

# **O Ensino sobre a Natureza da Ciência através de Tópicos de Cosmologia: Análise de uma Proposta Didática Utilizando Jogos.**

**Teaching about the Nature of Science through cosmology topics: analysis of a didactic proposal using games.**

**Ivã Gurgel**

Instituto de Física - Universidade de São Paulo  
gurgel@usp.br

**Alexandre Bagdonas**

Instituto de Física - Universidade de São Paulo  
alebagdonas@gmail.com

**Felipe Velasquez**

Instituto de Física - Universidade de São Paulo  
felipe.velasquez.oliveira@usp.br

**Vitor Fabrício**

Instituto de Física - Universidade de São Paulo  
vitor.fisica@gmail.com

**André Noronha**

Instituto de Física - Universidade de São Paulo  
andre.batista.fis@gmail.com

## **Resumo**

Em geral aulas de ciências que fazem uso da história da ciência são pautadas na leitura e discussão de textos. Como forma de diversificar as estratégias de ensino possíveis, apresentamos um jogo didático sobre cosmologia, cujo objetivo é gerar discussões sobre influências sociais sobre a ciência no período de 1914 a 1939. Dessa maneira, buscamos problematizar a neutralidade da ciência e também o determinismo social, mostrando a ciência como uma construção humana influenciada pelo contexto histórico-social. A partir da análise deste jogo didático, indicamos aspectos não consensuais sobre a natureza da ciência interessantes para a educação básica que puderam ser debatidos durante as aulas. Finalmente, sugerimos algumas contribuições desta proposta que podem ser generalizadas para outros episódios históricos e outros assuntos além da cosmologia.

**Palavras chave:** natureza da ciência, jogo didático, cosmologia, história da ciência, neutralidade da ciência

## **Abstract**

Science classes that usually use history of science are based on reading and discussing texts. In order to show different teaching strategies, we present a didactical game about cosmology. Its objective is to make students discuss possible social influences on cosmology from 1914 to 1939. We aim to problematize the neutrality of science and social determinism, showing science as a human construction influenced by its social and historical context. Through the analysis of this game, we have indicated some non-consensual aspects of the nature of science, that are interesting for basic education and that could be debated during the classes. Finally, we suggest possible contributions of this proposal which could be generalized to other historical episodes and other subjects, beyond cosmology.

**Key words:** nature of science, didactic games, cosmology, history of Science, neutrality of science

## Introdução

Nos últimos anos, a importância da inserção da história e filosofia da ciência no ensino tornou praticamente consensual na comunidade de pesquisa em ensino de ciências (Zanetic, 1990; Mathews, 1994, Lederman 2007). Porém, por mais que no campo das pesquisas teóricas haja a valorização desta nova forma de ver a ciência a ser ensinada, na prática ainda há muitos obstáculos para a inserção efetiva destas discussões na educação básica, que não podem ser superados apenas produzindo materiais didáticos de qualidade ou criando disciplinas de história e filosofia da ciência (HFC) na formação inicial de professores (Forato, 2009; Henrique 2011; Hoetecke e Silva, 2011). É importante também a integração de cursos de formação inicial com discussões metodológicas e didáticas mais efetivas.

A maior parte das pesquisas que privilegiam o enfoque histórico trabalha principalmente com atividades que envolvem a leitura e a interpretação de textos. Estas últimas muitas vezes são complementadas por atividades de discussão ou júri simulado, de modo a estabelecer uma dinâmica mais interessante para a sala de aula (Forato 2009, Henrique 2011). Mesmo reconhecendo o valor destas estratégias de ensino, consideramos que seja importante buscar propostas alternativas, permitindo um número maior de opções didáticas que possam agradar os diversos perfis de alunos e professores. Podemos mesmo considerar que a falta de opções metodológicas que permitem o ensino de tópicos histórico-filosóficos é um dos obstáculos mais proeminentes quando pensamos sua inserção em salas de aula (Forato, 2009; Hoetecke e Silva, 2011).

Dado o exposto anteriormente, neste trabalho apresentamos e analisamos um jogo didático que apresenta como objetivo o ensino da História da Cosmologia dando destaque a questões sobre a Natureza da Ciência (NdC). Após uma breve apresentação de alguns aspectos da NdC que pesquisas apontam como importantes para a formação dos sujeitos, analisaremos quais deles foram contemplados com o jogo.

## Tópicos de Natureza da Ciência no Ensino.

Há, ao menos, duas décadas a discussão sobre tópicos de Natureza da Ciência (NdC) passou a ser considerada uma das principais componentes do ensino (Lederman, 2007). De forma geral, considera-se que conhecimentos sobre *o que é a ciência, como ela produz seu conhecimento e quais são seus limites*, são elementos fundamentais para que um cidadão possa avaliar criticamente informações relacionadas a conteúdos científicos (Praia, 2007). A necessidade de discutirmos aspectos sobre a NdC em aulas de Física ainda é reforçada pela grande quantidade de concepções ingênuas sobre o fazer científico em falas de alunos e

professores (Lederman, 2007). Embora muitos historiadores, filósofos e sociólogos da ciência concordem que não exista um consenso em relação a uma única *natureza da ciência*, essas discordâncias seriam irrelevantes para a educação básica. Tendo em vista essa posição, muitos pesquisadores do Ensino de Ciências têm adotado o que ficou conhecido como “*visão consensual* sobre a natureza da ciência”, que trata somente de aspectos não controversos da natureza da ciência com o intuito de serem discutidos no Ensino de Ciências. Irzik e Nola (2011) criticaram essa postura por mostrar uma visão muito pobre da ciência, que pode ser reduzida à mera memorização de tópicos apresentados em listas, de forma que não ficam claras as tensões existentes entre os diversos itens apresentados nessas listas “consensuais”.

Eflin e colaboradores (1999) apresentam duas áreas principais sem consenso entre especialistas: 1. A geração do conhecimento científico depende de compromissos teóricos e fatores sociais e culturais. 2. A verdade das teorias científicas é determinada por características do mundo que existem independentemente do cientista. A maioria dos pesquisadores reconhece que a geração do conhecimento científico depende de questões teóricas e de fatores históricos e sociais, mas há uma grande discordância sobre a importância dessa influência “externa” quando comparada com a de fatores “internos”, lógicos ou racionais. Tendo em vista estas duas grandes áreas sem consenso, eles apresentam uma série de tensões entre correntes filosóficas diferentes sobre a NdC, tais como realismo contra instrumentalismo e racionalismo contra historicismo.

Neste trabalho, argumentamos que ao invés de evitarmos as controvérsias sobre a natureza da ciência, o Ensino de Ciências deveria fornecer uma visão mais rica sobre a ciência através da apresentação de uma pluralidade de visões sobre questões não consensuais que são importantes para professores que desejam contribuir para o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento reflexivo e crítico dos estudantes (Bagdonas et. al. 2012, Rosentalski et. al. 2012). Para isso, buscamos evidenciar como alguns destes aspectos mesmo sendo controversos, podem ser debatidos através de um jogo didático em aula de ciências na educação básica.

## **Uma proposta para ensinar cosmologia a partir de um jogo**

O objetivo geral do jogo é permitir aos estudantes uma compreensão mais rica sobre as formas com que a ciência se relaciona com seu contexto histórico-social. Para isso o jogo visa à investigação da história da ciência no início do século XX, principalmente entre 1914 e 1939, refletindo e discutindo sobre possíveis relações entre a história política mundial e o desenvolvimento da cosmologia relativística.

Neste jogo, que constitui a estrutura principal da sequência didática, os objetivos gerais são problematizar tanto a visão do cientista neutro, livre de influências ideológicas, quanto o relativismo ingênuo, a visão do cientista dominado por influências ideológicas. Queremos que os alunos vejam a ciência como uma construção humana influenciada pelo contexto histórico-social, mas não determinada por ele.

Visando estes objetivos, se torna necessário que os alunos venham a compreender conceitos de cosmologia, como: constante cosmológica e universo estático; expansão do universo e o desvio espectral para o vermelho e suas diferentes interpretações, percebendo que os mesmos dados podem ser interpretados de diferentes maneiras. Queremos também que eles possam refletir sobre o conceito de “descoberta” na ciência, percebendo as distorções comuns que a mídia faz sobre a criação de teorias como fruto da mente de “gênios” isolados; discutir os possíveis candidatos para a “descoberta” da expansão do universo, percebendo que a construção dessa teoria teve muitos colaboradores; entender o processo de aceitação dos artigos científicos a partir da avaliação por pares; perceber tanto a importância das

observações astronômicas para a decisão de qual seria o melhor modelo cosmológico, quanto algumas influências humanas sobre a atividade científica, nas relações de poder entre cientistas, disputas de prioridade e na avaliação dos resultados obtidos.

Para que sejam atingidos os objetivos apresentados acima, o jogo foi desenvolvido visando que suas atividades principais sejam a investigação de acontecimentos históricos do período entre 1914 a 1939 relevantes para o desenvolvimento da cosmologia e posterior argumentação das informações obtidas, de forma que seja estimulada a reflexão sobre as possíveis relações entre o desenvolvimento científico e a história política e social mundial.

### **Cenário, regras e objetivos do jogo**

Ainda que seja baseado em estudos de história da cosmologia que se preocupam com a qualidade histórica das questões discutidas (como Kragh 1996, Henrique 2011) o jogo possui também certos elementos fictícios que buscam tornar a experiência lúdica mais atrativa para os estudantes. Um dos principais desafios desta proposta foi buscar estratégias para lidar com a tensão entre as visões de historiadores da ciência e educadores sobre formas de levar a HFC para a educação, analisada com detalhe por Forato (2009).

O cenário fictício do jogo começa no início da Primeira Guerra Mundial (1914), com o professor se apresentando como o dirigente de uma subdivisão recém formada da fundação Rockefeller, responsável pelo incentivo ao desenvolvimento da cosmologia. Os objetivos desta eram a busca e o financiamento filantrópico a atividades humanas que promovam o desenvolvimento humano, incluindo o desenvolvimento científico<sup>1</sup>. Em seguida, o professor justifica o surgimento desta subdivisão, afirmando que nesta época estão começando a surgir pesquisas que podem trazer informações relevantes para o entendimento da humanidade sobre nosso universo. Os alunos, representando membros da fundação Rockefeller, são divididos em 7 grupos, 6 grupos de investigadores e 1 grupo que compõe o júri. A meta de cada grupo de investigadores é buscar, ao redor do mundo, informações sobre países e cientistas com potencial para pesquisas sobre cosmologia, para posteriormente argumentar para o júri onde devem ser feitos os financiamentos visados pela fundação.

O jogo é dividido em três fases, que representam três períodos distintos (1914-1924; 1925-1931; 1932-1939). Cada uma dessas fases possui três etapas, cada uma ocorrendo em uma aula distinta.

Na primeira etapa os alunos pesquisam sobre a história da cosmologia “viajando” por um tabuleiro representativo dos países e os trajetos possíveis de serem realizados. A cada visita em um país, o grupo recebe um cartão contendo textos e ilustrações sobre história, política, cultura, ciência e economia da época neste país, as chamadas “pistas”. Os países foram escolhidos com base nas pesquisas realizadas sobre as teorias cosmológicas mais importantes em cada período. Por isso, o tabuleiro não é um mapa-mundi, mas sim um mapa da Europa e Estados Unidos. Com base na leitura e discussão das informações registradas nas investigações os alunos apresentam para o resto da sala as informações que julgaram relevantes e votam em um país que possui potencial para receber investimentos da fundação. Ao final da aula o professor recebe dos alunos, por escrito, as justificativas de escolha de país, para que o professor decida quais foram os melhores argumentos.

A segunda etapa é uma sistematização feita pelo professor sobre os eventos mais relevantes

---

<sup>1</sup> Este cenário, ainda que fictício, foi baseado na história da Fundação Rockefeller. Para mais detalhes ver <http://www.rockefellerfoundation.org/>. Porém jamais houve uma subdivisão de cosmologia nesta fundação.

da época em questão, tanto na história política quanto na história da cosmologia, seguindo um plano de aula elaborado para cada fase do jogo. Na terceira etapa, com base nas novas informações apresentadas pelo professor, os alunos escolhem um cientista para receber um prêmio por seu trabalho no período. O objetivo principal desta aula é que os alunos possam formular argumentos sobre o que é uma boa teoria científica, tendo como condições de contorno o fato que ele faz parte da subdivisão de cosmologia da Fundação Rockefeller. Ao final, o júri, com ajuda do professor, decide quais foram os melhores argumentos apresentados, e, portanto, define qual cientista receberá o prêmio.

A introdução envolve além do cenário inicial do jogo, também uma discussão sobre “o que é cosmologia?” e sobre algumas diferenças entre cosmologia e astronomia. Para isto são apresentados vídeos e discussões sobre as dimensões e distâncias do que podemos observar de nosso universo, com o objetivo apresentar aos alunos o desafio e a pretensão que é tentar entender o universo como um todo.

As outras três fases do jogo são todas divididas em três etapas cada uma: 1. Etapa de investigação (busca por pistas); 2. Etapa de sistematização dos acontecimentos 3. Etapa de argumentação e premiação de cientista. Os alunos tem um primeiro contato com os elementos relevantes da época no momento de investigação, em um exercício de selecionar e organizar informações relevantes, percebendo ao longo do processo o que é mais importante para o aprendizado de cada um. Um risco desta etapa é que seja transmitida uma visão pobre de história da ciência aos alunos, que poderia ser reduzida a um amontoado de nomes e fatos. Após a investigação, há um segundo contato com os elementos da época com uma aula de discussão e sistematização dos eventos mais importantes deste período, tanto na história política, quanto na história da cosmologia, de forma a enfatizar elementos que são relevantes para a história da cosmologia. Por final, para cada fase tem uma aula dedicada à argumentação entre os alunos a respeito de qual cientista que apareceu na época deve receber um prêmio, e neste momento, os alunos estão livres para usar como argumento qualquer informação obtida pelas pistas ou pela aula de sistematização.

Na primeira fase: 1. **Investigação:** Neste momento, as pistas foram elaboradas de forma a propiciar uma discussão sobre a questão do nacionalismo na ciência após a primeira Guerra, o boicote à ciência alemã feito por franceses, ingleses e estadunidenses e tenham um primeiro contato com os modelos cosmológicos de Einstein e De Sitter, e a relação entre Einstein e Friedmann. Na aula de sistematização 2. **Sistematização:** Neste momento, a partir da relação entre Einstein e Friedmann, é realizada uma discussão sobre a objetividade no processo de avaliação de teorias, apresentando o sistema de avaliação de artigos por pares e refletindo sobre possíveis influências nesse processo.

Na segunda fase: 1. **Investigação:** Neste momento as pistas propiciam aos alunos um primeiro contato com as investigações sobre a relação entre redshift e distância das nebulosas, assim como sobre as possíveis interpretações destas observações astronômicas relacionando-as com os modelos cosmológicos estático e em expansão. 2. **Sistematização:** A partir das contribuições de Lemaître e Hubble, o objetivo é iniciar as discussões sobre as possíveis interpretações do desvio espectral para o vermelho e sobre disputas de prioridade na ciência, refletindo sobre como questões como a fama, autoridade do pesquisador, sua nacionalidade e relações pessoais na comunidade científica, assim como suas convicções pessoais, concepções filosóficas, estéticas e religiosas podem influenciar o processo de aceitação das teorias científicas. Outro objetivo é aprofundar os estudos sobre a relação redshift-distância, através da elaboração pelos alunos de gráficos a partir de dados da época de observações astronômicas (tratados previamente para serem possíveis de interpretação pelos alunos) e discutir as possíveis interpretações cosmológicas destes dados.

Na terceira fase:1.**Investigação:** Nessa fase as pistas tratam da recepção da cosmologia relativística, tanto na URSS quanto na Europa Ocidental. Nesse período o belga Georges Lemaître propôs um modelo de universo em expansão com começo no tempo. O fato de Lemaître ser padre, além de cientista, gerou uma desconfiança de que talvez ele tenha criado esse modelo para conciliar a cosmologia contemporânea com sua fé religiosa em um universo criado por Deus. Na URSS, principalmente com aumento da influência da ideologia oficial do Partido Comunista na avaliação da cultura, educação e ciência, os modelos relativísticos com um começo no tempo foram criticados pela possibilidade de serem utilizados para se fazer propaganda religiosa (Bagdonas et. al. 2012). Também aparece o início da Segunda Guerra Mundial, e o início dos estudos envolvendo armas nucleares na Alemanha, em que Heisenberg teve papel importante, e nos EUA, que recebeu muitos cientistas refugiados da Alemanha, que participaram das iniciativas que levaram à criação do Projeto Manhattan. 2.**Sistematização:** Discussão sobre modelo do átomo primordial de Lemaître, visão marxista da cosmologia. São apresentadas discussões sobre o problema da idade do universo, e como política e religião influenciaram os argumentos científicos nesse período.

**Argumentação para as três fases:** Neste momento os grupos deverão argumentar, para cada época, qual cientista merece o prêmio, e os grupos estão livres para usar como argumento qualquer informação obtida tanto das pistas quanto das aulas de sistematização. Estas informações podem ser produções científicas da época, informações de contexto social e político da época, questões de valores morais e éticos, questões sobre nacionalidade, autoridade, relações/influências pessoais no meio científico. Ao utilizar estes tipos de informações na elaboração de argumentos, os alunos participam ativamente de um ambiente propício para o entendimento de como estes tipos de questões apresentadas podem influenciar o meio científico, assim como debate sobre questões como “Quem ‘descobriu’ a expansão do universo?”, “O ‘erro’ de Einstein e a relação entre Einstein e Friedmann”, “Diferentes interpretações para observações experimentais ‘redshift e a expansão do universo’ e ‘lei de hubble’”.

## **Análise do jogo didático**

O jogo anteriormente descrito foi aplicado em uma escola da rede estadual de São Paulo durante o 1º semestre do presente ano. As aulas foram registradas em áudio e vídeo. Contudo, para os fins deste trabalho não analisaremos detalhadamente cada uma das aulas ministradas, mas somente indicaremos as características principais do jogo que julgamos importantes para a promoção de debates sobre a NdC.

A primeira delas é referente à opção de o jogo ter como base uma divisão regional. Como descrito anteriormente, em cada uma das fases do jogo os alunos devem buscar pistas que consistem em acontecimentos relevantes que ocorreram em diferentes países. Além dos desenvolvimentos científicos, os alunos também entram em contato com acontecimentos sociais, artísticos e outros que permitem perceber a relação da ciência com sua época. Consideramos que este fator permite a aprendizagem reconhecer a ciência como o produto de um período histórico, influenciada, mas não determinada por seu contexto sócio histórico.

Outra característica importante é a de cada fase fazer referência a um período histórico [(Primeira fase (1914-1924); Segunda fase (1925-1931); Terceira fase (1932-1939)]. Além de reforçar o ponto anteriormente destacado, que relaciona o desenvolvimento científico com uma época histórica, o contato com cada um dos períodos permite avaliar como determinado saber muda ao longo do tempo, evitando a visão das teorias científicas como verdades absolutas. Porém, ao mesmo tempo, podem reconhecer que os debates realizados foram

pautados em observações astronômicas e suas interpretações baseadas em teorias físicas, de forma que visões relativistas ingênuas da ciência também podem ser problematizadas.

Na segunda fase do jogo, e nas aulas que a acompanha, os estudantes avaliam as contribuições que diferentes cientistas deram à cosmologia ao estudarem experimentalmente os desvios espectrais para o vermelho de nebulosas espirais, corpos que hoje chamamos de galáxias. Nesta etapa fica claro que a percepção de que o universo está em expansão é uma inferência a partir de um conjunto de dados realizada a partir de um processo coletivo e estendido no tempo, e não uma descoberta pontual feita por um gênio isolado do mundo. Esta terceira característica do jogo ainda se torna explícita quando, na aula de sistematização, o professor apresenta uma interpretação “concorrente” à ideia de expansão do universo, a teoria da “luz cansada”. Neste momento os alunos percebem que as interpretações dos dados não são completamente objetivas e neutras.

Um quarto ponto do debate sobre a NdC ainda pode ser destacado. Na primeira fase do jogo a figura de Lemaître é uma das mais importantes e o fato de o mesmo ser padre ganha destaque na discussão. Mesmo que historiadores discutam sobre o quanto isso pode ter efetivamente influenciado suas concepções (Henrique, 2011), o fato de os cientistas poderem ser influenciados por crenças aparece explicitamente, de forma que aspectos deste debate histográfico foram apresentados de forma didática aos estudantes. Com isso, pudemos debater sobre o quanto a cosmologia foi influenciada por aspectos muitas vezes considerados “externos” à ciência, como a religião, política, e cultura da época, deixando claro que a ciência não é uma atividade neutra. Os cientistas muitas vezes são movidos por compromissos teóricos que envolvem conhecimentos prévios, expectativas e crenças.

## **Considerações finais**

No início do trabalho discutimos a importância da História e Epistemologia das Ciências para o seu ensino e argumentamos sobre a relevância de inserirmos tópicos não consensuais da NdC nas aulas, mesmo quando consideramos o Ensino Médio. Contudo, indicamos que ainda há um grande desafio quando pensamos em como ensinar este conteúdo, considerando que há muitos obstáculos a serem superados (Forato, 2009). Torna-se importante avaliar como diferentes estratégias didáticas permitem o ensino e a aprendizagem de tópicos não consensuais sobre a NdC.

Elaboramos uma proposta de jogo didático e, a partir de sua análise, encontramos alguns temas de debate relevantes para o ensino de aspectos controversos e não consensuais da natureza da ciência, tais como a relevância de aspectos culturais, crenças pessoais, sociais, políticos e religiosas na ciência em diversas épocas e regiões. Verificou-se também temas para debate de como um conceito científico muda em diferentes períodos históricos e foi interpretado de diferentes maneiras por cientistas, gerando problematizações relevantes para o debate.

Esta proposta, mesmo que elaborada visando uma abordagem em cosmologia, apresentou uma dinâmica de discussões que pode ser adaptada para outros assuntos no ensino de ciência e para enfatizar outros aspectos da natureza da ciência sem muitas dificuldades. Assim, consideramos que o mesmo caminho metodológico pode ser explorado quando se busca ensinar outros conteúdos.

## **Referências.**

- BAGDONAS, A; ZANETIC, J; GURGEL, I. Críticas à Visão Consensual da Natureza da Ciência e a Ausência de Controvérsias na Educação Científica. In: **Atas do XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, 2012, Maresias, 2012.
- EFLIN, J.; GLENNAN, S. e REISH, G. The Nature of Science: A Perspective from the Philosophy of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n.1, p.107-116, 1999.
- FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. Tese de Doutorado, FEUSP, Universidade de São Paulo, 2009.
- HENRIQUE, A. B. **Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia**. Dissertação de Mestrado, IFUSP, 2011.
- HOETECKE, D.; SILVA, C. C. Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. **Science & Education**, v. 20, p. 293-316, 2011.
- IRZIK, G. e NOLA, . A family resemblance approach to the nature of science for science education. **Science & Education**,v.20, 2011
- KRAGH, Helge. *Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe*. Princeton, Princeton University Press, 1996.
- LEDERMAN, N. Nature of Science: Past, Present, and Future. In Abell, S.K. and Lederman, N.G. (Eds.), **Handbook of Research on Science Education**, 2007, p.831-880.
- MATHEWS, M. R. **Science teaching: the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge, 1994.
- McCOMAS, W. F., ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The nature of science in science education: an introduction. **Science & Education**, VOL.7, 511-532, 1998.
- PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D.; Vilches, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, vol.13(2), p.141-156, 2007.
- ROSENTALSKI, Evandro; NORONHA, André; BAGDONAS, Alexandre; Realismo e Antirrealismo Científicos: Pela pluralidade filosófica no Ensino de Ciências In: **Atas do 2nd - Latin-American Conference of the International History, Philosophy, and Science Teaching Group**, Mendoza, 2012.
- ZANETIC, J. **Física também é cultura**. Tese de Doutorado, FEUSP, 1990.