

DESIGN DE UMA TLS SOBRE RADIOATIVIDADE

DESIGN OF A TLS ON RADIOACTIVITY

Carlos Alexandre Batista

Mestrado em Educação em Ciências – UESC Bahia

casbatistauesc@gmail.com

Maxwell Siqueira

Universidade Estadual de Santa Cruz - Departamento de Ciências Exatas e
Tecnológicas

maxwellsiqueira@hotmail.com

Yasmin Reis

Mestrado em Educação em Ciências – UESC Bahia

yasmin.fisica@gmail.com

Resumo

O contínuo desenvolvimento do conhecimento científico e a insatisfação com o ensino de Ciências, em especial, o de Física, nos últimos anos, têm gerado uma crescente demanda entre pesquisadores e professores, acerca de uma efetiva inovação curricular na Educação Básica. Todavia, poucos são os trabalhos que investigam como essa inovação curricular acontece em ambientes reais de salas de aula. Dessa forma, apresentamos o percurso teórico-metodológico para o desenho e validação interna de uma *Teaching-Learning Sequence (TLS)* sobre a radioatividade. Os resultados obtidos com a implementação em sala de aula, sua função no processo de validação e redesenho da nova *TLS*, bem como as mudanças estruturais ocorridas nas aulas e atividades para implementá-la em outros contextos, denotando um importante papel desse tipo de pesquisa, quando pensamos, na efetiva inovação curricular de Física por meio da FMC.

Palavras-chave: física moderna e contemporânea, tls, ensino de radioatividade.

Abstract

The continuous development of scientific knowledge and dissatisfaction with the teaching of science, in particular physics in recent years have generated a growing demand among researchers and teachers, due to an effective curriculum innovation in basic education. However, few studies investigate how this curriculum innovation happens in real environments classroom. Thus, we present the theoretical and methodological approach for the design and internal validation of a *Teaching-Learning Sequence (TLS)* on radioactivity. The results obtained with the implementation in the classroom, their role in the validation process and redesign of the new *TLS* as well as the structural changes in the classes and activities to implement it in other contexts, show an important part of this research, when we think, the effective curriculum innovation Physics by FMC.

Keywords: modern and contemporary physics, *tls*, radioactivity of teaching.

Introdução

O contínuo desenvolvimento do conhecimento científico e a insatisfação com o ensino de Ciências (Física), nos últimos anos, têm gerado uma crescente demanda entre pesquisadores e professores acerca de uma efetiva inovação curricular na Educação Básica. Nessa perspectiva, a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC), nas últimas duas décadas, tem sido uma das alternativas para alcançar esse empreendimento. Todavia, poucos são os trabalhos que buscam investigar como essa inovação curricular acontece, de fato, em ambientes reais de sala de aula (PEREIRA; OSTERMANN, 2009).

Dessa forma, este trabalho apresenta o desenho e os passos para a “*avaliação interna*” de uma *Teaching-Learning Sequence* (MÉHEUT; PSILLOS, 2004) ou sequência de ensino-aprendizagem, sobre um tópico de FMC, a radioatividade. Nossa pesquisa tem como principal objetivo, compreender o processo de ensino-aprendizagem dos tópicos de FMC em ambientes reais de salas de aula (COLLECTIVE, 2003; MÉHEUT; PSILLOS, 2004) e criar subsídios necessários para a sobrevivência desses saberes no currículo escolar de Física no país e, principalmente, nos currículos dos cursos técnicos de nível médio, predominantes em nossa região do sul da Bahia.

Para isso, lançamos mãos aos referenciais teórico-metodológicos da *Design-Based Research* (DBR) e da *Teaching-Learning Sequence* (TLS), que no Brasil, apesar de pouco difundidos, vêm sendo utilizados por alguns grupos em suas pesquisas (NICOLAU *et al.*, 2013).

Segundo Nicolau *et al.* (2013), as pesquisas que se propõem trabalhar em ambientes reais de salas de aula, utilizando os referenciais DBR-TLS, constituem um movimento consistente de pesquisadores em níveis internacionais (COLLECTIVE, 2003) que buscam preencher as lacunas e limitações do ensino tradicional para atuar com mais intensidade na produção de conhecimentos destinados à sala de aula.

Design-Based Research (DBR) e Teaching-Learning Sequence (TLS)

A *Design-Based Research* (DBR), Pesquisa Baseada em Desenho, como referencial teórico-metodológico, surge das preocupações dos pesquisadores de diversas instituições do mundo para criar um elo coerente entre as demandas teóricas subjacentes ao ensino de Ciências e as práticas educacionais em sala de aula. Tem como propósito, o desenho de uma intervenção como um objeto de pesquisa, mas também busca compreender as necessidades dessas demandas no processo de ensino-aprendizagem (COLLECTIVE, 2003).

Segundo Nicolau *et al.* (2013), a *American Educational Research* relata que as pesquisas baseadas em DBR possuem cinco características importantes que guiam o desenvolvimento do desenho de intervenção, rumo aos dados e respostas de pesquisas mais confiáveis. A primeira associa os objetivos centrais (*protoprincípios de design e hipótese de design*) às teorias específicas, revelando uma atitude ativa do pesquisador ao tentar controlar os parâmetros observados no desenho da sequência (NICOLAU *et al.*, 2013). A segunda, diz respeito aos procedimentos para a validação dos conhecimentos, a partir de um processo cíclico de desenho, aplicação, análise e redesenho. O intuito é garantir que as modificações ou inclusões de novos parâmetros sejam avaliadas ciclo a ciclo e produzam um conjunto de respostas transferíveis a outros contextos (NICOLAU *et al.*, 2013). A terceira qualifica os

resultados obtidos ao compartilhar sua relevância aos demais professores e pesquisadores. A quarta refere-se ao contexto de aplicação para que sua singularidade possa render dados expressivos e compatíveis com as demandas do ensino, a Educação Básica. Por fim, a quinta recomenda o uso de metodologias que registrem e assegurem uma conexão entre os resultados e as aplicações das sequências de ensino-aprendizagem (NICOLAU *et al.*, 2013).

Collective (2003) argumenta que, ao combinar pesquisa educacional empírica com a teoria, em ambientes de aprendizagem, a *DBR* torna-se um referencial teórico-metodológico importante para compreender como, quando e, porque, as inovações educacionais funcionam na prática.

Na busca dessa compreensão sobre o funcionamento das inovações educacionais, Nicolau *et al.* (2013) relatam que uma sequência de artigos foi publicada por um grupo de pesquisadores franceses em 2004, condensando um conjunto de investigações realizadas desde do início dos anos 80, em uma perspectiva que abordavam o ensino de Ciências por tópicos (óptica, relatividade, dentre outros).

Inicialmente, essa perspectiva para o ensino de Ciências foi levada ao conhecimento da comunidade de pesquisadores por Lijsen, na década de 1994, sobre o termo da *TLS* (MÉHEUT; PSILLOS, 2004). Mais tarde, em 2004, Lijsen e Klaassen (2004) passam a defender a existência de uma noção de “*qualidade didática*”. Suas principais intenções eram de não só validar os resultados produzidos com as intervenções, como também entender esse desenho, a *TLS*, como uma “*estrutura didática*”, fruto de uma “Pesquisa de Desenvolvimento” e, ou um objeto de pesquisa (LIJSEN; KLAASSEN, 2004).

Enquanto a “*qualidade didática*” está relacionada com a busca de “melhores maneiras” de ensinar e aprender determinados tópicos de Ciências em pacotes menores do currículo, em detrimento de unidades letivas, o conceito de “*estrutura didática*” estabelece as condições de contorno para o desenho da *TLS* (LIJSEN; KLAASSEN, 2004). Seu objetivo é o entrelaçamento do desenho e a aplicação de uma sequência de ensino-aprendizagem sobre um tópico específico, geralmente com duração de algumas semanas, em um processo evolutivo, cíclico e iluminado por ricos dados de pesquisa (MÉHEUT; PSILLOS, 2004).

No modelo de “*estrutura didática*”, o desenho de uma sequência de ensino-aprendizagem é orientado por seis fases. A **fase um** (1) - orienta evocando um interesse global, ou seja, as concepções espontâneas dos estudantes sobre um conceito científico específico e o motivo de estudo do tópico em questão (implicações sociais, éticas, científicas, tecnológicas, históricas e ambientais) (LIJSEN; KLAASSEN, 2004). A **fase dois** (2) - estreita esse motivo global com o conceito científico que se deseja ensinar para que os próprios estudantes possam despertar suas necessidades de aprender novos conhecimentos (LIJSEN; KLAASSEN, 2004). A **fase três** (3) - tem a função de entender o conhecimento existente dos estudantes, a partir do motivo global e guiá-los na apropriação do conceito específico. Isso se dar em um processo de sistematização dos novos conhecimentos abordados, buscando sempre a sua conceitualização (LIJSEN; KLAASSEN, 2004). A **fase quatro** (4) - tem a função de permitir que os estudantes, após o processo de sistematização, apliquem os conhecimentos em outras situações. A **fase cinco** (5) - tem a função de possibilitar uma reflexão nos estudantes após a **fase quatro** (4), permitindo que eles percebam se os conhecimentos aprendidos fornecem, ou não, subsídios para resolverem situações-problemas, a partir dos contextos das implicações acerca do conhecimento. Por fim, a **fase seis** (6) - recomenda uma avaliação de cada uma das fases para que seja compreendido, em que medida, professor e estudantes devem se aprofundar no processo de construção dos novos conhecimentos (LIJSEN; KLAASSEN, 2004).

Para Lijsen e Klaassen (2004), essas fases constituem os parâmetros guia para as aulas e atividades que devem ser pensadas com criatividade. Deve-se buscar construir relações coerentes entre essas aulas e as atividades, sempre visando às funções das mesmas no processo de ensino-aprendizagem. Em uma dimensão prática, essas relações são direcionadas a partir do levantamento das concepções prévias dos estudantes sobre o conceito que se deseja ensinar. Nessa perspectiva, o desenho de uma *TLS* deve ser orientado pela seguinte premissa teórica: a construção de novos conhecimentos pelos estudantes só são possíveis a partir das bases de conhecimentos já existentes em sua estrutura cognitiva (LIJSEN; KLAASSEN, 2004).

Como forma de materializar essas fundamentações teóricas, Lijsen e Klaassen (2004) utilizam uma abordagem chamada de “*problematizadora*”, cuja função está ligada com a problematização das concepções prévias dos estudantes sobre um conceito específico. Nesta abordagem tenta-se, ao longo das aulas e atividades, estreitar as relações entre o conhecimento científico e o “*mundo vivencial*” dos estudantes, na “*dimensão epistemológica*” do “*Losango Didático*”, para a estrutura teórica geral da *TLS*, fundamentando por (MÉHEUT; PSILLOS, 2004). A ideia é que os estudantes sejam os atores responsáveis por esse empreendimento, mas tenha no professor o intermediador da “*dimensão pedagógica*” entre o conhecimento científico e o “*mundo vivencial*” de cada um deles. Essas fundamentações para o desenho de uma *TLS* são premissas básicas que se apoiam em uma visão construtivista do processo de ensino-aprendizagem (MÉHEUT; PSILLOS, 2004).

Dessa forma, as fundamentações teóricas do modelo de “*estrutura de didática*” que utilizamos para o desenho da *TLS* sobre o tópico radioatividade, podem se relacionar com as características da *DBR*, a partir dos “*protoprincípios de design e hipótese de design*” da primeira característica. Para a segunda característica, validação dos conhecimentos produzidos em cada ciclo, as relações são evidenciadas pelo próprio conceito de “*estrutura didática*”, entrelaçamento do desenho e a aplicação de um tópico específico em poucas semanas em detrimento das unidades letivas. Para isso, é realizado em um processo evolutivo, cíclico e iluminado por ricos dados de pesquisa que pode ser avaliado em cada uma das fases da *TLS* no modelo de “*estrutura didática*”.

Nesse processo de avaliação em cada ciclo, os conhecimentos produzidos pela aplicação do desenho são guiados pelo processo de “*avaliação interna*”, cuja compreensão das dimensões epistemológicas e didático-pedagógicas, para a construção dos novos conhecimentos pelos estudantes, gira em torno da problematização de seus conhecimentos prévios. A “*avaliação interna*” de uma *TLS*, realizada por métodos conhecidos como *pré-teste e pós-teste*, como meio de validar os resultados gerados pelo processo cíclico de desenho, aplicação, avaliação e redesenho, tem aporte teórico na abordagem construtivista de ensino-aprendizagem de autores como Ausubel, Vygotsky e, dentre outros (MÉHEUT; PSILLOS, 2004).

Outro processo de avaliação previsto é o da “*avaliação externa*”, que procura medir a eficiência de uma *TLS*, em função da sua abordagem construtivista, quando comparada com outros modelos de ensino, tais como o ensino tradicional (MÉHEUT; PSILLOS, 2004). Em nível internacional, esse processo de avaliação é realizado pelos pesquisadores a partir da utilização de grupos controles, em turmas de estudantes com a mesma idade e série, por métodos também de *pré-teste e pós-teste* (MÉHEUT; PSILLOS, 2004). A ideia da *avaliação externa* é comparar os resultados obtidos por estudantes que vivenciaram a aplicação da *TLS*, com aqueles que não vivenciaram (MÉHEUT; PSILLOS, 2004), porém necessitando de um número maior de professores e de turmas, algo que não disponibilizamos em nossa região, devido a uma grande escassez de professores de Física e inviabilidade de uma possível formação (fora do alcance da nossa pesquisa). Dessa forma, optamos pela “*avaliação interna*”.

Não obstante, para as outras três características, as relações aparecem no modelo de “*estrutura didática*” à medida que cada aplicação da *TLS*, em contextos genuínos, produza frutos relevantes a serem compartilhados com os professores e demais pesquisadores. Nessa perspectiva, levam-se em consideração os processos rigorosos pré-estabelecidos pelas metodologias qualitativas no que dizem respeito à coleta e análise dos dados em ambientes escolares, ou seja, a função do registro dos resultados com a implementação das sequências de ensino-aprendizagem e suas respectivas relevâncias.

O Design da TLS

Com base nas seis fases do modelo de “*estrutura didática*”, o desenho da primeira *TLS* sobre o tópico radioatividade foi constituído por doze (12) aulas de quarenta e cinco (45) minutos cada. Esse modelo teve como intuito atender a realidade do contexto de implementação, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), pois o conteúdo da radioatividade já fazia parte da programação curricular, dentro do tema Proteção Radiológica, abordado em seis encontros de noventa (90) minutos, contabilizando cada encontro duas aulas.

O primeiro encontro teve como objetivo, proporcionar que os estudantes, por meio de um questionário, expressassem suas concepções prévias sobre o conceito da radioatividade. Para isso, o professor utilizou diferentes recursos didáticos, tais como vídeos e textos, na intenção de possibilitar um ambiente de debates sobre questões contextuais, científicas, tecnológicas, sociais, ambientais e históricas, que cercam a produção do conhecimento científico e permitem dimensionar o motivo global (**fase um**).

O segundo encontro foi marcado pela busca de estreitamento entre as concepções prévias dos estudantes sobre o conceito de radioatividade e o conceito científico aceito pela comunidade científica (**fase dois**). Para isso, o professor buscou trabalhar as origens históricas, científicas, políticas, sociais e econômicas que circundam a produção dos conhecimentos, acerca do conceito da radioatividade, utilizando textos didáticos produzidos por um grupo de pesquisa em inovação curricular de São Paulo.

O terceiro e quarto encontro foram marcados pela sistematização dos conceitos científicos a partir da utilização de uma atividade lúdica com bolinhas de isopor, adaptada (PIETROCOLA *et al.*, 2010) e momentos de aulas expositivas, tendo como base os exercícios presentes nos livros didáticos de Física aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático 2012 e de textos produzidos pelo mesmo grupo já citado. As ações desses dois encontros representaram os elementos essenciais da (**fase três**), ou seja, entender o motivo global, a fim de alcançar a conceitualização do conhecimento específico desejado.

O quinto encontro, cujo momento representou as fases quatro e cinco, permitiu que os estudantes aplicassem os novos conhecimentos, sistematizados nos encontros três e quatro, utilizando outra atividade adaptada (PIETROCOLA *et al.*, 2010), a qual chamamos de “*diagrama radioativo*” (Figura 1).



Figura 1: Imagem dos estudantes da turma-A montando o diagrama radioativo.

A atividade da figura 1 consiste em uma sucessão de *transmutações nucleares* (mudança na estrutura atômica do elemento químico radioativo) que pode emitir partícula alfa (núcleo de Hélio) ou partícula beta (elétron ou pósitron). Isso acontece devido sua instabilidade nuclear (diferença expressiva entre o número de prótons e o número de nêutrons, além de expressivo número de massa).

Essa sucessão de transmutações inicia-se com um elemento que pode ser denominado de “pai” (Urânio ou Tório, por exemplo), pois, ao sofrer transmutação, vai se tornar um novo elemento, também, radioativo, até tornar-se um elemento não mais radioativo. Nesta atividade, os estudantes, em grupos, identificavam qual partícula foi emitida (alfa ou beta) e quais elementos químicos surgiam a partir dessa emissão. Nesse sentido, os estudantes precisavam utilizar os conceitos de transmutação nuclear, de instabilidade nuclear, força forte e força fraca, para explicar conceitualmente tanto o fenômeno da radioatividade, quanto os motivos das emissões das partículas, durante as transmutações dos elementos.

No final da atividade, os estudantes foram levados a refletir se seus novos conhecimentos eram suficientes ou não, para a resolução de uma situação-problema proposta, a atividade do “*diagrama radioativo*”. Para isso, suas reflexões foram expressas por meio de um relatório que foi apresentado à turma e ao professor no final da atividade (Figura 2).

Obs.: Nesta folha, façam um relatório abordando cada etapa realizada. Para o relatório ficar completo, não deixe de falar sobre os conceitos utilizados para justificar a tomada de decisão em cada etapa da atividade.

Ao realizar o estudo sobre decaimento radioativo, observamos que através da transmutação nuclear o elemento “U” sofre transformações no interior do núcleo. Isso ocorreu a partir da emissão de partículas radioativas α (alfa) e β (beta), gerando o decaimento gradual, formando um elemento diferente do original. Esse resultado foi obtido a partir do cálculo usado para identificar tais transformações, onde:

- Na emissão de partículas β (beta), a massa permanece a mesma, enquanto que o número atômico aumentou um (1), no entanto pode ser $\beta^{(-)}$ (beta menos) ou $\beta^{(+)}$ (beta mais);
- Na emissão de partículas α (alfa), a massa decai em quatro (4), enquanto que o número atômico diminui em dois (2).

Dessa forma, o elemento que inicialmente era urânio, através das transformações sofridas, originou o chumbo. Assim, finalizando o estudo.

Figura 2: Exemplo transcrito do relatório apresentado pelos estudantes da turma B.

Por fim, para o sexto encontro, avaliação e aprofundamento do processo de construção dos novos conhecimentos (**fase seis**), serão apresentados alguns resultados da produção de conhecimentos originados dessa avaliação, ou seja, o redesenho da nova estrutura da *TLS* que está sendo implementada em outro contexto. Como ganho dessa nova implementação, vamos realizar a “*avaliação interna*” para depois compartilhar seus resultados com os demais professores e pesquisadores do ensino de Física.

Resultados Obtidos: elementos para a avaliação interna

Obtivemos como resultado para a avaliação da *TLS* as concepções prévias dos estudantes das duas turmas (A e B) de Física do curso Técnico de Segurança do Trabalho. Nas duas turmas, a maioria dos estudantes apresentou as mesmas concepções sobre radiação e radioatividade, basicamente pautadas em três proposições - *o que é; a finalidade e tipo*- apresentamos alguns exemplos, cujas respostas foram respectivamente: (**E_{1-A}**): *radiação é energia*; (**E_{25-B}**): *radiação é um elemento químico*; (**E_{3-A}**): *radiação é uma substância nociva*; (**E_{4-B}**): *radiação é um agente químico*; (**E_{18-A}**): *a radioatividade é usada na medicina*; (**E_{6-B}**): *a radioatividade é usada em bombas nucleares* e (**E_{10-A}**): *existem três níveis de radiação, alfa,*

*beta e gama*¹.

Do ponto de vista da Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 2011) essas concepções prévias dos estudantes, sobre a radiação e a radioatividade, representam os “*subsunçores*”, conhecimentos prévios especificamente relevantes que os estudantes possuem a respeito dos conceitos aceitos pela comunidade dos cientistas, a serem ensinados por meio da TLS. Por sua vez, esses “*subsunçores*” servem de “*âncoradouro*” para a aprendizagem dos novos conhecimentos. São por meio deles que se busca estreitar, durante o andamento das atividades, os novos conhecimentos, de uma forma “*não-arbitrária*” e “*não-litera*l” (MOREIRA, 2011). Para fins de validade dos “*subsunçores*” apresentados pelos estudantes, eles estão em comum acordo e apresentam fortes semelhanças com os resultados encontrados por Barragán *et al.* (2009).

Tendo esses “*subsunçores*” como pontos de partida da TLS, procuramos estreitar os conceitos científicos sobre a radiação e a radioatividade utilizando, como já foram descritas anteriormente, as aulas e atividades de cada encontro para, no final, tentar proporcionar aos estudantes das duas turmas a aplicação e reflexão sobre os novos conhecimentos adquiridos. Com a análise dos relatórios, percebemos que os resultados, estreitar os “*subsunçores*” e conhecimentos científicos aceitos, foram significativos para alguns grupos de estudantes (cerca da metade), pois apresentaram os conceitos aprendidos de forma consistente. Já para outros grupos (a outra metade), quase sempre, tiveram muitas dificuldades para explicar a utilização dos conceitos necessários para a realização da atividade. Por sua vez, isso nos ajudou a avaliar as aulas e atividades de forma mais crítica e procurar identificar as falhas e as lacunas no processo de ensino-aprendizagem.

Como resultado da identificação das falhas e lacunas no processo de ensino-aprendizagem, conseguimos redesenhar a TLS buscando trabalhos na literatura (BARRAGÁN *et al.*, 2009; SANTOS; PÉREZ-ESTEBAN, 2012) que nos auxiliassem tanto na formulação de novas perguntas, para um novo questionário, quanto para sistematizar os “*subsunçores*” obtidos com a primeira avaliação.

Ao avaliar a eficiência das atividades lúdicas da “*instabilidade nuclear*” e do “*diagrama radioativo*”, como elementos facilitadores do processo de ensino-aprendizagem, realizamos uma mudança estrutural significativa, de modo que, na atividade da “*instabilidade nuclear*” fossem incluídos novos elementos, tais como, abordagem puramente lúdica com questões sem menção aos conceitos científicos. Já, para a atividade do “*diagrama radioativo*”, houve uma mudança no nome da atividade, a qual passou a ser a chamada de “*quebra-cabeça radioativo*”, que exigirá dos estudantes, as mesmas regras de um quebra-cabeça normal, porém sua montagem passará a depender de uma apropriação maior dos novos conhecimentos, em face de seus prévios. A nova TLS, após a avaliação e redesenho, passou a ter oito (8) aulas e está sendo implementada em um novo contexto. Esperamos com a nova implementação, finalizar o processo de “*avaliação interna*” da TLS, a fim de compartilhar seus resultados com outros professores e pesquisadores do ensino de Física.

Considerações finais

A enorme carência de pesquisas em ambientes reais de salas de aula e o anseio dos pesquisadores e professores, ao longo de mais de duas décadas, para a inserção da FMC nos

¹ Os termos (E₁-A) e (E₂-B), assim como os demais, representam os estudantes das turmas (A e B) de Física.

currículos escolares de Física da Educação Básica, denotam a importante função deste trabalho. No entanto, sem pretensões, busca-se compartilhar seus resultados com a comunidade científica do ensino de Ciências, apresentando um dos produtos, fruto de uma pesquisa que tem como objetivo principal dar subsídios à inserção e sobrevivência dos conteúdos de FMC, de forma efetiva, no processo de inovação curricular.

O trabalho procurou demonstrar o percurso teórico-metodológico para o desenho da primeira *TLS* sobre a radioatividade, bem como apresentar os resultados obtidos com aplicação em sala de aula e sua função no processo de “*avaliação interna*”. Foram apresentadas as mudanças estruturais ocorridas nas aulas e atividades por meio da inclusão de novos elementos facilitadores do processo de ensino-aprendizagem e o redesenho da nova *TLS* que já estar sendo implementada para finalização da pesquisa.

Agradecimentos e apoios

A CAPES, pelo apoio financeiro da pesquisa, ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências - PPGEC, ao professor e a direção do IFBA.

Referências

- BARRAGÁN, P; MORTIMER, E. F; LEAL, A. Avaliação Preliminar sobre o Conceito de Radiação e algumas de suas Tecnologias: Ideias informais de estudantes do ensino médio. **In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis- SC, 2009. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p1090.pdf>. Acessado em 11 de março de 2015.
- COLLECTIVE, Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. **Educational Researcher**. Chicago, v.32, n.5, p. 1-5, 2003.
- LIJSEN, P; KLAASSEN, C. W. J. M. Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? **International Journal of Science Education**. London, v.26, n. 5, p. 537–554. April. 2004.
- MÉHEUT, M; PSILLOS, D. Teaching–learning sequences: Aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**. London v. 26, n. 5, p. 515-535. April, 2004.
- MOREIRA. M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- NICOLAU, J; GURGEL, I; PIETROCOLA, M. Estrutura Baseada em Fluxo: Sequência de Ensino-Aprendizagem Sobre Relatividade do Tempo. In: **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2013, Águas de Lindóia. Anais IX ENPEC, 2013.
- PEREIRA, A. P; OSTERMANN, F. Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: Uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, Florianópolis, v.14, n.3, pp. 393-420, 2009.
- PIETROCOLA, M.; et al. **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. Livro do Professor. São Paulo: FTD, 2010.
- SANTOS, S. E; PÉREZ-ESTEBAN, J. Estudiando el fenómeno de la radiactividad a través de noticias de prensa: el caso del espía ruso envenenado. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**. Cádiz, v.9, n.2, p.294-306, oct. 2012.