

MODELO PADRÃO DE PARTÍCULAS E A REFORMULAÇÃO CONCEITUAL DO MODELO ATÔMICO POR MEIO DE UMA UNIDADE DIDÁTICA VOLTADA PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS

MODEL OF PARTICLES AND THE CONCEPTUAL REFORMULATION OF THE ATOMIC MODEL THROUGH A TEACHING UNIT RETURNED TO TEACHERS OF SCIENCE

Ione dos Santos Canabarro Araujo 

Instituto Federal do Rio Grande do Sul, IFRS
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS
Porto Alegre, RS, Brasil
ionecanabarroaraujo@gmail.com

José Vicente Lima Robaina 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS
Porto Alegre, RS, Brasil
ioserobaina1326@gmail.com

Resumo. Este trabalho relata a experiência de uma Unidade Didática (UD) sobre o Modelo Padrão de Partículas partindo das limitações da física clássica para explicar o decaimento radioativo beta. O trabalho foi aplicado em uma turma de licenciatura em Ciências da Natureza: Habilitação Biologia e Química (LCN) do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, campus Porto Alegre, no último semestre do curso. O trabalho objetivou identificar possibilidades e operacionalidades de uma UD para trabalhar com tópicos de Física Moderna entre professores de Ciências. Os objetivos específicos foram: verificar as limitações da física clássica para explicar certos tipos de radiações e a necessidade da Física Moderna para auxiliar na compreensão; familiarizar professores de Ciências com modelos e conceitos da Física Moderna. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, segundo Minayo (1993). Os dados foram coletados através de diário de campo da pesquisadora, questionários com perguntas abertas, mapas mentais e trabalhos desenvolvidos pelos alunos (chamados de professores devido à proximidade de conclusão da graduação). Os dados foram analisados por meio da Análise de Conteúdo, segundo Bardin (2011). Através dos dados coletados, pode-se verificar indícios de que houve reformulação do conceito do modelo atômico atual, conforme Eisberg e Resnick (1988), ou seja, o átomo é formado por Léptons, hádrons e por partículas mediadoras de força, chamadas de bósons. A compreensão do modelo atômico atual e das partículas mediadoras de forças trouxe embasamento teórico e clareza para os professores explicarem as radiações de origem nuclear e o funcionamento de equipamentos que realizam diagnóstico por imagem.

Palavras chave: modelo padrão de partículas; formação de professores de ciências; física moderna.

Abstract. This paper reports the experience of a Didactic Unit (UD) on the Standard Particle Model starting from the limitations of classical physics to explain beta radioactive decay. The work was applied in a bachelor's degree in Nature Sciences: Biology and Chemistry Habilitation (LCN) of the Federal Institute of Rio Grande do Sul, Porto Alegre campus, in the last semester of the course. This work aimed to identify the possibilities and operationalities of a UD to work with topics of Modern Physics among science teachers. The specific objectives were to verify the limitations of classical physics to explain certain types of radiation and the need of modern physics to aid in understanding; to familiarize science teachers with models and concepts of Modern Physics. This is a qualitative research, according to Minayo (1993). The data were collected through the researcher's field diary, questionnaires with open questions, mental maps and works developed by the students (called teachers due to graduation proximity proximity). The data were analyzed through Content Analysis, according to Bardin (2011). From the collected data, we can see evidence that the concept of the current atomic model has been reformulated, according to Eisberg and Resnick (1988), that is, the atom is formed by Leptons, hadrons and force-mediating particles, called bosons. The understanding of the current atomic model and of the forces mediating particles has provided theoretical background and clarity for teachers to explain the radiation of nuclear origin and the operation of equipment that perform diagnostic imaging.

Keywords: standard particle model; training of science teachers; modern physics.

INTRODUÇÃO

A Ciência é uma construção humana que molda e é moldada pela sociedade constantemente. Em analogia, podemos considerar um organismo vivo e plástico em reconstrução, evolução e crescimento. O emprego da Ciência, ou melhor, dos conhecimentos científicos construídos e socializados culturalmente, tem permitido avanços tecnológicos e com velocidade sem precedentes no século atual.

Para Carvalho e Vannuchi (1996): “Vivemos hoje num mundo altamente tecnológico - fibra ótica, códigos de barra, microcomputadores etc, etc, etc...- e o nosso ensino ainda está em Galileu, Newton, Ohm, não chegou ainda no século vinte”. (documento *online*)¹

¹ Disponível em: <<http://www.ifufrgs.br/public/ensino/N1/1artigo.htm>> Acesso em 23 de ago. 2018

Os autores estão se referindo ao ensino de física, entretanto, esse contexto de desatualização curricular e de utilização de metodologia de ensino não condizente com a época que vivenciamos no mundo globalizado (informações com atualização frequente, conexão em rede e construção coletiva do conhecimento), estende-se para o ensino de Ciências.

Conforme Krasilchik (1987), tradicionalmente a Ciência tem sido ensinada como uma coleção de fatos, de fenômenos, teorias e enunciados para decorar. Não há preocupação em relação aos alunos discutirem as causas dos fenômenos, estabelecerem relações causais e entenderem os processos que estão estudando. O ensino fica limitado à apresentação dos produtos da Ciência, sem dar a devida importância para os eventos e procedimentos que levam às descobertas científicas.

Dessa forma, para muitos alunos, aprender Ciências é decorar fórmulas, nomes de cientistas, descrição de substâncias, leis e enunciados. Assim, *“como resultado, o que poderia ser uma experiência intelectual estimulante passa a ser um processo doloroso que chega até a causar aversão”*. (KRASILCHIK, 1987, p. 52)

Nesta perspectiva, Viecheneski e Carletto (2013), enfatizam que a metodologia dos professores de ciências pode estimular a curiosidade e o espírito investigativo nos alunos, despertando o encantamento pela ciência, mas também pode ser ao contrário e inibir esses sentimentos. Dessa forma, o gosto pela ciência ou a aversão, provavelmente, contribuíram nas escolhas profissionais futuras dos educandos. Carvalho *et al.* (2007) reforça a importância dos primeiros contatos da criança com a ciência ser agradável.

[...] se fizer sentido para as crianças, elas gostarão de Ciências e a probabilidade de serem bons alunos nos anos posteriores será maior. Do contrário, se esse ensino exigir memorização de conceitos além da adequada a essa faixa etária e for descompromissado com a realidade do aluno, será muito difícil eliminar a aversão que eles terão pelas Ciências. (p.6)

Neste sentido, é importante investir na formação inicial e continuada dos professores para que eles tenham oportunidade de rever suas concepções, atualizar conhecimentos, refletir sobre suas práticas pedagógicas e utilizar recursos didáticos diferenciados, visando a elaboração de aulas de ciências estimulantes que possam capturar o interesse dos alunos. Nos dizeres de Gouw, Mota e Bizzo (2016, p. 643) *“O interesse pela ciência escolar é um dos caminhos trilhados para se chegar à ciência acadêmica”*.

Entretanto, muitos professores ainda lecionam Ciências centrados no livro didático e empregam a metodologia das aulas expositivas.

Muitos professores ainda preferem desenvolver suas aulas baseadas em estratégias que estejam mais ao seu alcance, e que lhes proporcionem maior grau de segurança. Portanto, procuram optar pelas tradicionais aulas expositivas e pelo constante uso dos livros didáticos, ao invés de utilizarem novos métodos de ensino, mais ousados, capazes de estimular o diálogo e a interação em sala de aula. (RAMOS; ROSA, 2008, p. 318).

Talvez estes professores estejam reproduzindo as aulas que tiveram na sua formação inicial. No trabalho de Queiroz e Azevedo (1987), há algumas evidências que possibilitam pensar nessa perspectiva. Os autores propuseram um curso de extensão destinado para professores de ciências; o curso foi focado em experimentos e discussões dos conceitos científicos envolvidos nos fenômenos observados. Após as avaliações, os autores afirmam: *“os cursos de extensão mostram como eles aproveitaram a oportunidade de aulas experimentais para esclarecer conceitos criticando a formação exclusivamente teórica recebida (p. 8)”*.

Assim, torna-se imprescindível rever a formação inicial e continuada dos professores de Ciências, pois as práticas pedagógicas precisam estar adequadas as especificidades da sociedade em que vivemos.

Este trabalho insere-se nesta perspectiva e teve como objetivo principal identificar possibilidades e operacionalidades de uma Unidade Didática (UD) para trabalhar com tópicos de Física Moderna entre professores de Ciências. Os objetivos específicos foram: verificar as limitações da física clássica para explicar certos tipos de radiações e a necessidade da Física Moderna para auxiliar na compreensão; familiarizar professores de Ciências com modelos e conceitos da Física Moderna.

A UD se justifica no sentido de que os cursos de licenciaturas em Ciências, em geral, dispõem de pouco tempo para abordar aspectos da física/química mais recentes, sendo assim, há pouco aprofundamento desta temática e conseqüente, fragilidade na formação docente em relação a tópicos da Física Moderna. Por outro lado, a Física Moderna é um suporte teórico importante, para explicar, por exemplo, a energia nuclear, a emissão de radiações e partículas nucleares e o efeito fotoelétrico.

CONTEXTO DA PESQUISA

O curso de Licenciatura em Ciências da Natureza: Habilitação em Biologia e Química (LCN) foi criado em 2010 no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Sul, campus Porto Alegre (IFRS/Porto Alegre), e apresenta o diferencial de habilitar os professores para atuarem em mais de uma disciplina². A modalidade do curso é presencial, com ingresso por meio de prova e através do Sistema de Seleção Unificada (SISU). As principais informações sobre o curso constam no quadro 1.

A UD foi aplicada no segundo semestre de 2016, na LCN do IFRS. Neste período, a pesquisadora fez estágio docente de doutorado no componente curricular Tópicos Avançados de Química.

Quadro 1. Dados de identificação do curso LCN do IFRS/Porto Alegre

Licenciatura em Ciências da Natureza: Habilitação em Biologia e Química	
Tipo	Licenciatura
Habilitação	Ciências (Ensino Fundamental), Biologia e Química (Ensino Médio)
Tempo de duração	9 semestres
Oferta	Anual
Carga horária	4.133 horas (incluindo estágio docente e horas de atividades complementares)
Número de vagas	36
Organização	Em unidade de aprendizagem: Unidade de Aprendizagem Pedagógica (UAP) Unidade de Aprendizagem Científica (UAC) Unidade de Aprendizagem Integradora (UAI)
Etapas estruturantes	Semestres com temas centrados na natureza: I Terra e Universo II Matéria e Energia III Ambiente e Energia IV Vida e Energia V Diversidade Biológica VI Vida e Ambiente VII Vida e Evolução VIII Saúde e Tecnologia IX Ciência e Sociedade

Fonte: Projeto Pedagógico do Curso LCN

A componente curricular Tópicos Avançados em Química (UAC91), pertence a Unidade de Aprendizagem Científica e é ofertado no último semestre do curso. Na época de aplicação da UD, cinco alunos (dois do sexo masculino e três do sexo feminino), estavam matriculados no componente curricular e todos aceitaram participar espontaneamente desta pesquisa.

Cabe salientar que a carga horária do componente curricular é 80 horas/aula e a professora titular cedeu espaço para a execução da UD, após aprovação via colegiado do curso. A UD foi organizada de forma a contemplar 36 horas/aula, com 3 horas/aula semanais durante 3 meses. As demais aulas, para completar às 80 horas/aula, foram trabalhadas pela professora titular.

Neste trabalho, os sujeitos de pesquisa são identificados como A1, A2, A3, A4 e A5 para preservar a identidade dos participantes.

METODOLOGIA/DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES

Este trabalho foi desenvolvido por meio do diálogo permanente entre os professores e a pesquisadora. Inicialmente, foi elaborado o plano de trabalho, com base na ementa do componente curricular², conforme consta no quadro 2. O plano de trabalho foi um trabalho coletivo da professora titular do IFRS/Porto Alegre e da pesquisadora.

² Para informações detalhadas consultar o Plano Pedagógico. Disponível em: < http://www2.poa.ifrs.edu.br/wp-content/uploads/2010/05/ppc_ciencias_natureza_ago2013.pdf>. Acesso em 18 jul. 2018.

Quadro 2. Organização da Unidade Didática

Unidade Didática: Radiações e Partículas Elementares	
Semana	Conteúdos trabalhados:
1 ^a	Espectro eletromagnético e energia em função da frequência.
2 ^a	Modelo atômico de Bohr e os níveis de energia. Quantização da energia.
3 ^a	Núcleo atômico e instabilidade nuclear.
4 ^a	Radiações e partículas de origem nuclear. Partículas alfa, beta e radiação gama.
5 ^a	Aplicação das radiações na medicina. Diagnósticos por imagem e tratamentos com radioisótopos.
6 ^a	Irradiação e contaminação radioativa.
7 ^a	Fissão e fusão nuclear.
8 ^a	Energia nuclear e usinas nucleares. Instalações industriais empregas para produzir eletricidade por meio de energia nuclear.
9 ^a	Comportamento dual da luz. Efeito fotoelétrico e suas aplicações.
10 ^a	Partículas Elementares e o Modelo Padrão de Partículas.
11 ^a	Modelo Atômico Atual. Quarks, Léptons e Bósons.
12 ^a	Apresentação de trabalhos. Construção do Modelo Padrão de Partículas e pesquisa sobre diagnóstico por imagem.

Fonte: Elaborado pelos autores

No primeiro encontro foi proposto aos professores de Ciências que construíssem mapas mentais sobre modelo atômico atual. O objetivo dessa atividade foi saber a concepção que eles tinham sobre modelo atômico e partículas elementares. Neste encontro, também, a pesquisadora solicitou que semanalmente os professores respondessem a um pequeno questionário, com questões abertas. As questões foram as seguintes:

1^a O que aprendi na aula hoje?

2^a Quais relações eu posso fazer com meu dia a dia ou com outras disciplinas?

Com essas combinações, iniciou-se a UD e prosseguiu conforme o cronograma do quadro 2. No 5^o encontro foi solicitado que os professores fizessem uma pesquisa sobre diagnóstico por imagem a qual seria socializada com a turma no encerramento da UD.

Quando foi trabalhado o tópico partículas elementares e Modelo Padrão de Partículas, no 10^o encontro, foi pedido aos professores que construíssem uma ‘caixinha’, um paralelepípedo contendo cubos que representassem as partículas elementares do Modelo Padrão de Partículas.

Na última semana de encontro, os professores fizeram, novamente, mapas mentais sobre a sua concepção sobre um átomo. Na continuação, houve a apresentação da caixinha do Modelo Padrão de Partículas. Essa atividade foi executada no horário extraclasse e socializada em aula de forma individual. Na sequência, os professores apresentaram as pesquisas feitas sobre diagnósticos por imagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados fundamenta-se na abordagem qualitativa, conforme Minayo e Sanches (1993). Trata-se de uma pesquisa exploratória que utilizou diário de campo, mapas mentais, questionários aplicados semanalmente e trabalhos (elaborados pelos professores), como instrumentos de coleta de dados. Os dados coletados foram analisados por meio da Análise de Conteúdo, segundo Bardin (2011).

Por meio dos mapas mentais, propostos inicialmente, foi possível verificar que todos apresentavam uma visão simplista e desatualizada sobre o modelo atômico atual, ou seja, o modelo atômico de Bohr era considerado atual. No decorrer da UD a concepção de modelo atômico foi sendo reformulada, prótons e nêutrons não foram mais representados como partículas elementares, mas sim como partículas formadas por quarks e os glúons intermediando a força que atua sobre eles na esfera nuclear. A figura 1 ilustra a representação de um átomo (do sujeito A4) em dois momentos: no início e no final da UD.

No decorrer do desenvolvimento da UD os professores foram percebendo a incompatibilidade desse modelo atômico para explicar partículas subatômicas emitidas em decaimentos radioativos.

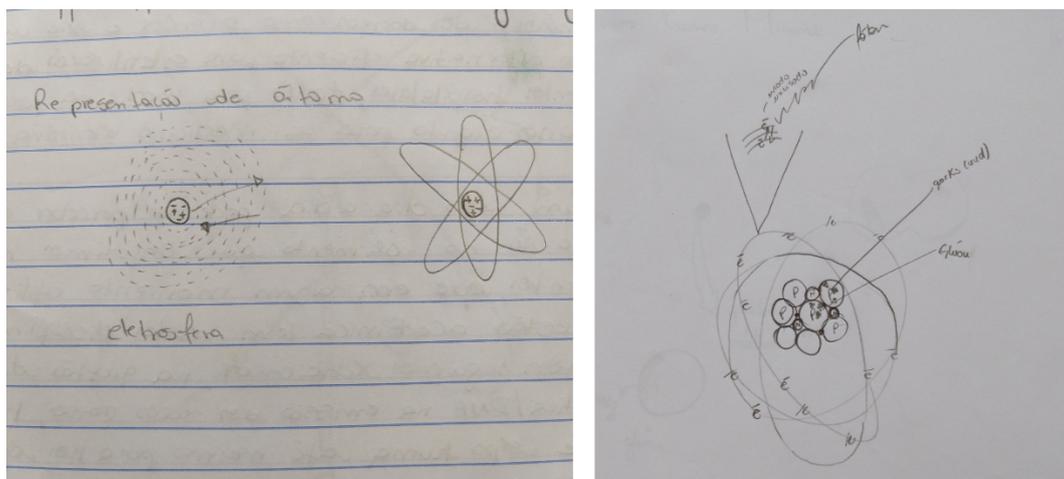


Figura 1. Representação de um átomo em momentos distintos. Fonte: acervo dos autores

Cabe salientar que os elementos químicos que possuem núcleo atômico com mesmo número de prótons e nêutrons são elementos estáveis, mas se há mais nêutrons ou prótons no núcleo ocorrerá uma instabilidade. Como consequência dessa instabilidade o núcleo emitirá partículas e/ou radiação gama até ocorrer a estabilidade.

A emissão da partícula beta foi a que gerou mais ‘desconforto’ entre os professores, pois não há como explicar este tipo de decaimento usando o modelo atômico de Bohr, ainda mais que pode ocorrer decaimento beta de forma diferente.

Conforme Avancini e Marinelli (2009), a emissão de partícula beta pode ser de dois tipos:

1. Beta menos (β^-): ocorre devido a transformação de um nêutron em um próton no núcleo, emitindo também um elétron e um antineutrino do elétron;
2. Beta mais (β^+): decorre da transformação de um próton em um nêutron com emissão de pósitron e um neutrino do elétron.

O carbono-14 (C^{14}), por exemplo, com massa atômica 14 (6 prótons e 8 nêutrons), ou seja, com dois nêutrons a mais que o isótopo estável C^{12} é instável e decai através da emissão da partícula β^- . No decaimento, ocorre a transformação de um nêutron em próton e a emissão de um elétron e um antineutrino. Dessa forma, obtêm-se o elemento com o número de prótons 7 ($Z=7$) que corresponde ao nitrogênio estável, pois tem o mesmo número de prótons e neutros.

Outro exemplo, o carbono-10 (C^{10}) com 6 prótons e 4 nêutrons; 2 prótons a mais que o número de nêutrons, sendo um núcleo instável. Esse elemento decai emitindo uma partícula β^+ , transformando um próton em nêutron e emitindo um neutrino e um pósitron. O elemento resultante é o boro com 5 prótons ($Z=5$) e 5 nêutrons; portanto, um elemento químico estável.

Nos decaimentos por emissão de partículas β^+ e β^- os prótons e os neutros permanecem no núcleo atômico, mas o neutrino, o antineutrino, o elétron ou o pósitron são emitidos do núcleo através da mediação da força fraca.

As partículas pósitron e neutrino não constam no modelo atômico de Bohr, foram previstas teoricamente e detectadas posteriormente a formulação desse modelo atômico. Esse argumento aguçou o interesse dos professores estudarem, construir conhecimentos e compreenderem os tópicos estudados. Este fato pode ser observado nas respostas do questionário semanal, nas palavras do sujeito A3: “Construí um conhecimento mais específico sobre as partículas elementares a partir da interpretação do Modelo Padrão”.

O sujeito A5 afirma que entendeu a origem do Universo, nas suas palavras: “Aprendi sobre como se deu o início do universo, contudo não tinha nunca entendido o porquê de ter acontecido a explosão. Aprendi que tem uma relação com o comportamento de estabilidade do núcleo do átomo.”

O sujeito A4 menciona que: “Na aula de radioisótopos de hoje identifiquei os diferentes blocos das emissões das partículas alfa, beta e radiação gama [...]. Compreendi sua utilização na medicina para diagnóstico de doenças como o câncer.”

Outra questão importante é que eles puderam entender a aplicabilidade dos temas estudados e fazer relações. Nas palavras do sujeito A1:

Hoje aprendi sobre energia nuclear, mas o que foi interessante foi a ligação que fizemos com a parte ambiental, com a componente Educação Ambiental, [...]. Tenho uma outra visão sobre a tecnologia e suas aplicações, principalmente a longo prazo. Antes via sob a perspectiva de usuário de um serviço, sem considerar os impactos.

Em todas as aulas os professores foram bastante participativos e questionadores, entretanto, o tópico sobre energia nuclear estimulou o debate e as perguntas sobre a designação dos resíduos radioativos descartados nas usinas nucleares e nos hospitais.

A atividades da ‘caixinha’ do Modelo Padrão de Partículas, cada aluno trouxe pronta e socializou no último encontro, conforme pode ser observado na figura 2.



Figura 2. Construção do Modelo Padrão de Partículas. Fonte: acervo dos autores

O resultado do trabalho de pesquisa dos alunos, sobre diagnósticos por imagem, foi organizado conforme a tabela 1. A comunicação dos resultados aconteceu, também, no último encontro.

Tabela 1. Trabalho de pesquisa

Grupo	Número de sujeitos	Tema
1	2	Ressonância magnética
2	1	Ecografia
3	2	Tomografia por emissão de pósitrons (PET)

Fonte: Autores, 2018

Neste mesmo dia, a professora titular acompanhou a pesquisadora na aula e avaliou a apresentação dos trabalhos de pesquisa. A avaliação feita na conclusão da UD serviu como nota parcial para compor a avaliação final da componente curricular. Todavia, é importante destacar que todos os alunos obtiveram nota máxima na avaliação parcial.

CONCLUSÃO

Através dos dados coletados pode-se verificar indícios de que os professores de Ciências conseguiram reformular o conceito do modelo atômico atual, conforme Eisberg e Resnick (1988), ou seja, o átomo é formado por *Léptons*, *Hádrons* e por partículas mediadoras de força, chamadas de *Bósons*. A compreensão do modelo atômico atual e das partículas mediadoras de forças trouxe embasamento teórico e clareza para os professores explicarem as radiações de origem nuclear e o funcionamento de equipamentos que realizam diagnóstico por imagem, assim como também, explicar o efeito fotoelétrico.

Dessa forma, acredita-se que esses professores estejam mais seguros, tanto para responderem questionamentos de alunos, quanto para elaborarem aulas de Ciências com uma abordagem mais atual. Assim, a UD foi potencialmente positiva para abordar tópicos de Física Moderna entre professores de Ciências.

REFERÊNCIAS

- AVANCINI, S.S.; MARINELLI, J.R. **Tópicos de física nuclear e partículas elementares**. Florianópolis: UFSC, 2009.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edições 70, Lisboa, 2011.
- CARVALHO, A.M.P.; VANNUCCHI, A.I.; BARROS, M.A.; GONÇALVES, M.E.R.; REY, R.C. **Ciências no ensino fundamental: O conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 2007.
- CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I., O Currículo de Física: Inovações e Tendências nos Anos Noventa. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, IF-UFRGS, v.1, n.1, abr. 1996.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica**. Trad. Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso. Rio de Janeiro: Campus, 1988.
- GOUW, A.M.S.; MOTA, H.S. BIZZO, N. O Jovem Brasileiro e a Ciência: Possíveis Relações de Interesse. **RBPEC**, v. 16. n. 3, p. 627–648, dez, 2016.
- KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU: Editora da Universidade de São Paulo, 1987.
- MINAYO, M.C.S.; SANCHES, O. Quantitativo-Qualitativo: oposição ou complementariedade? **Cad. Saúde Públ.** Rio de Janeiro, 9(3): 239-262, jul/set, 1993.
- QUEIROZ, G.; AZEVEDO, C. A ciência alternativa do senso comum e o treinamento de professores. **Cad. Cat. Ens. Fis.** Florianópolis, 4(1): 7-16, abr. 1987
- RAMOS, L.B.C.; ROSA, P.R.S. O ensino de Ciências: Fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do Ensino Fundamental. In: **Investigação em Ensino de Ciências**. V13(3), 2008, p. 299 – 331.
- VIECHENESKI, J. P.; CARLETO, M. **Por que e para quê ensinar ciências para as crianças**. R. Bras. de Ensino de C&T. V.6, n.2, mai-ago 2013. ISSN – 1982873X