Ensino Investigativas como forma de promover a alfabetização científica dos alunos dos anos iniciais do ensino fundamental*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia.
- Santos, D. O., Campos, J. G. (2018). Óptica Geométrica sob a luz de atividades investigativas no ensino fundamental. *Experiências em Ensino de Ciências*, 13(4), 212-225. Recuperado em 7 setembro, 2018, de <http://if.ufmt.br/eenci/index.php?go=artigos&idEdicao=64>.
- SED SC (2014). *Proposta Curricular de Santa Catarina*. Formação Integral na Educação Básica. Estado de Santa Catarina: Secretaria de Estado da Educação. Recuperado em 24 setembro, 2015, de http://www.propostacurricular.sed.sc.gov.br/site/Proposta_Curricular_final.pdf
- SEE/SP. Secretaria de Estado da Educação de São Paulo. *Proposta Curricular*. Caderno do Professor. Física. São Paulo: IMESP. 2008. Recuperado em 30 janeiro, 2018, de http://www.rizomas.net/images/stories/artigos/Prop_FIS_COMP_red_md_20_03.pdf.
- Terrazzan, E. A. (1994). *Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Valadares, E. C., Moreira, A. M. (1998). Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15(2), 121-135. Recuperado em 11 junho, 2015, de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10026>.