

Levantamento de Recursos Didáticos para o ensino e aprendizagem de Cosmologia

Resource Letter for the teaching and learning of Cosmology

P.C.S. Gonçalves¹, J.E. Horvath^{*2}, P.S. Bretones³

¹Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

²Universidade de São Paulo, Instituto de de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Departamento de Astronomia, São Paulo, SP, Brasil.

³Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Metodologia de Ensino, São Carlos, SP, Brasil.

Recebido em 18 de maio de 2021. Revisado em 08 de fevereiro de 2022. Aceito em 21 de março de 2022.

Este trabalho consiste em um Levantamento de Recursos Didáticos (*Resource Letter*) para o ensino de Cosmologia do material em português, inspirado nas iniciativas similares do *American Journal of Physics* publicadas continuamente há mais de cinco décadas. O material foi coletado após consulta a Teses e Dissertações, artigos de periódicos, Atas de eventos, entre outras fontes especializadas que disponibilizam textos completos. Localizamos 205 pesquisas, que foram organizadas de acordo com otemas e conteúdos de Cosmologia abordados, bem como classificados conforme o nível educacional a que se dedicaram e o foco temático de interesse. O desenvolvimento histórico da Cosmologia como disciplina científica é brevemente apresentado. A proposta é que esse material coletado e organizado possa ser uma base de consulta no que diz respeito ao que tem sido produzido no Brasil, no período aproximado dos últimos 30 anos, para auxiliar o trabalho educacional da área, servindo de base para a construção de seqüências didáticas e atividades *ad hoc* à medida das necessidades específicas do professor. Para estes fins, uma seleção de trabalhos para cada conteúdo e uma apreciação crítica da literatura e o ensino em geral foram introduzidos.

Palavras-chave: Ensino e Aprendizagem, Cosmologia, Recursos Didáticos.

This work presents a Survey of Didactic Resources (*Resource Letter*) for the teaching of Cosmology in Portuguese language, inspired by similar initiatives published by the *American Journal of Physics* continuously published in the last five decades. The texts were collected from a selection of Theses and MSc works, journal articles, Proceedings of events and other specialized publications that feature full text availability. We selected 205 research works, later organized according to the Cosmology subjects and further classified according to the education level and thematic focus. The idea is that this collected material could act as a database for the Brazilian production in the last 30 years, to support the educational work in the area, as a useful basis for the construction of didactic sequences and ad hoc activities according to the specific needs of each professor. For this purpose, a selection of works for each subject and a critical appraisal of the literature and teaching in general were introduced.

Keywords: Teaching and Learning, Cosmology, Didactic Resources.

1. Introdução: o Estado da Arte do Ensino da Cosmologia

A Base Nacional Comum Curricular [1] contém uma série de *currículos* desenvolvidos ao longo das últimas décadas que atribuíram um lugar muito importante na Educação à inserção e participação do estudante na preservação do ambiente na sociedade contemporânea. Como extensão natural, o contexto do Universo tem sido considerado/mencionado em várias habilidades como, por exemplo, no 9º ano(EF09CI14),¹ onde é

recomendado o tratamento da composição, estrutura e localização do Sistema Solar na galáxia e no Universo. Já no EF09CI15 é introduzido o contexto cultural e socioeconômico das diferentes leituras do céu e seu papel no desenvolvimento humano. Outras habilidades abordam os fundamentos da evolução das estrelas e as viagens interestelares, todos considerados importantes para efeitos de uma formação integral do aluno.

Sabemos que a Humanidade foi motivada sempre pelas maiores questões que existem, com vieses filosóficos e teológicos, além da sua realização no plano estritamente científico: a questão de como tudo começou, qual a origem do nosso Universo, e implicitamente sua identidade e evolução ao longo do tempo. Estes assuntos são, no Ensino Superior, alvo da *Cosmologia* como disciplina integradora da Física, Astronomia e Matemática. Mas

* Endereço de correspondência: foton@iag.usp.br

¹ Esta é uma sigla utilizada pela BNCC, em que EF significa fica ensino fundamental, 09 se refere ao ano do ensino fundamental, CI se refere à área de conhecimento Ciências da Natureza e 14 é o número da habilidade proposta para este ano.

é inegável que outras disciplinas como a Antropologia e a Filosofia têm muito a acrescentar ao quadro puramente físico da origem e evolução do Universo, fato evidentemente relevante para o Ensino Fundamental e Médio. Este é um tema com grande potencial integrador. Não resulta difícil conectar a Cosmologia com as EF09CI14, EF09CI15, EM13CNT201, EM13CNT209 e outros, já que desde um ponto de vista amplo, a Cosmologia é a maior extensão dessa “localização” que começa no ambiente próximo. Existem outros casos de currículos nacionais [2, 3] em que o *Big Bang* e assuntos similares são explicitamente tratados.

É possível afirmar, no entanto, que pela sua própria essência e sua evolução conceitual, a Cosmologia nas Ciências Naturais resulta um desafio maiúsculo para sua introdução na Educação. Lidar com o maior e mais complexo sistema físico conhecido, o próprio Universo, exige dos docentes o limite das suas habilidades e sua compreensão física. Para começarmos, a Cosmologia quase nunca é mandatória nos cursos de formação, a exemplo do caso da Astronomia, esta última muito mais presente nos currículos escolares. As duas são preteridas em favor de outros assuntos [4, 5] que se apresentam aparentemente como de maior urgência e importância para o exercício da docência em Ciências.

Mas os problemas somente começam por causa desta carência. É importante lembrar que a Cosmologia requer uma *visão relativística* do Universo em geral, onde a propagação finita da luz e até mesmo a natureza da gravitação e dos fenômenos que ocorrem através do tempo cósmico criam inúmeros problemas conceituais, mesmo nas abordagens qualitativas. Uma Cosmologia newtoniana é possível, com ressalvas e sujeita a vários erros evidentes, mas sutis. De fato, quando investigada a compreensão da dinâmica de partículas (muito mais acessível que a dinâmica do Universo), constata-se a forte presença de conceitos e atitudes aristotélicas, pré-newtonianas, nos professores [6]. Assim, não é estranho que o tratamento da Cosmologia, quando abordado, se apresente como algo bem difícil para discussão na sala de aula. Nem por isto deve-se abandonar a tarefa, já que em primeiro lugar, a visão atual do Universo em expansão já fez um século [7] e deveria estar incorporada ao patrimônio científico e cultural da sociedade de forma efetiva, embora a realidade seja bem diferente. Desta forma, é importante coletar material didático variado que permita ao professor navegar nesta tarefa, respeitando seu próprio marco laboral, conceitual e temporal.

No processo de ensino e aprendizagem existe uma relevância dos conteúdos no acesso aos conhecimentos da nossa sociedade, buscando garantir uma cultura de base para todos os estudantes [8]. Para isso, não é suficiente uma seleção e organização lógica dos conteúdos para serem ensinados, pois é necessário também atenção com a inclusão de vivências para os estudantes, de forma que possa ser mais significativo, assim como a

inclusão da dimensão crítica e social desses conteúdos. A própria compreensão de conteúdos é mais ampla: trata-se de um conjunto de conhecimentos, habilidades, modos valorativos, hábitos e atitudes [8].

Podemos distinguir, a partir da literatura, três categorias de conteúdos: conhecimento do conteúdo da matéria, conhecimento pedagógico do conteúdo e conhecimento curricular [9]. É razoável afirmar que raramente os professores participam de formações abrangentes nos conteúdos de sua área, seja de forma inicial ou continuada. Sendo assim, a partir das várias formas de conteúdo, como apresentado, é importante que os professores tenham maior compreensão sobre os conteúdos de Cosmologia, além das opções de ferramentas didáticas já discutidas em pesquisas que o material que segue disponibiliza.

A escolha e definição dos conteúdos, assim como as metodologias utilizadas no processo de ensino e aprendizagem é tarefa dos professores, a partir das propostas curriculares, dos conteúdos da Ciência e por fim, pelas necessidades postas em nossa vida em sociedade para o desenvolvimento do seu trabalho [8]. No entanto, cabe uma apresentação do conteúdo e o contexto da disciplina que emergiu no século 20 com raízes na Grécia Antiga e outras fontes para justificar e motivar a sua introdução na Educação.

2. A Cosmologia e Sua Evolução como Disciplina Científica e no Contexto da Educação

A Cosmologia, etimologicamente considerada, é tão antiga quanto o pensamento humano, já que se ocupa da origem (e evolução) do próprio Universo que habitamos. Na tradição ocidental, é consenso considerar Anaximandro (discípulo de Tales de Mileto) no século 6 a.C. “o primeiro cosmólogo”, ou seja, o primeiro pensador que se ocupou explicitamente destes temas da origem e constituição do Universo, construindo o primeiro modelo cosmológico abrangente conhecido. A visão do Universo no qual vivemos atravessou séculos com importantes aportes de um número expressivo de filósofos e pensadores (Fig. 1), e chegou a uma forma “moderna” nos trabalhos de Newton e contemporâneos.

Porém, foi no começo do século 20, com a construção da Relatividade de Einstein que os alicerces da forma atual na qual compreendemos o Universo foram colocados. Por uns 50 anos a discussão dos modelos matemáticos e suas consequências dominou o cenário científico. Isto é notório nos textos da primeira metade do século 20 [10], onde a Cosmologia é praticamente um ramo da Física-Matemática. Mas o século 20 daria lugar a algumas descobertas de enorme importância que mudaram muito este quadro inicial. Em 1965, Penzias e Wilson [11] descobriram a chamada *Radiação Cósmica*



Figura 1: O caminho da Cosmologia no Ocidente de forma gráfica, desde Anaximandro até as equipes contemporâneas que vasculham a fundo o Universo observável, passando por Newton, Einstein e outros nomes de importância para a construção do estado da arte científico da disciplina, dominada hoje pela pesquisa em grandes colaborações que obtêm e analisam grandes volumes de dados.

de Fundo (Cosmic Microwave Background Radiation, ou CMBR, em inglês), uma emissão isotrópica e uniforme em microondas que foi atribuída à radiação que deixou de estar em equilíbrio com a matéria no Universo primordial e que, afetada pela expansão cósmica, se deslocou para baixas frequências. Poderíamos argumentar que este foi um dos primeiros sinais da Cosmologia “física”, ou sequência de processos que modificaram o Universo desde as mais altas energias consideradas, e que resulta diretamente observável. Quase simultaneamente aconteceu a descoberta dos quasares [12], objetos misteriosos de aspecto estelar (*quasi-stellar* em inglês), mas que resultaram emissores de quantidades fabulosas de energia em distâncias cosmológicas, constatação feita a partir das linhas de emissão deslocadas pela expansão de Hubble [13, 14]. A possibilidade de enxergar estruturas longínquas no Universo alavancou os levantamentos de quasares e galáxias distantes, até o ponto em que hoje as imagens mais profundas disponíveis enxergam o tempo onde o Universo era homogêneo, já que as estruturas ainda estavam para ser formadas. Em 1992, no entanto, a equipe do satélite COBE anunciou a descoberta de pequenas flutuações no CMBR, da ordem de 10^{-5} do valor médio da temperatura ~ 3 K, identificadas como “marcas” do momento onde a radiação e a matéria flutuavam juntas, ou seja, as “sementes” das inhomogeneidades que finalmente provocaram a formação da estrutura observada. E a última surpresa de porte aconteceu em 1998 quando duas equipes independentes revelaram que os dados que possuíam sugeriam que o Universo não somente está se expandindo, mas que o faz aceleradamente. Embora existam várias formas de provocar um efeito assim, o mais simples parece ser a presença de uma *energia escura* que não somente domina o balanço energético total, mas que provoca um efeito

de aceleração na expansão de Hubble, a qual se pensava decelerando até esse momento.

Vemos assim que o século 20 foi o “século da Cosmologia”, nunca antes houve tanta novidade factual e tanto interesse na construção de um quadro abrangente dos processos e história cosmológica. O novo século herdou, no entanto, iniciativas e problemas extremamente interessantes que estão em elaboração pelos cosmólogos, estes muito mais numerosos e empíricos que seus colegas anteriores, diga-se de passagem. De fato, a descoberta das ondas gravitacionais [15] e o imageamento de um buraco negro supermassivo em M87 [16] mostraram que a taxa de descobertas e desenvolvimentos importantes é até maior do que já foi no século 20, levando a gravitação de Einstein ao primeiro plano. Mas isto provocou um problema sério para a Educação, já que se por um lado ficou óbvio que os assuntos cosmológicos *precisavam* entrar na formação do estudante, a defasagem já conhecida da Física com o mundo contemporâneo que ela própria ajudou a construir se amplificou, e os reflexos na discussão dos fatos e descobertas da Cosmologia na sala de aula é para muitos inviável [17]. Vários países, no entanto, adotaram a gravitação de Einstein e tópicos derivados como parte integral do currículo do Ensino Médio [18]. Ao todo, um bom número de autores interessados em auxiliar nesta tarefa começou a produzir material de interesse para o professor e educador, com uma aceleração notável nos últimos anos. Assim, temos a nossa motivação para a construção do presente “guia”. Inspirada em iniciativas nos EUA, o objetivo é o de reunir e ponderar o material publicado em português (principalmente), devidamente classificado e hierarquizado, de tal forma que seja possível para o professor utilizá-lo modularmente, segundo suas próprias necessidades. As iniciativas desta classe são conhecidas como *Resource Letter* (por exemplo, vide [19]), assimiladas por nós como *Levantamento de Recursos Didáticos*. Devemos enfatizar que a lista é extensiva, mas não pretende ser completa, embora sua extensão e abrangência sejam consideráveis.

Um critério importante utilizado por nós foi o de indicar somente trabalhos *completos*, tanto impressos quanto disponíveis de forma eletrônica, para contribuir efetivamente à tarefa de montagem e curadoria do professor. A seleção e critérios de classificação de conteúdos e pedagógicos são apresentados a seguir.

3. Classificação e Descritores Utilizados para a Seleção do Material

O Levantamento de Recursos Didáticos privilegiou o material publicado em português nos últimos >30 anos, aproximadamente. Este intervalo não é rígido e tentamos incluir trabalhos importantes que somente se encontram sob papel, sem digitalização nem versão eletrônica, embora estes sejam finalmente uma fração minoritária do total. Foram selecionadas Teses e Dissertações, contudo

as edições completas de várias revistas especializadas em Educação em Ciências (principalmente Física e Astronomia) constituem a maior parte do material, a lista não exaustiva inclui a *Revista Brasileira de Ensino de Física* (RBEF); *Ciência & Educação, Caderno Catarinense de Ensino de Física* (até 2002) e *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (2002 até hoje), a *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* (RELEA), *A Física na Escola*, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* (REEC), *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (RBPEC) e *Revista Investigações em Ensino de Ciências* (IENCI). Foram incorporados materiais adicionais do *Simpósio Nacional de Ensino de Física* (SNEF), *Simpósios Nacionais de Educação em Astronomia* (SNEA), *Encontro Nacional de Ensino de Ciências* (ENPEC) e dos *Cadernos de Astronomia da UFES* e de fontes várias indicadas em cada caso, assim como numerosos livros didáticos e trabalhos estrangeiros que complementam a amostra.

Cada trabalho relacionado foi classificado pelo conteúdo e nível educativo para os quais são recomendados, muitas vezes explícito, e nos casos omissos, sugeridos por nós. Embora possível, um enquadramento similar ao antigo *PACS* ou ao novo *PhySH – Physics Subject Headings* [20] resultaria muito amplo sem atender às necessidades dos professores, de tal forma que decidimos agrupar os conteúdos nas categorias seguintes:

Conteúdos de Cosmologia

- C1: Processos cosmológicos: bariogénese, nucleossíntese primordial e Recombinação (CMBR) e formação de galáxias
- C2: Matéria Escura e Energia Escura e o Universo acelerado
- C3: Evolução do Universo; Inflação, expansão de Hubble
- C4: Estrutura em larga escala (quasares, buracos negros primordiais, aglomerados de galáxias)
- C5: Origem do Universo e Cosmogonias (incluindo as abordagens étnicas), aspectos históricos, filosóficos e socioculturais da Cosmologia
- C6: Relatividade Geral, Gravitação e outros desenvolvimentos relacionados (Relatividade Restrita etc.)

Simultaneamente, o *foco temático* educacional de cada artigo foi identificado segundo os seguintes descritores [21], os quais ajudam a visualizar o escopo do trabalho e apontam para sua localização desde o ponto de vista da Educação:

Foco Temático Educacional:

- D1 Currículos e Programas: Pesquisa sobre princípios, parâmetros, diretrizes e fundamentos teórico-metodológicos em relação à Cosmologia convencionalmente atribuídos ao desenho curricular: objetivos educacionais, conteúdos, estratégias, avaliação, etc. Avaliação de propostas curriculares ou projetos educacionais. Proposição

e desenvolvimento de programas ou propostas alternativas de ensino para uma série, disciplina, semestre letivo ou ciclo escolar completo.

- D2 Formação e características de Professores: Trabalhos que abordem a formação inicial, continuada e/ou permanente de professores para Cosmologia, assim como monitores e divulgadores em planetários, observatórios, museus ou outros espaços não-escolares. Estudos que abordem os modelos de pensamento e concepções sobre Cosmologia desses sujeitos.
- D3 Conteúdo e Método: Estudos que se dedicam à relação conteúdo-método no ensino de Cosmologia.
- D4 Recursos Didáticos: Estudos de avaliação de materiais ou recursos didáticos no ensino de Cosmologia.
- D5 Características do Aprendiz: Diagnóstico dos aprendentes, sejam alunos ou público não-escolar. Identificação (constatação) do conhecimento prévio do aprendente, de sua estrutura intelectual, modelos de pensamento ou de suas concepções sobre Cosmologia. Estudos das atitudes e características de um aprendente ou grupo no contexto do processo de ensino-aprendizagem.
- D6 História, Filosofia e Natureza da Ciência: Trabalhos que buscam incluir abordagens de fatos históricos nos processos de ensino-aprendizagem de Cosmologia. Trabalhos que abordam aspectos relativos à filosofia ou epistemologia da ciência, tais como: concepção de ciência, de cientista, de método(s) científico(s) por meio da Cosmologia. Trabalhos sobre a formulação e desenvolvimento de teorias científicas, paradigmas e modelos científicos voltados ao ensino ou dedicados à aprimorar o conhecimento dos leitores.
- D7 Conteúdo específico: pesquisas que buscam discutir sobre conteúdos específicos e conceitos da área, para tornar ao leitor determinado tema mais acessível.

Os *níveis educacionais* identificados são os quatro tradicionais, ou seja

EF – Ensino Fundamental
EM – Ensino Médio
ES – Ensino Superior
ENF – Ensino Não Formal

Encontramos no levantamento um total de 205 trabalhos de pesquisa, que foram organizados especialmente em função dos conteúdos de Cosmologia que discutem, apresentando na frente da sua referência sua classificação quanto ao nível escolar e foco temático. Alguns apresentaram a abordagem de mais de um dos conteúdos em Cosmologia, foco temático e nível educacional. A ordem em que as referências aparecem na lista não se relaciona à importância do trabalho, embora os que foram comentados em cada categoria são destaques positivos, recomendados para serem leitura prioritária.

4. Utilização do Material

Antes de apresentar e ponderar os trabalhos selecionados, resulta recomendável a leitura e estudo de algum texto abrangente da disciplina. Aqui temos o primeiro problema com a literatura: existem textos utilizados para cursos de Ciências (principalmente Física e Astronomia) e material em livros paradidáticos e de divulgação, mas nada completamente definitivo que seja de utilidade completa do professor que queira se aprofundar na disciplina. Observamos, antes de mais nada, um problema de *foco e linguagem*, pelo menos para encontrar um livro-texto formativo e adequado. O conjunto (Quadro 1) seguinte foi selecionado com o intuito de fornecer uma sequência lógica e ordenada para montar um curso ou sequência didática segundo as necessidades, e/ou apoiar atividades complementares tipo estudo dirigido e similares, mas não constitui o material ideal para a formação do professor, pelo menos integralmente. É recomendável começar por uma leitura de tipo geral (por exemplo, as obras de M. Novello, 2000 ou R. Martins, 2012) e posteriormente estudar um texto mais formal (por exemplo, S.O. Kepler e M.F. Saraiva, 2014 ou J.E. Horvath et al., 2006)

4.1. Livros didáticos, paradidáticos e de divulgação

Levando em conta ainda a disponibilidade gratuita na Internet tão comum para alunos e professores, e a questão formativa apontada acima, selecionamos material *online* que pertence a *sites* confiáveis e acreditados, de fácil disponibilidade e ricos em imagens, animações e material complementar. Este material está muito mais próximo do “ideal” no sentido de fornecer uma racionalidade técnica adequada ao professor, sem cair na divulgação ou excesso de tecnicismos. São de particular interesse as transcrições dos chamados *Cursos de Extensão*. O curso do Observatório Nacional é um bom exemplo do tipo de material mínimo para começar.

4.2. Material disponível online (cursos, apostilas, etc.)

INPE

Curso “Introdução à Astronomia e Astrofísica”, INPE
<http://www.inpe.br/ciaa2019/material-curso.php>

Apostila:

http://www.inpe.br/ciaa2019/arquivos/pdfs/apostila_ciaa_2019_completa-compactado.pdf

Apresentação de Aulas:

Cosmologia – Galáxias

http://www.inpe.br/ciaa2019/arquivos/pdfs/galaxias-e-cosmologia/GalaxiasCosmologia_2019.pdf

Ondas gravitacionais

http://www.inpe.br/ciaa2019/arquivos/pdfs/ondas-gravitacionais/ondasGravitacionais_2019.pdf

IAG-USP

Curso completo com 66 vídeoaulas em duas partes

AGA 0100 – Astronomia: Uma Visão Geral I

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLxI8Can9yAHd7kUPviBHxr-49QE17PRXR>

AGA 0100 – Astronomia: Uma Visão GeralII

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLxI8Can9yAHfJ2sGxMii8mJ6maoCj9AtU>

Curso online: Origens da vida no contexto cósmico

<https://pt.coursera.org/learn/origensdavid>

UFSC

Astrofísica para todos – UFSC

<https://astrofisica.ufsc.br/>

Cosmologia

<https://astrofisica.ufsc.br/cosmologia1/>

Material do Curso:

<https://astrofisica.ufsc.br/material/>

ON

Apostila do Curso a Distância – Cosmologia

<https://app.box.com/s/ophs9cl086ktdqvn9p20c29c67sq1zq1>

Revista USP

Número especial dedicado à Cosmologia

<https://www.revistas.usp.br/revusp/issue/view/1063>

UFRGS

Material didático e hipertextos

<http://www.if.ufrgs.br/ast/hipertextos.html>

<http://www.if.ufrgs.br/~fatima/faad.htm>

Localizamos também alguns levantamentos do tipo Estado da Arte e artigos de revisão realizados sobre Cosmologia (não incluídos na pesquisa dos artigos mais abaixo), que embora sejam majoritariamente dedicados à Relatividade ou levantamento dos trabalhos feitos no Brasil, serão seguramente de utilidade para pesquisadores da área (Quadro 2):

Finalmente listamos os artigos sobre os temas em Cosmologia, identificados em revistas, eventos e bancos de dados variados, assim classificadas segundo os 6 grupos de conteúdos. Optamos por comentar e recomendar alguns para cada assunto, embora os interessados encontrarão farto material adicional em cada listagem. As categorias dos conteúdos foram caracterizadas em cada caso para guia dos usuários.

C1: Processos cosmológicos: bariogênese, nucleossíntese primordial, Recombinação (CMBR) e formação de galáxias

A passagem de um Universo estático para um dinâmico, em expansão, nos começos do século 20 fez inevitável a discussão da transformação do conteúdo do Universo desde o “instante inicial” até hoje. Esta visão do *Big Bang* não admite que o Universo tenha uma composição fixa/constante, e o Universo primordial não parecia em absoluto com o atual. De fato, na evolução do Cosmos encontramos explicações profundas para fatos

Quadro 1: Livros Didáticos, Paradidáticos e de Divulgação.

Obra	C	N. Educacional
Hawking, S., <i>O Universo numa Casca de Noz</i> , (Ed. Intrínseca, Rio de Janeiro, 2016).	C1–C6	ENF
Hawking, S., <i>Uma breve história do tempo</i> , (Ed. Intrínseca, Rio de Janeiro, 2015).	C1–C6	ENF
Hawking, S., <i>Buracos Negros</i> , (Ed. Intrínseca, Rio de Janeiro, 2016).	C4, C6	EM, ENF
Toben, B. e Wolf, F.A., <i>Espaço tempo e além</i> , (Ed. Cultrix, São Paulo, 2006).	C1–C6	ENF
Silk, J., <i>O Big Bang</i> , (Ed. UnB, Brasília, 1980).	C1–C6	ENF
Weinberg, S., <i>Os três primeiros minutos</i> . (Ed. Guanabara Dois, 1980).	C1–C6	EM, ENF
Gribbin, J., <i>Gravidade Buracos Negros e Universo</i> (Ed. Francisco Alves, 1983)	C4, C6	EM, ENF
Gribbin, J., <i>Buracos Brancos</i> (Ed. Francisco Alves, 1982).	C4, C6	ENF
Bretones, P.S., <i>Os Segredos do Universo</i> ; 11ª ed. Coleção Projeto Ciência (Ed. Atual, São Paulo, 2014).	C1–C6	ENF, EM
Picazzio, E. (Org.) <i>O céu que nos envolve – Introdução à Astronomia para educadores e iniciantes</i> . (São Paulo: Odysseus Editora, 2011). Disponível em http://www.astro.iag.usp.br/OCeuQueNosEnvolve.pdf	C1–C6	EM, ENF
Kepler, S.O. e Saraiva, M.F., <i>Astronomia e Astrofísica</i> (Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2014). Disponível em http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf	C1–C6	EM, ES
Horvath, J.E., <i>O ABCD da Astronomia e Astrofísica</i> (Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2008).	C1–C6	EM
Horvath, J.E., Lugones, G., Scarano Jr., S., Allen, M.P. e Teixeira, R., <i>Cosmologia Física: do micro ao macro Cosmos e vice-versa</i> , (Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2006).	C1–C6	ES
Horvath, J.E. e Custódio, P.S., <i>Os buracos negros na ciência atual: um brevíssimo manual introdutório</i> (Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2013).	C4, C6	EM, ES, ENF
Novello, M., <i>Os sonhos atribulados de Maria Luisa</i> , (Ed. J. Zahar, Rio de Janeiro, 2000).	C6	EM, ENF
de Souza, R.E., <i>Introdução à Cosmologia</i> , (Ed. Edusp, São Paulo, 2019).	C1–C6	ES
Viegas, S.M.M., <i>No início dos tempos</i> , (Ed. Terceiro Nome, São Paulo, 2009).	C1–C6	EM, ENF
Viegas, S.M.M., <i>Um passeio pela Via Láctea</i> , (Ed. Terceiro Nome, São Paulo, 2013).	C1, C4	EM, ENF
Viegas, S.M.M., <i>Entre estrelas e galáxias</i> , (Ed. Terceiro Nome, São Paulo, 2011).	C1, C4	EM, ENF
Viegas, S.M.M., <i>No coração das galáxias</i> , (Ed. Edusp, São Paulo, 2007).	C1, C4	EM, ENF
Viegas, S.M.M. e de Oliveira, F., <i>Descobrimos o Universo</i> , (Ed. Edusp, São Paulo, 2004).	C1–C6	EM, ENF
Novello, M., <i>O Universo inacabado: a nova face da ciência</i> , (Ed. N-1 Edições, Rio de Janeiro, 2018).	C1–C6	ES, ENF
Novello, M., <i>O que é Cosmologia?: A revolução do pensamento cosmológico</i> , (Ed. J. Zahar, Rio de Janeiro, 2006).	C1–C6	ES, ENF
M. Novello, <i>Do Big Bang ao Universo eterno</i> , (Ed. J. Zahar, Rio de Janeiro, 2010).	C1–C6	EM, ES, ENF
Martins, R.A., <i>O Universo: Teorias Sobre sua Origem e Evolução</i> , (Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2012).	C1, C3, C5	EM, ES, ENF
Matsuura, O., <i>Timeu: a Cosmologia de Platão</i> (2019) Disponível em http://www.iag.usp.br/sites/default/files/Timeu.pdf	C5	EM, ES, ENF
De Oliveira Santos, L.C., <i>O Universo Escuro</i> (Ed. Kiron, 2017).	C2	EM, ES, ENF
Paulucci, L., Moaes, P.H.R.S e Horvath, J.E., <i>A Cosmologia na sala de aula</i> (Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2022)	C1–C6	EM, ES, ENF

Quadro 2: Pesquisas do tipo Estado da Arte sobre Cosmologia.

Obra	C	N. Educ.
Queiroga Bazetto, M.C. e Bretones, P.S. <i>A Cosmologia em Teses e Dissertações sobre Ensino de Astronomia no Brasil</i> . Estado da Arte. Atas do I SNEA (2011).	C1–C6	ES
Bretones, P.S. e Brito Ortelan, G. <i>Temas e conteúdos abordados em Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia no Brasil</i> . Estado da Arte. Atas do II SNEA (2013).	C1–C6	ES
Seabra, M.E.F., Bagdonas, A., Maciel, A.M.M.A. <i>Cosmologia nos artigos das principais revistas de ensino de Física no Brasil</i> . Estado da Arte. Atas do XXII SNEF (São Carlos, 2017).	C1–C6	EM, ENF
de Oliveira Martins, C., Zara, R.A., Heimfarth, T., Parisoto, M.F. e Leonel, A.A. (2017). <i>Um estudo sobre o ensino de Relatividade Especial no Ensino Médio</i> . Artigo de revisão. Atas do XI ENPEC (2017).	C6	EM
Silva, A.G. e Errobidart, N.C.G. <i>Ensino da Teoria da Relatividade Restrita</i> . Artigo de revisão. Atas do XI ENPEC (2017).	C6	EM
Lutz de Souza, L., Barcellos, M. e Guerra, A. <i>Relatividade Restrita no Ensino Médio: existem subsídios para o professor?</i> Artigo de revisão. Atas do XI ENPEC (2013).	C6	EM

que, de tão comuns, passam despercebidos, por exemplo, a escuridão do céu ou a existência de estrelas e planetas feitos de prótons e nêutrons, que não existiam antes da chamada *bariogênese*.

Dentro do conjunto das pesquisas localizadas, não conseguimos achar um trabalho sequer que discuta como a matéria da qual somos feitos se formou, nem como os núcleos mais elementares puderam se formar a partir desses prótons e nêutrons (nucleossíntese primordial), nem discussão abrangente destes e outros processos cosmológicos de importância. O Quadro 3 apresenta a lista completa dos trabalhos localizados e pelo seu aporte a este tema dos processos cosmológicos, apontamos e apreciamos alguns trabalhos na sequência.

Alguns trabalhos em destaque, com detalhamento, a modo de recomendação para começo da montagem das aulas/sequências pelo professor. Os números correspondem à numeração colocada no Quadro 3:

1. Wensche *et al.* (#1). Esta tentativa de ligar a RCF diretamente às condições do Universo ao momento do chamado “desacoplamento” contribui para destacar a futura formação de galáxias e, de forma mais direta, mostra como obter informação real de um estágio primitivo do Universo que resulta imprescindível para a sala de aula, mostrando que a Cosmologia não é feita de “chutes” (chamados de “teorias” pelos alunos) e sim de fatos a compreender e contextualizar.
2. Solaz-Portolès e Moreno Cabo (#2). Interessante discussão do próprio conceito de vácuo na Física e Cosmologia, com desdobramentos de caráter cultural e filosófico (em espanhol).
3. Ferreira e Santana (#3). Apresentação dos neutrinos, partículas possivelmente irrelevantes para o aluno médio, mas de enorme interesse cosmológico, mostrando que a luz não é tudo o que traz informação do Universo primordial.
4. Sodré (#4). Discussão da relação das observações que “desnortearam” os cosmólogos desde 1998 (levando a acreditar em uma energia escura como solução) e o problema mais antigo, com quase um século, da matéria escura que resiste toda tentativa de explicação desde então. Resulta importante apresentar aos alunos a idéia de que podemos ser feitos de uma componente *muito* minoritária do Universo (a matéria bariônica), enquanto mais de 95% (energia escura e matéria escura) é desconhecido, mas domina seu comportamento.

C2: Matéria Escura e Energia Escura e o Universo acelerado

Como discutimos na Seção 2, a descoberta do Universo que se expande aceleradamente bem no final do século 20 veio acrescentar um elemento importante à velha questão da matéria escura, conhecida desde a década de 1930 quando F. Zwicky observou que a contagem direta da matéria em galáxias binárias não era nem de

longe suficiente quanto para mantê-las ligadas gravitacionalmente. Embora Zwicky o denominou *problema da luz faltante*, passou a ser conhecido como o *problema da matéria escura*. A energia escura, no entanto, é muito mais recente, foi postulada em 1998 como uma componente adequada para produzir uma aceleração no fator de escala do Universo. O estudo das flutuações primordiais (C1) também é consistente com $\sim 70\%$ da densidade de energia do Universo estar em essa forma “invisível”, mas dominante. Do ponto de vista da Educação podemos dizer que estes desenvolvimentos vem acrescentar novos elementos à expansão de Hubble-Lemaître, mas na prática, a conexão da expansão acelerada com a constituição microfísica da realidade é bastante difícil. Em nosso levantamento, verificamos que esta quase nunca é abordada porque requer de um conhecimento aprofundado da natureza da matéria, e das formas nas quais a matéria e energia escuras deveriam ser entendidas neste contexto. Assim, isto é praticamente impossível no Ensino Médio e complicado no Ensino Superior. Seguem-se os trabalhos relevantes nesta categoria, com os três primeiros ponderados após o Quadro 4, visando a construção de uma SD.

Alguns trabalhos em destaque, com detalhamento, a modo de recomendação para começo da montagem das aulas/sequências pelo professor. Os números correspondem à numeração colocada no Quadro 4:

21. Fagundes (#21). O trabalho de Fagundes relaciona os modelos matemáticos com o conteúdo “escuro” de forma de iluminar causa e consequência para a expansão observada, isto enfatiza a unidade do tratamento dispensado à questões similares, tal como o movimento de uma partícula.
22. Bagdonas, Zanetic e Gurgel (#22). Este artigo discute como um “erro” einsteniano (a introdução da constante cosmológica) veio a ser um “acerto” por razões muito diferentes décadas mais tarde. É um elemento importante para mostrar a construção da pesquisa científica real praticada aos alunos.

C3: Evolução do Universo; Inflação, expansão de Hubble

Esta categoria de conteúdos tem um grau de sobreposição com a anterior, mas foi pensada para identificar material a respeito da expansão de Hubble-Lemaître e sua justificativa física, tema central nos assuntos cosmológicos. A necessidade de um estágio muito extremo no Universo primordial onde a expansão era bem diferente, possivelmente exponencial, chamado de *Inflação* pertence às condições primordiais, enquanto a aceleração que levou a postular a energia escura é um fenômeno mais tardio e recente. Destacamos que o próprio conceito de *Big Bang* se refere a este estágio primitivo da expansão, às vezes ligado ao fato de que uma extrapolação das observações do fluxo de Hubble para $t \rightarrow 0$ mostra como inevitável a existência de um estado denso e quente do Universo, muito diferente do atual,

Quadro 3: Pesquisas que abordam C1.

N.	Obra	C	N. Edu.	D
1	Wenske, C.A.; Villela, T., Tello, C. e Soares Ferreira, I. <i>Arqueologia Cósmica com a radiação cósmica de fundo em microondas</i> . CBEF 27 , 647 (2010).	C1	ES	D7
2	Solaz-Portolès, J. e Moreno Cabo, M. <i>El espacio vacío y sus complicaciones en la historia de la ciencia</i> . CCEF 14 , 194 (1997)	C1, C6	ES	D6
3	Ferreira, J.L. e Santana, A.E. <i>Meio Século de Neutrinos: Uma Dentre as Novas Janelas Para o Universo</i> . Física na Escola 7 , 41 (2006).	C1, C3	EM, ES	D4
4	Sodré Jr., L. <i>O lado escuro do Universo</i> , CBEF 27 , 743 (2010).	C1, C2, C4	EM, ES, ENF	D7
5	Bassalo, J.M.B. e Cattani, M., <i>Sobre a radiação cósmica de fundo de micro-onda</i> . CBEF 34 , 823 (2017).	C1	ES	D7
6	Fróes, André Luís Delvas. <i>Astronomia, Astrofísica e Cosmologia para o Ensino Médio</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 36 , 1 (2014).	C1, C2, C3, C4	EM	D7
7	Studart, N. <i>Caetano, o Quantum de Planck e a Expansão do Universo</i> . Física na Escola 2 , 1 (2001).	C1, C3	EM	D7
8	Vieira, F. et al., <i>Habitabilidade cósmica e a possibilidade de existência de vida em outros locais do universo</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 40 , e4308 (2018).	C1, C3, C4	EM, ES	D7
9	Marques Silveira, T. e Ribeiro Militão, M.S. <i>Temperatura do Universo: uma proposta de conteúdo para estudantes do Nível Fundamental utilizando mapas conceituais</i> . Experiências em Ensino de Ciências 5 , 97 (2010).	C1, C3	EF	D3
10	Benetti Lattari, C.J. e Trevisan, R.H., <i>Radioastronomia: noções iniciais para o ensino médio e fundamental como ilustração de aula</i> , CCEF 18 , 229 (2001).	C1, C4	EM	D3
11	Becker Livi, S.H., <i>A Terra e o homem no Universo</i> , CCEF 7 , 7 (1990).	C1, C4, C5, C6	EM, ES, ENF	D6
12	Abdalla, Elcio. <i>Teoria quântica da gravitação: cordas e teoria M</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 27 , 147 (2005).	C1	EM	D3, D4
13	Horvath, K., Bretones, P.S. e Horvath, J.E., <i>Interdisciplinary study of the synthesis of the origin of the chemical elements and their role in the formation and structure of the Earth</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 42 , e20200160 (2020).	C1, C5	ES	D7
14	Montenegro Guttman, G.A. e Braga, M. <i>A origem do Universo como tema para discutir a Natureza da Ciência no Ensino Médio</i> , CBEF 32 , 442 (2015).	C1, C5	EM	D3, D6
15	Quillfeldt, J.A., <i>Astrobiologia: água e vida no Sistema Solar e além</i> . CBEF 27 , 685 (2010).	C1, C5	EM, ES, ENF	D7
16	Faria Seabra, M.E., Martins Maciel, A.M. e Bagdonas, A. <i>A Cosmologia nos artigos das principais revistas de ensino de Física no Brasil</i> . Atas do XXII SNEF (São Carlos, 2017)	C1–C6	EM, ENF	Estado da Arte
17	Plaza Teixeira, R.R., Oliveira dos Santos Jr., A.L., Brock Domingos, R., Alves de Jesus, D. e Pereira Neto, J. <i>Divulgação científica com temas de Etnoastronomia, Cosmologia e Astrobiologia</i> . Atas do XXII SNEF (São Carlos, 2017)	C1–C6	EM, ENF	D3
18	de Souza Barros. <i>O Universo Elegante – Supercordas, Dimensões Ocultas e a Busca da Teoria Definitiva</i> . Física na Escola 2 , 2(2001).	C1, C6	EM, ES	D4
19	Velázquez-Toribio, Alan Miguele Oliveira, M.V., <i>Primeiro modelo matemático da cosmologia: as esferas concêntricas de Eudoxo</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 41 , e20180096 (2019).	C1, C5	ES	D6
20	Sodré Jr., L. <i>Quantos somos no Universo?</i> Rev. Bras. Ensino Fís. 1 , 19 (1979).	C1, C5	EM, ENF	D7

e que agiu como causa da dinâmica observada. Note-se que isto *não implica* realmente nenhuma “explosão” (o estado próximo do $t = 0$ deve ser tratado com uma teoria quântica da gravitação e boa parte dos cosmólogos pensa que a “singularidade inicial” poderia ser assim

contornada...), mas sim a passagem do Universo por estágios onde a Física das suas componentes era muito indiferenciada e todo o que conhecemos ao nosso redor não tinha se formado. O Quadro 5 apresenta as pesquisas que abordam o tema C3.

Quadro 4: Pesquisas que abordam C2.

N.	Obra	C	N. Edu.	D
	<ul style="list-style-type: none"> • Sodré Jr., L., <i>op. cit.</i> #4 • Fróes, André Luís Delvas, <i>op.cit.</i> #6 • Martins Maciel, A.M., Faria Seabra, M.E. e Bagdonas, A., <i>op. cit.</i> #16 			
	Plaza Teixeira, R.R., Oliveira dos Santos Jr., A.L., Brock Domingos, R., Alves de Jesus, D. e Pereira Neto, J., <i>op. cit.</i> #17			
21	Fagundes, Helio V. <i>Modelos Cosmológicos e a Aceleração do Universo</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 24 , 247 (2002).	C2, C3	EM, ES, ENF	D7
22	Bagdonas, A., Zanetic, J. e Gurgel, I. <i>O maior erro de Einstein? Debatendo o papel dos erros na ciência através de um jogo didático sobre Cosmologia</i> . Caderno Brasileiro de Ensino de Física 35 , 97 (2018).	C2, C3, C5	ES, EM	D4, D6
23	Gusmão, T.C., Valente, J.A. e Duarte, S.B., <i>A matéria escura no universo – uma sequência didática para o ensino médio</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 39 , e4504(2017).	C2	EM	D3
24	Gusmão, T. de C. <i>O virial gravitacional e a existência da matéria escura do universo – uma proposta para o ensino médio</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016).	C2	EM	D3
25	Santana, E. <i>Construção de um website sobre matéria escura com uma abordagem para o ensino médio</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do ABC (Santo André, São Paulo, 2016).	C2	EM	D3
26	Waga, Ioav. <i>A expansão do Universo</i> . Rev. Bras. EnsinoFís. 22 , 163 (2000).	C2, C3	ES	D7
27	Martins Vieira Silva, R.M., Paganotti, A., Rodrigues Gomes, G. e Carvalho Vieira, G. <i>Caracterização de estudantes do Ensino Médio de escolas da Rede Pública federal e estadual de Minas Gerais sobre conceitos contemporâneos de Astronomia e Cosmologia</i> . Atas do XXI SNEF (Uberlândia, 2015).	C2, C3, C5	EM	D5
28	Sunaga, Alexsandro Issao. <i>Textos de divulgação científica no ensino de astronomia: produção, divulgação e aplicação</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo (São Paulo, São Paulo, 2018).	C2, C3, C5	EF2, EM	D3
29	Lima, José Ademir Salese; Santos, Rose Clivia. <i>Do Eclipse Solar de 1919 ao Espetáculo das Lentes Gravitacionais</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 41 , e20190199 (2019).	C2, C4, C6	EM, ES	D6
30	de Souza, Hudineia Fitaroni Franca. <i>A cosmologia de Newton a Einstein: uma proposta para o ensino médio com recursos de hipermídia</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro (Macaé, Rio de Janeiro, 2017).	C2, C6	EM	D4, D6

Alguns trabalhos em destaque, com detalhamento, a modo de recomendação para começo da montagem das aulas/seqüências pelo professor. Os números correspondem à numeração colocada no Quadro 5:

31. Soares (#31). Demonstração em 1D da dinâmica do Universo de grande valor didático, embora requeira cuidados se exposta aos estudantes. Pode servir para ilustrar o conceito de Inflação com poucas adaptações.
32. Horvath (#32). Discussão simples que visa corrigir a visão de “efeito Doppler” da expansão e outros erros a ela vinculados.
33. Assis, Neves e Soares (#33). Avaliação da chamada “transição” entre o conceito de Universo estático e finito para um Universo infinito, com particular interesse para o problema da idade do Universo com implicações de longo alcance.
34. da Silva Neto (#34). Trabalho que mostra como a constante de Hubble e outros parâmetros estão

ligados às observações, trazendo uma forte dose de empirismo aos problemas cosmológicos.

35. Diniz e de Holanda (#35) Outro trabalho na linha do anterior, que estuda como apresentar as anisotropias do CMBR a modo de ferramenta empírica para firmar o modelo cosmológico mais viável.

C4: Estrutura em larga escala (quasares, buracos negros primordiais, aglomerados de galáxias)

Os trabalhos desta categoria lidam com os objetos estruturados observados no Universo. Depois de estudar o Universo primordial e ver o caráter de “sopa” de componentes elementares, é claro que a própria evolução deve poder explicar como as estruturas observadas (galáxias, aglomerados de galáxias, quasares etc.) se formaram. Boa parte do nosso conhecimento cosmológico se originou e procede do estudo dessas estruturas, e também é importante que esta decorre de uma Física “convencional”, bem compreendida e estudada, embora num contexto pouco usual para o estudante.

Quadro 5: Pesquisas que abordam C3.

N.	Obra	C	N. Edu.	D
	<ul style="list-style-type: none"> • Fróes, André Luís Delvas, <i>op.cit.</i> #6 • Studart, N., <i>op.cit.</i> #7 • Ferreira, J.L. e Santana, A.E., <i>op.cit.</i> #3 • Vieira, F. et al., <i>op.cit.</i> #8 • Martins Maciel, A.M., Faria Seabra, M.E. e Bagdonas, A., <i>op. cit.</i> #16 • Plaza Teixeira, R.R., Oliveira dos Santos Jr., A.L., Brock Domingos, R., Alves de Jesus, D. e Pereira Neto, J., <i>op. cit.</i> #17 • Fagundes, Helio V., <i>op. cit.</i> #21 • Waga, Ioav., <i>op. cit.</i> #26 • Bagdonas, A., Zanetic, J. e Gurgel, I., <i>op. cit.</i> #22 • Martins Vieira Silva, R.M., Paganotti, A., Rodrigues Gomes, G. e Carvalho Vieira, G., <i>op. cit.</i> #27 			
31	Soares, D., <i>UGE, Universo da Gominha Esticada</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 36 , 1 (2014).	C3	EM, ES	D4
32	Horvath, J.E., <i>Alguns conceitos no ensino da Cosmologia que quase sempre levam a confusão</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 42 , e20200130(2020).	C3, C5, C6	EM, ES	D7
33	Assis, A.K.T, Neves, M.C.D., Soares, D.S.L. <i>A Cosmologia de Hubble: De um Universo Finito em Expansão a um Universo Infinito o Espaço e no Tempo</i> . Em: M.C.D. Neves e J.A.P. Silva (Editores), <i>Evoluções eRevoluções: O Mundo em Transição</i> , p. 199(Editora Massoni e LCV Edições, Maringá, 2008).	C3	EM, ES	D7
34	da Silva Neto, Gival Pordeus. <i>Estimando parâmetros cosmológicos a partir de dados observacionais</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 40 , e2318 (2018).	C3	ES	D7
35	Diniz, J.F.D., de Holanda, P.C. <i>Anisotropias da radiação cósmica de fundo como um observável cosmológico</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 36 , 1 (2014).	C3	ES	D7
36	Correia, P.R. Miranda, Nardi, A. <i>O que revelam os mapas conceituais dos meus alunos? Avaliando o conhecimento declarativo sobre a evolução do Universo</i> . C&E (Bauru) 25 , 685 (2019).	C3	ES	D1
37	Kepler, S.O., <i>O Universo</i> , CBEF 27 , 698 (2010).	C3	EM, ES, ENF	D7
38	dos Santos Lima, C.T., Machado Soares Santos, W., <i>Modelos cosmológicos, uma apresentação introdutória</i> . Atas do XVI SNEF (Rio de Janeiro, 2005).	C3	ES	D3, D7
39	de Almeida, D.J.E. <i>Multiverso: reconstrução de modelo análogo ao espaço sideral para divulgação da ciência</i> . Dissertação de Mestrado. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, (Belo Horizonte, Minas Gerais, 2012).	C3	ENE	D3
40	Rodrigues, Roberth Leite. <i>Inserção da radiação cósmica de fundo no ensino médio através do uso dos aplicativos skyviewer e Planck mission in virtual reality</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Feira de Santana (Feira deSantana, Bahia, 2015).	C3	EM	D3
41	Gurgel, I., Bagdonas, A., Velásquez, F., Fabricio, V., Noronha, A. <i>O ensino sobre a natureza da Ciência através de tópicos de Cosmologia: análise de uma proposta didática utilizando jogos</i> . Atas do XI ENPEC(2013).	C3	EM	D4, D6
42	deLima, José Ademir Sales, Santos, Rose Clivia. <i>100 Anos da Cosmologia Relativística (1917–2017). Parte I: Das Origens à Descoberta da Expansão Universal (1929)</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 40 , e1313 (2018).	C3	ES	D6
43	Barbosa, C.M.D., Leite, C. <i>Cosmologia na Educação Básica: Construindo Justificativas</i> . Revista de Enseñanza de la Física 31 , 29 (2019).	C3, C4	ES, EM	D7
44	Rechi Aguiar, R., Hosoume, Y., <i>Tópicos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia na 1ª série do Ensino Médio como parte integrante de um projeto curricular diferenciado de Física</i> , RELEA 25 , 51 (2018).	C3, C4, C5	EM	D1
45	Oliveira, E.F., Voelzke, M.R., Amaral, L.H. <i>Percepção astronômica de um grupo de alunos do ensino médio da rede estadual de São Paulo da cidade de Suzano</i> , RELEA 4 , 79 (2007).	C3, C5	EM	D5
46	Rosenfeld. R.A. <i>Cosmologia</i> . Física na Escola 6 , 1 (2005)	C3, C5	EM	D7
47	Feld Santos, S., Florczak, M.A. <i>Nocões de Astrofísica e Cosmologia moderna nas aulas de Física do Ensino Médio: uma Sequência Didática a partir do Paradoxo de Olbers</i> . Atas do IV SNEA.	C3, C5	EM	D3, D7

(Continued)

Quadro 5: Continued

N.	Obra	C	N. Edu.	D
48	Bagdonas, A., Zanetic, J. <i>O grande erro de Einstein, a descoberta da expansão do Universo e as reconstruções racionais da Cosmologia</i> . Atas do XX SNEF (São Paulo, 2013).	C3, C5	EM	D6
49	Bagdonas, A., Zanetic, J., Gurgel, I. <i>Quem descobriu a expansão do universo? Disputas de prioridade como forma de ensinar Cosmologia com uso da História e Filosofia da Ciência</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 39 , e2602 (2017).	C3, C5	ES	D6
50	Roche, G.R. <i>Controvérsias científicas: o caso do modelo padrão da Cosmologia</i> . Caderno de Física da UEFS 7 , 65 (2009).	C3, C5	ES	D6
51	Martins Arthur, L.H., Peduzzi, L.O.Q., <i>A teoria do Big Bang e a natureza da Ciência</i> , RELEA 20 , 59 (2015).	C3, C5	EM	D7
52	Bagdonas, A., Colombo Júnior., P.D. <i>BIG BANG BRASIL: uma peça teatral com abordagem histórico-filosófica para o ensino da Cosmologia</i> . Atas do I SNEA (Rio de Janeiro, 2011).	C3, C5.	ES, EM	D3
53	Farinha, R.P. <i>A Abordagem de conteúdos de Cosmologia no Ensino Médio e a Proposta curricular na rede pública do Estado de SP</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo (São Paulo, 2010).	C3, C5	EM	D2
54	Bagdonas, A. <i>Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da Cosmologia</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo (São Paulo, 2011).	C3, C5	ES	D3, D6
55	Seabra, M.E.F. <i>Problematizando o estudo da cosmologia para a Educação Básica: por que a noite é escura?</i> Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras (Lavras, Minas Gerais, 2018).	C3, C5	EM	D3
56	da França, Samantha Philigret Santos. <i>Construção de conhecimento científico e elementos de Física contemporânea: modelos de mundo</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, (Rio de Janeiro, 2016).	C3, C5	EM	D3
57	Mesquita, Antonia Iara dos Santos. <i>A teoria do Big-Bang: concepções dos estudantes de licenciatura em Física do IFCE</i> . Dissertação de Mestrado. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (Fortaleza, Ceará, 2017).	C3, C5	ES	D2, D5
58	Bezerra, Jônatas Costa. <i>A realidade virtual como ferramenta didática para o ensino de Astronomia e Cosmologia na educação básica</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual da Paraíba (Campina Grande, Paraíba, 2018).	C3, C5	EM	D3, D4
59	Seferin, A. Motta Leita, Alvarenga, F. G., Ambrózio, R.M. <i>Tópicos de Cosmologia no Ensino Médio: uma abordagem a partir de atividades investigativas</i> . Atas do X ENPEC (2015).	C3, C5	EM	D3
60	Correia, P.R. Miranda, da Silva, A.C., Romano Jr., J.G. <i>Mapas conceituais como ferramenta de avaliação na sala de aula</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 32 , 4402 (2010)	C3, C5, C6	EM	D1
61	Cuzinatto, R.R., de Moraes, E.M. <i>Software MUF_{Cosm} como ferramenta de estudo dos modelos da cosmologia padrão</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 36 , 1 (2014).	C3	ES	D4
62	de Oliveira, I.L. <i>A constante de Hubble: uma proposta didática para discutir Cosmologia em sala de aula no Ensino Médio</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do ABC (Santo André, São Paulo, 2016).	C3, C5, C6	EM	D3
63	Bagdonas, A., Nogueira, M., Almeida, T., Oliveira, Vera. <i>Controvérsias na Cosmologia</i> . Em: Pietrocola, M. EDM0425 – Metodologia do Ensino de Física I. Sequência Didática (2020).	C3, C5, C6	EM	D3
64	Jardim, W., Guerra, A. <i>Minicurso de Cosmologia na formação de professores; dificuldades na ampliação de propostas para o Ensino Médio</i> . Em: IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias (Girona, 9-12 de Septiembre de 2013).	C3, C5, C6	ES	D2
65	Vigliani, A., Soares, D., <i>Observações sobre as soluções clássicas da equação de Friedmann</i> , Rev. Bras. Ensino Fís. 33 , 4702 (2011).	C3, C6	ES	D7
66	Soares, D.O. <i>Universo estático de Einstein</i> , Rev. Bras. Ensino Fís. 34 , 1302 (2012).	C3, C6	ES	D7
67	Rodrigues, Manuela G. <i>Estruturas causais</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 35 , 1 (2013).	C3, C6	EM, ES	D7
68	da Rocha, V.R. Peçanha, Tort, A.C. <i>Redescobrimos a lei empírica de Hubble em sala de aula</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 41 , e20180281 (2019).	C3, C6	EM	D3
69	Costa, Francisco Ernandes Matos. <i>Compreendendo o Universo numa Perspectiva Newtoniana</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 40 , e2308 (2018).	C3	EM, ES	D7

(Continued)

Quadro 5: Continued

N.	Obra	C	N. Edu.	D
70	Vieira, H.S., Bezerra, V.B., <i>Lagrangian formulation of Newtonian Cosmology</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 36 , 1 (2014).	C3, C6	ES	D7
71	Soares, D. <i>Os fundamentos físico-matemáticos da Cosmologia Relativística</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 35 , 1 (2013).	C3, C6	ES	D7
72	Fabris, J.C., Velten, H.E.S. <i>Cosmologia neo-newtoniana: um passo intermediário em direção à Relatividade Geral</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 34 , 1 (2012).	C3, C6	ES	D7
73	Kokobun, F., <i>A Lei de Hubble e a homogeneidade do Universo</i> , Rev. Bras. Ensino Fís. 21 , 311 (1999).	C3, C6	ES	D7
74	Garcia, Danylo Semim. <i>O conceito de espaço em física moderna: um estudo a partir de objetos da Cosmologia</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2015).	C3, C6	EM	D3
75	Mendonça, Marcos de Oliveira. <i>Proposta de construção de uma Sequência Didática abordando tópicos de Cosmologia no Ensino Médio</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília (Brasília, 2018).	C3, C6	EM	D3

Compreendemos que esta passagem de um Universo indiferenciado para um repleto de estruturas precisa ser entendida e justificada para os alunos, de fato, já apontamos que o simples fato do conteúdo Universo ter mudado substancialmente devido a sua dinâmica não é nada óbvio para os estudantes. A dimensão das escalas cosmológicas evidenciada nestas estruturas é muito importante, e poderia ser denominada “seu lugar no Universo” de forma coloquial. Elencamos no Quadro 6 as pesquisas que abordam os temas contidos em C4:

Alguns trabalhos em destaque, com detalhamento, a modo de recomendação para começo da montagem das aulas/seqüências pelo professor. Os números correspondem à numeração colocada no Quadro 6:

- 76. Steiner (#76). Trabalho que discute a moderna visão dos buracos negros serem “simbióticos” co-formação das galáxias. A presença de um buracão negro de milhões de massas solares na nossa própria Vía Láctea é um fato importante que ilustra toda a problemática e não deve passar despercebida para os alunos.
- 77. Longhini (#77). O trabalho ilustra com uma atividade prática a mencionada dificuldade com as escalas cosmológicas e a ausência de “centro” no Universo, fato que paira em qualquer aula dedicada.
- 78. Pereira da Silva e Mascarello Bisch(#78). Construção de uma SD e avaliação da sua eficiência junto a alunos do Ensino Médio, diretamente centrada na questão das escalas e sua apreensão cognitiva e conceitual.
- 79. Gomes dos Santos e de Medeiros (#79). Estudo dos autores a respeito da visualização e conceptualização das estruturas cósmicas com os recursos do planetário, complementar ao trabalho anterior

C5: Origem do Universo e Cosmogonias (incluindo as abordagens étnicas), aspectos históricos, filosóficos e socioculturais da Cosmologia

Esta categoria é ampla e contém subcategorias díspares quanto ao destaque na Educação, tais como as

abordagens cosmogônicas étnicas, os aspectos filosóficos e outros que não foram separados. Abordar estes aspectos é potencialmente complicado e potencialmente pode levar até a conflitos para dentro da sala de aula, como decorre de considerar que, implicitamente os autores e todos os cientistas profissionais temos suposto que a “Cosmologia” corresponde aos modelos científicos racionalistas da tradição Ocidental. Porém, temos dentro desta categoria C5 outras visões contrastantes, construídas desde outros pontos de vista, que correspondem a “modelos do mundo/Universo” em culturas variadas, tanto desde o ponto de vista étnico quanto para grupos sociais variados. Assim, não é improvável que a Cosmologia científica se apresente como descabida para grupos étnicos que não baseiam seu conhecimento no racionalismo, e nos quais as tradições, o misticismo e outros critérios de verdade resultam comuns.

É bem possível associar esta situação à incomensurabilidade de paradigmas de T. Kuhn. A tentativa de “inclusão” das abordagens afro-brasileiras e indígenas na BNCC, por exemplo, produz assim um impasse para o qual nenhuma solução do tipo *síntese* é apresentada: a Ciência adota sempre uma atitude “missionária” comum entre os cientistas (“vamos mostrar o conhecimento para estes grupos”) sem admitir um Relativismo Cultural que colocaria descrições e visões étnicas-místicas no mesmo patamar. Desloca-se assim, segundo a Ciência ocidental, qualquer visão alternativa para a categoria de crendice ou superstição, e não há indicação alguma de como abrir um diálogo horizontal com elas, ou seja, como conseguir uma síntese conceitual e cognitiva.

Negar os aspectos culturais é uma questão de delicado teor antropológico, com desdobramentos na aculturação de grupos e outros problemas antropológicos [22]. As visões religiosas, sem pertencerem de fato a esta última classe étnica, são também potencialmente conflitivas. Em outras palavras, existe uma colisão entre o dogmatismo presente na construção mesma de uma religião, que geralmente conta com um livro sagrado ou verdade “absoluta” e a Ciência que ensina precisamente a evitar qualquer dogmatismo.

Quadro 6: Pesquisas que abordam C4.

N.	Obra	C	N. Edu.	D
	<ul style="list-style-type: none"> • Sodré Jr., L., <i>op. cit.</i> #4 • Fróes, André Luís Delvas, <i>op.cit.</i> #6 • Vieira, F. et al., <i>op.cit.</i> #8 • BenettiLattari, C.J., Trevisan, R.H., <i>op.cit.</i> #10 • Becker Livi, S.H., <i>op.cit.</i> #11 • Martins Maciel, A.M., Faria Seabra, M.E., Bagdonas, A., <i>op.cit.</i> #16 • Plaza Teixeira, R.R., Oliveira dos Santos Jr., A.L., Brock Domingos, R., Alves de Jesus, D., Pereira Neto, J., <i>op. cit.</i> #17 • Lima, José Ademir Sales, Santos, Rose Clivia, <i>op. cit.</i> #29 • Rechi Aguiar, R., Hosoume, Y., <i>op.cit.</i> #44 			
76	Steiner, J.E., <i>Buracos Negros: sementes ou cemitérios de galáxias?</i> , CBEF 27 , 723 (2010).	C4	EM, ES, ENF	D6
77	Longhini, M.D., <i>O Universo representado em uma caixa: introdução ao estudo da Astronômica formação inicial de professores de Física</i> , RELEA 7 , 31 (2009).	C4	EM, ES	D2
78	Pereira da Silva, T., Mascarello Bisch, S. <i>Avaliação de uma Sequência Didática sobre nossa posição no Universo aplicada a alunos do Ensino Médio</i> . Atas do III SNEA (2015).	C4	EM	D3
79	Gomes dos Santos, B., de Medeiros Germano, A.S. <i>Representações sobre as estruturas do Universo em uma visita ao planetário: um estudo exploratório</i> . Atas do IV SNEA (2017).	C4	EF	D5
80	Oliveira Santos, A.D., Ragni, M., Pereira, M.G. <i>Ensino De Conceitos Geométricos, Astronômicos E Aspectos Sociais A Partir Da Obra “Flatland: A Romance of ManyDimensions”</i> . Atas do XXIII SNEF (Salvador, 2019).	C4	EM, ES, ENF	D3
81	de Lima, Melina Silva. <i>Manipulação de imagens astronômicas com o uso do Aladín para o ensino de Astronomia</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Feira de Santana, (Feira de Santana, Bahia, 2015).	C4	EF2, EM, ES	D3
82	Pereira Neto, J., Plaza Teixeira, R.R. <i>Ensino e Divulgação de Astronomia e de Cosmologia por meio do uso de Recursos Audiovisuais</i> . Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação [RInTE] – 01 a 03 de junho de 2016 – IFSP Câmpus Boituva.	C4	ENF	D3
83	Cerqueira Campos, F.C., Braga Pereira, B. <i>Apliação de uma proposta didática utilizando a história e filosofia da Ciência para auxiliar a transposição do tema “galáxias com núcleos ativos” para o Ensino Médio</i> . Atas do XXII SNEF (São Carlos, 2017).	C4, C5	EM	D3, D6
84	Compiani, M. <i>As geociências no ensino fundamental: um estudo de caso sobre o tema: “A formação do Universo”</i> . Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas (Campinas, São Paulo, 2016).	C4, C5	EF, EM	D3
85	Velten, H., <i>Matéria escura, energia escura e a busca por uma nova teoria para a gravitação</i> . CdA 1 , 40 (2020).	C4, C6	ES	D7
86	Matsuura, O., <i>A primeira imagem de um buraco negro</i> . CdA 1 , 52 (2020).	C4	EM, ES, ENF	D7
87	Machado, R.R., Tort, A.C. <i>Michell, Laplace e as estrelas negras: uma abordagem para professores do Ensino Médio</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 38 , e2314 (2016).	C4, C6	EM	D6

Entendemos que existem muitos exemplos de diálogo profícuo neste campo, mas os efeitos na sala de aula com questões tais como a própria origem do Universo como foco não deve ser subestimados pelo professor. As pesquisas com abordagem C5 estão elencadas no Quadro 7:

Alguns trabalhos em destaque, com detalhamento, a modo de recomendação para começo da montagem das aulas/sequências pelo professor. Os números correspondem à numeração colocada no Quadro 7:

88. Nascimento Jr. (#88). Panorama da tradição Ocidental através da História, com reflexos diretos na construção da Cosmologia Newtoniana e Relativística.

89. de Moraes et al. (#89). Este trabalho ilustra parcialmente o que expressamos acima, ainda sem entrar diretamente na questão da herança cultural regional nessa região do Nordeste. De utilidade para o preparo de uma SD relevante para o Ensino Fundamental e além.

90. Lacerda (#90). Uma visão abrangente do papel da Cosmologia na cosmovisão das pessoas, não restrita ao esquema científico, mas incorporando seu potencial.

91. Comitti (#91). Interessante apresentação de um metapostulado importante na Filosofia da Cosmologia, o do Princípio Antrópico ligado ao papel da humanidade no contexto cósmico em evolução.

Quadro 7: Pesquisas que abordam C5.

N.	Obra	C	N. Edu.	D
	<ul style="list-style-type: none"> • Sodré Jr., L., <i>op. cit.</i> #20 • Becker Livi, S.H., <i>op.cit.</i> #11 • Abdalla, Elcio, <i>op.cit.</i> #12 • Montenegro Guttmann, G.A., Braga, M, <i>op.cit.</i> #14 • Quillfeldt, J.A., <i>op.cit.</i> #15 • Martins Maciel, A.M., Faria Seabra, M.E., Bagdonas, A., <i>op.cit.</i> #16 • Plaza Teixeira, R.R., Oliveira dos Santos Jr., A.L., Brock Domingos, R., Alves de Jesus, D., Pereira Neto, J., <i>op. cit.</i> #17 • Bagdonas, A., Zanetic, J., Gurgel, I., <i>op.cit.</i> #22 • Martins Vieira Silva, R.M., Paganotti, A., Rodrigues Gomes, G., Carvalho Vieira, G., <i>op.cit.</i> #27 • Rechi Aguiar, R., Hosoume, Y., <i>op.cit.</i> #44 • Oliveira, E.F, Voelzke, M.R., Amaral, L.H., <i>op.cit.</i> #45 • Rosenfeld. R., <i>op.cit.</i> #46 • Feld Santos, S., Florczak, M.A., <i>op.cit.</i> #47 • Bagdonas, A., Zanetic, J., <i>op.cit.</i> #48 • Bagdonas, A., Zanetic, J.,Gurgel, I., <i>op.cit.</i> #49 • Roche, G.R., <i>op.cit.</i> #50 • Martins Arthury, L.H., Peduzzi, L.O.Q., <i>op.cit.</i>#51 • Bagdonas, A. e Colombo Júnior., P.D., <i>op.cit.</i> #52 • Farinha, R.P., <i>op.cit.</i> #53 • Bagdonas, A., <i>op.cit.</i> #54 • Seabra, M.E.F., <i>op.cit.</i> #55 • da França, Samantha Philigret Santos, <i>op.cit.</i> #56 • Mesquita, Antonia Iara dos Santos, <i>op.cit.</i> #57 • Bezerra, Jônatas Costa, <i>op. cit.</i> #58 • Seferin, A. Motta Leita, Alvarenga, F.G., Ambrózio, R.M, <i>op. cit.</i> #59 • Correia, P.R. Miranda; da Silva, A.C., Romano Jr., J.G., <i>op.cit.</i> #60 • Horvath, J.E., <i>op.cit.</i> #32 • de Oliveira, I.L., <i>op.cit.</i> #62 • Bagdonas, A., Nogueira, M., Almeida, T., Oliveira, Vera., <i>op.cit.</i> #63 • Jardim, W., Guerra, A., <i>op.cit.</i> #64 • Cerqueira Campos, F.C. e Braga Pereira, B, <i>op.cit.</i> #83 • Compiani, M., <i>op.cit.</i> #84 			
88	Nascimento Jr., A. Fernandes. <i>Fragmentos da história das concepções de mundo na construção das ciências da natureza: das certezas medievais às dúvidas pré-modernas.</i> C&E(Bauru) 9 , 277 (2003).	C5	ES, ENF	D6
89	de Moraes, F.V., Oliveira Nunes, A., Borba, G.L., Jesus Brito, A., Seixas Neves, L. <i>Dos mitos ao Big Bang: investigando as concepções do Universo dos alunos da 5ta série do Ensino Fundamental de uma escola da periferia da cidade de Natal – RN.</i> Atas do XVI SNEF (Rio de Janeiro, 2005).	C5	EF	D5
90	Lacerda, Flaubert Meira Rocha. <i>A unidade temática “Compreensão Humana do Universo” pela perspectiva antropológica da Astronomia Cultural.</i> Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo (São Paulo, São Paulo, 2017).	C5	EM	D3
91	Comitti, V.S. <i>Princípio antrópico cosmológico</i> , Rev. Bras. EnsinoFís. 33 , 1504 (2011).	C5	ES	D7
92	Nascimento Jr., A. Fernandes. <i>Fragmentos da presença do pensamento idealista na história da construção das ciências da natureza.</i> C&E(Bauru) 7 , 265 (2001)	C5	ES, ENF	D6
93	Arthury L.H.M., Peduzzi, L.O.Q. <i>A Cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos: recepção de um texto para graduandos em Física.</i> Rev. Bras. Ensino Fís., 35 , 1 (2013).	C5	ES	D4, D6
94	Danhoni Neves, M.C., <i>A questão controversa da cosmologia moderna: Hubble e o infinito – parte 1.</i> CCEF 17 , 189 (2000)	C5	ES, ENF	D6
95	Zanetic, J. <i>Dos “Principia” da Mecânica aos “Principia” de Newton</i> , CCEF 5 , 23 (1988).	C5	ES, ENF	D6
96	Goldfarb, A.M.A., <i>Ciência e sociedade no século XVII europeu: a formação da Cosmologia moderna</i> , CCEF 6 , 49 (1989).	C5	ES, ENF	D6
97	Moreira, M.A. e Ostermann, F., <i>Sobre o ensino do método científico</i> , CCEF 10 , 108 (1993).	C5	EM, ES, ENF	D4, D7

(Continued)

Quadro 7: Continued

N.	Obra	C	N. Edu.	D
98	Penereiro, J.C., <i>Galileu e a defesa da Cosmologia copernicana: a sua visão do Universo</i> , CBEF 26 , 173 (2009).	C5	EM, ES, ENF	D6
99	Martins, A.F.P., “ <i>Visões de Universo</i> ” de Alunos Adultos Trabalhadores. Atas do XI SNEF (Niterói, 1995).	C5	ES, ENF	D5
100	Mariano de Carvalho, S.H., <i>Uma viagem pelos céus: outra versão para o ensino de Física</i> . Atas do XV SNEF (Curitiba, 2003).	C5	EF, EM, ENF	D3
101	Barros Queiroz, A.S. et al. <i>Representação simbólica, arqueoastronomia e ensino de Astronomia</i> . Atas do XV SNEF (Curitiba, 2003).	C5	EM, ENF	D3
102	Danhoni Neves, M.C. <i>A história da ciência no ensino de Física</i> . C&E (Bauru) 5 , 73 (1998).	C5	EM, ENF	D6
103	Daros Gama, L., Zanetic, J. <i>Abordagens epistemológicas no ensino da Física: a Cosmologia como tema motivador</i> . Atas do XVIII SNEF (Vitória, 2009).	C5	ES	D6
104	Bagdonas, A., Silva, C., Florio Andrade, V. <i>Discutindo a natureza da Ciência a partir de episódios da história da Cosmologia: o grande debate</i> . Atas do XVIII SNEF (Vitória, 2009)	C5	EM, ES	D6
105	Bagdonas, A., Silva, C., <i>Um curso sobre história da Cosmologia na formação inicial de professores</i> . Atas do XIX SNEF (Manaus, 2011).	C5	ES	D3, D6
106	Fabricio, V., de Lima, Domingos, F.L., Ribeiro, M.V., Bagdonas, A., Zupa, C.C. <i>Um jogo para debater Cosmologia no seu contexto social: experiências em um curso para professores de Física</i> . Atas do XXII SNEF (São Carlos, 2017).	C5	ES	D4
107	Santos, H., Cilento, J., Guerra, A., Reis, J.C. <i>Astronomia e modelos cosmológicos: relato de uma sequência didática a partir da codocência</i> . Atas do XXIII SNEF (Salvador, 2019)	C5	EM	D3, D6
108	Pinheiro Carneiro, B., Souza Ribeiro, M.A. <i>Cosmologia voltada para a Educação Básica, contribuindo para a popularização da Astronomia</i> . Atas do XXIII SNEF (Salvador, 2019).	C5	EF	D3
109	Genzini de Carvalho, T.F., Lopes de Almeida Pacca, J. <i>O movimento histórico-lógico do conceito de céu: da história da humanidade ao ensino de Astronomia</i> . Atas do XXIII SNEF (Salvador, 2019).	C5	EM, ES, ENF	D6
110	Compiani, M. <i>As geociências no Ensino Fundamental: um estudo de caso sobre o tema “A formação do Universo”</i> . Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas (Campinas, São Paulo, 1996).	C5	EF	D3
111	Costa, Gilvana Benevides. <i>Uma abordagem humanística para o ensino de astronomia no Ensino Médio</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Natal, Rio Grande do Norte, 2005).	C5	EM	D2, D3
112	de Oliveira, Jorge Henrique Lopes. <i>Noções de cosmologia no Ensino Médio: o paradigma criacionista do Big Bang e a inibição de teorias rivais</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá (Maringá, Paraná, 2006).	C5	EM	D2, D5
113	Nascimento, J.O.V. <i>Proposta de material paradidático sobre as origens do Universo e da vida</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Feira de Santana (Feira de Santana, Bahia, 2015).	C5	EF	D2, D4
114	Nachtigall, F.V. <i>Astronomia: uma proposta integradora</i> . Dissertação de Mestrado. Centro Universitário Franciscano (Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2016).	C5	EM	D3, D6
115	da Rocha, Rafael Gomes Coelho. <i>Ensino de Astronomia na Perspectiva da Inclusão de Deficientes Visuais em Aulas de Física do Ensino Médio</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense (Niterói, Rio de Janeiro, 2016).	C5	EM	D3
116	de Souza, R. <i>Origens da vida no contexto cósmico: estudo sobre o desenvolvimento de MOOC em Astronomia</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo (São Paulo, São Paulo, 2016).	C5	ENF	D3
117	Waga, Ioav. <i>Cem anos de descobertas em cosmologia e novos desafios para o século XXI</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 27 , 157 (2005).	C5	ES, ENF	D6, D7
118	de Medeiros, Luziânia Ângelli Lins. <i>Cosmoeducação: uma abordagem transdisciplinar no ensino de Astronomia</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Natal, Rio Grande do Norte, 2006).	C5	EF, ES	D2, D3
119	Skolimoski, Kellen Nunes. <i>Cosmologia na teoria e na prática: possibilidades e limitações no ensino</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo (São Paulo, São Paulo, 2014).	C5	EM	D3
120	Santos, Rogério Aparecido. <i>Mapas Conceituais como instrumento de promoção e avaliação da aprendizagem de Cosmologia</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense (Volta Redonda, Rio de Janeiro, 2015).	C5	EM	D3

(Continued)

Quadro 7: Continued

N.	Obra	C	N. Edu.	D
121	Frinhani, Geysa. <i>O uso da Astronomia como eixo temático motivador para introdução ao estudo de Cinemática no ensino médio</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo (São Mateus, Espírito Santo, 2016).	C5	EM	D3
122	Ferreira, Rafael da Costa. (2017). <i>Criação e uso de um material instrucional digital multimídia para o ensino de conceitos de Astronomia para o Ensino Médio</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense (Volta Redonda, Rio de Janeiro, 2017).	C5	EM	D3
123	Nadim Ginebro, T., Bretones, P.S. <i>Adaptação e encenação da atividade BIG BANG BRASIL: análise de uma prática para levar a História da Cosmologia às escolas</i> . Atas do II SNEA (2013).	C5	ENF, ES, EM	D3
124	Skolimoski, K.N., Zanetic, J. <i>Mitos de criação: modelos cosmogônicos de diferentes povos e suas semelhanças</i> . Atas do II SNEA (2013).	C5	EM, ENF	D3
125	Oliveira Bernardes, A. <i>História da Astronomia no Ensino Médio: discutindo a Cosmologia grega através do modelo de Eudoxo</i> . Atas do III SNEA (2015).	C5	EM, ENF	D3
126	Danhoni Neves, M.C., Ribeiro, F., Pedrochi, F., Lopes de Oliveira, J.H., Zolin, M., Bordim Sanches, M., deOliveira Scoaris, R.C., Barbosa, R., Romero, S., Oliveira Resqueti, S., Bianchi, V. <i>Uma discussão sobre o mapeamento conceitual da Relatividade e da Cosmologia para o ensino de Física moderna e contemporânea</i> . Atas do V ENPEC (2005).	C5	EM	D2
127	Alvim, Marcia H. <i>Os saberes acerca dos astros praticados pelos povos mesoamericanos e as novas abordagens historiográficas em História das Ciências</i> . Atas do V ENPEC (2005).	C5	ES, EM	D6
128	Rodríguez, B.L., Sahelices, C.C. <i>Representaciones mentales de profesores de ciencias sobre el universo y los elementos que incorporan en su estructura en general y los modelos cosmológicos que lo explican</i> . Revista Brasileira De Pesquisa em Educação em Ciências 5 , 1 (2011).	C5	ES	D2
129	Compiani, M. <i>Narrativas e desenhos no ensino de Astronomia/Geociências com o tema “A formação do Universo”: olhar das Geociências</i> . Rev. Ensaio 12 , 257 (2010).	C5	EF	D3
130	Bezerra da Silva, M.L., Baia Costa, L. <i>A origem do Universo na percepção dos professores de Ciências dos anos iniciais do Ensino Fundamental: um estudo baseado em discursos</i> . Atas do XII ENPEC (2019).	C5	EF	D2
131	Morais Falcão, E.B., dos Santos, A.G., Raggio Luiz, R. <i>Conhecendo o mundo social dos estudantes: encontrando a Ciência e a Religião</i> . Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias 7 , 2 (2008).	C5	EM	D5
132	Évora, F.R.R. <i>Natureza e Movimento: um estudo da física e da cosmologia aristotélicas</i> . Cad. Hist. Fil. Cien. 15 , 127 (2005).	C5	ES	D7
133	Ribeiro, M.B., Videira, A.P. <i>Cosmologia e pluralismo teórico</i> . Scientiæ Studiae 2 , 519 (2004).	C5	ES	D7
134	Schorn, R. <i>A educação filosófica e cosmológica</i> . Griot – Revista de Filosofia 7 , 1 (2013).	C5	ES	D7
135	Porto, C.M., Porto, M.B.D.S.M., <i>A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 30 , 4601.1 (2008).	C5, C6	EM, ES, ENF	D6
136	Dahmen, S.R. <i>Gödel e Einstein: e quando o tempo não resiste à amizade?</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 28 , 531 (2006).	C5, C6	ES	D6.
137	Santos, V.H., <i>Relatividade e realidade</i> , CCEF 3 , 83 (1986).	C5, C6	ES, ENF	D5, D6
138	Santos, V.H., <i>Considerações sobre o tempo</i> , CCEF 4 , 32(1987).	C5, C6	ES, ENF	D7
139	Soares Amorim, D., Peduzzi, L.O.Q., <i>História e Filosofia da Ciência, Natureza da Ciência e Teoria da Relatividade Geral nas obras aprovadas pelo PNLD 2018</i> . Atas do XXIII SNEF (Salvador, 2019).	C5, C6	EM	D6
140	Filardo Bassalo, J.M., <i>A crônica da gravitação. Parte II: da Grécia antiga à idade média</i> , CCEF 7 , 212 (1990).	C5, C6	EM, ES, ENF	D7
141	Filardo Bassalo, J.M., <i>A crônica da gravitação. Parte I: das primeiras civilizações à Grécia antiga</i> , CCEF 7 , 70 (1990).	C5, C6	EM, ES, ENF	D7
142	Caruso, F., de Freitas, N., <i>Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas</i> , CBEF 26 , 355 (2009).	C5, C6	EM	D3
143	Sales Teixeira, E., de Quadro Peduzzi, L.O., Freire Junior, O., <i>Os caminhos de Newton para a Gravitação Universal: Uma revisão do debate historiográfico entre Cohen e Westfall</i> , CBEF 27 , 215 (2010).	C5, C6	ES	D6

(Continued)

Quadro 7: Continued

N.	Obra	C	N. Edu.	D
144	Filardo Bassalo, J.M., <i>Afinal, o que é a massa?</i> , CBEF 33 , 433 (2016).	C5, C6	EM, ES, ENF	D6
145	Vieira dos Reis, U., Reis, J.C., <i>Os conceitos de espaço e de tempo como protagonistas no ensino de Física: um relato sobre uma sequência didática com abordagem histórico-filosófica</i> , CBEF 33 , 744 (2016).	C5, C6	EM	D3, D6
146	Oliveira, L.M., Gomes, M.L., <i>Einstein e a Relatividade entram em cena: diálogos sobre o teatro na escola e um ensino de física criativo</i> , CBEF 33 , 943 (2016).	C5, C6	EM, ENF	D3
147	Capiberibe Nunes, R., Pereira de Queirós, W. <i>Doze mitos sobre a Teoria da Relatividade que precisamos superar</i> , CBEF 37 , 531 (2020).	C5, C6	EM, ES, ENF	D6
148	Trevisan, R.H., Benetti Lattari, C.J., Trevisan Sanzovo, D., Queiroz, V., Alves dos Reis, G. <i>O aprendizado dos conceitos de Astronomia no Ensino Fundamental</i> . Atas do XV SNEF (Curitiba, 2003).	C5, C6	EF	D2, D3
149	da Silva Peron, T., Guerra, A. <i>Relatividade Restrita no 1º ano do Ensino Médio: abordagem histórica e influências</i> . Atas do XIX SNEF (Manaus, 2011)	C5, C6	EM	D3.
150	Fabris, J., <i>Aristóteles e a gravitação</i> . CdA 1 , 6 (2020).	C5, C6	ES, ENF	D6
151	Arthury, L.H.M. <i>A Cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis, Santa Catarina, 2009).	C5, C6	ES	D3
152	Carápia, D.L. <i>Utilizando recursos audiovisuais como mediadores para ensinar a teoria do Big Bang à luz da História e Filosofia da Ciência</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Feira de Santana (Feira de Santana, Bahia, 2016).	C5, C6	EM	D3, D6
153	Freire, J.C. <i>Evolução de conceito de mundo: uma proposta para inserção da Teoria da Relatividade no Ensino Médio</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, (Lavras, Minas Gerais, 2015).	C5, C6	EM	D3
154	Bagdonas, A., Zanetic, J., Gurgel, I. <i>Controvérsias sobre a natureza da ciência como enfoque curricular</i> . Revista Brasileira de História da Ciência 7 , 242 (2014).	C5, C6	EM	D4

C6:Relatividade Geral, Gravitação e outros desenvolvimentos relacionados (Relatividade Restrita etc.)

Depois de mais de um século de Relatividade (Restrita e Geral), estes temas de Física “Moderna” continuam sendo tratados na escola como novidades reservadas a uns poucos gênios (junto com a Mecânica Quântica, às vezes nem apresentada como tal). Esta desfasagem secular pode ser corrigida, mas não facilmente, porque implica até barreiras mentais não racionais nos próprios professores, além claro de um despreparo notório.

A gravitação resulta fundamental para a Cosmologia contemporânea, de fato, a dinâmica do Universo é descrita com base na Relatividade Geral quando as equações de movimento são escritas para o maior sistema auto-gravitante conhecido, o próprio Universo.

Na categoria C6 incluímos as tentativas de formalizar minimamente a Relatividade para utilização na Educação, tarefa árdua porque as duas estão fundamentadas em conceitos matemáticos e físicos elaborados e fora da bagagem do professor. Mas ainda, na Cosmologia encontramos um enorme grau de confusão entre afirmações que se referem à Relatividade Restrita extrapoladas para um sistema (o Universo) regido pela Relatividade Geral. Assim as confusões a respeito de horizontes, velocidade máxima das galáxias na expansão e outros são a regra e não a exceção.

Contudo, selecionamos material que apresenta e discute estes tópicos no contexto da Educação para

melhorar a situação do professor e os alunos, apresentado no Quadro 8:

Alguns trabalhos em destaque, com detalhamento, a modo de recomendação para começo da montagem das aulas/seqüências pelo professor. Os números correspondem à numeração colocada no Quadro 8:

155. Costa Ferreira e Alves da Silva (#155). Os autores sugerem um caminho para fazer da Relatividade Geral um tema do Ensino Médio, trazendo para a sala o que de outra forma se apresenta como uma “abstração”. Na trilha da desmistificação discutida na Ref. 147 do grupo anteriorC5.

156. Pinheiro e Alves da Silva (#156). Estudo da “barreira” que separa a abordagem Galileiana da Einsteniana (embora a primeira também precisa se desfazer de um lastro Aristotélico...) baseado nas concepções alternativas, de utilidade para qualquer tentativa de construção de SD.

157. Cardoso e Gurgel (#157).Trabalho-ponte que discute o ponto de equilíbrio entre formalismo e conceitos na exposição da Relatividade Geral.

158. Vanzella (#158).Abordagem histórica da evolução da visão da gravitação que levou a nossa concepção do espaço-tempo e suas tentativas de comprovação experimental da curvatura, abstracta no formalismo.

Quadro 8: Pesquisas que abordam C6.

N.	Obra	C	N. Edu.	D
	<ul style="list-style-type: none"> • Solaz-Portolès, J., Moreno Cabo, M., <i>op. cit.</i> #2 • Martins Maciel, A.M., Faria Seabra, M.E., Bagdonas, A., <i>op. cit.</i> #16 • Plaza Teixeira, R.R., Oliveira dos Santos Jr., A.L., Brock Domingos, R., Alves de Jesus, D., Pereira Neto, J., <i>op. cit.</i> #17 • de Souza Barros, <i>op. cit.</i> #18 • Lima, José Ademir Sales, Santos, Rose Clivia, <i>op. cit.</i> #29 • de Souza, Hudineia Fitaroni Franca, <i>op. cit.</i> #30 • Correia, P.R. Miranda; da Silva, A.C., Romano Jr., J.G., <i>op. cit.</i> #60 • Horvath, J.E., <i>op. cit.</i> #32 • de Oliveira, I.L., <i>op. cit.</i> #62 • Bagdonas, A., Nogueira, M., Almeida, T., Oliveira, Vera, <i>op. cit.</i> #63 • Jardim, W., Guerra, A., <i>op. cit.</i> #64 • Viglioni, A., Soares, D., <i>op. cit.</i> #65 • Soares, D., <i>op. cit.</i> #66 • Rodrigues, Manuela G., <i>op. cit.</i> #67 • Rocha, V.R. Peçanha da, Tort, A.C., <i>op. cit.</i> #68 • Vieira, H.S., Bezerra, V.B., <i>op. cit.</i> #70 • Soares, D., <i>op. cit.</i> #71 • Fabris, J.C., Velten, H.E.S., <i>op. cit.</i> #72 • Kokobun, F., <i>op. cit.</i> #73 • Garcia, Danylo Semim, <i>op. cit.</i> #74 • Mendonça, Marcos de Oliveira, <i>op. cit.</i> #75 • Velten, H., <i>op. cit.</i> #85 • Machado, R.R., Tort, A.C., <i>op. cit.</i> #87 • Porto, C.M., Porto, M.B.D.S.M., <i>op. cit.</i> #135 • Dahmen, S.R., <i>op. cit.</i> #136 • Santos, V.H, <i>op. cit.</i> #137 • Santos, V.H, <i>op. cit.</i> #138 • Soares Amorim, D., Peduzzi, L.O.Q., <i>op. cit.</i> #139 • Filardo Bassalo, J.M., <i>op. cit.</i> #140 • Filardo Bassalo, J.M., <i>op. cit.</i> #141 • Caruso, F., de Freitas, N., <i>op. cit.</i> #142 • Sales Teixeira, E., de Quadro Peduzzi, L.O., Freire Junior, O., <i>op. cit.</i> #143 • Filardo Bassalo, J.M., <i>op. cit.</i> #144 • Vieira dos Reis, U., Reis, J.C., <i>op. cit.</i> #145 • Oliveira, L.M., Gomes, M.L., <i>op. cit.</i> #146 • Capiberibe Nunes, R., Pereira de Queirós, W., <i>op. cit.</i> #147 • Trevisan, R.H., Benetti Lattari, C.J., Trevisan Sanzovo, D., Queiroz, V., Alves dos Reis, G., <i>op. cit.</i> #148 • da Silva Peron, T., Guerra, A., <i>op. cit.</i> #149 • Fabris, J., <i>op. cit.</i> #150 • Arthury, L.H.M., <i>op. cit.</i> #151 • Carápia, D.L., <i>op. cit.</i> #152 • Freire, J.C., <i>op. cit.</i> #153 • Bagdonas, A., Zanetic, J., Gurgel, I., <i>op. cit.</i> #154 			
155	Costa Ferreira, R., Alves da Silva, M.F., <i>Uma proposta para a introdução da Relatividade Geral no Ensino Médio</i> . Atas do XVII SNEF (São Luís, 2007).	C6	EM	D3
156	Pinheiro, G., Alves da Silva, M.F. <i>Transição da Relatividade Galileana para a Einsteniana através das concepções alternativas</i> . Atas do XVII SNEF (São Luís, 2007).	C6	EM	D5
157	Cardoso, D., Gurgel, I. <i>A complementaridade das linguagens narrativas e matemática no contexto da elaboração da Relatividade Geral</i> . Atas do XX SNEF (São Paulo, 2013).	C6	EM, ES	D3
158	Vanzella, D.A.T. <i>Teoria da Relatividade Geral: 100 anos encurvando como vemos o Universo</i> . Física na Escola 14 , 1 (2016).	C6	EM,	D7
159	Santos, V.H., <i>Comentários sobre a massa e a energia</i> , CCEF 4 , 156(1987).	C6	ES, ENF	D7
160	Martins, R.A., <i>A relação massa-energia e energia potencial</i> , CCEF 6 , 59 (1989).	C6	ES, ENF	D6

(Continued)

Quadro 8: Continued

N.	Obra	C	N. Edu.	D
161	Gardelli, D., <i>A origem da inércia</i> , CCEF 16 , 43 (1999).	C6	EM, ES, ENF	D7
162	Ostermann, F., dos Santos Freire Ricci, T., <i>Relatividade restrita no ensino médio: Contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física</i> , CBEF 19 , 176 (2002).	C6	EM	D4
163	Ostermann, F., dos Santos Freire Ricci, T., <i>Relatividade restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de Física</i> , CBEF 21 , 83 (2004).	C6	EM	D4
164	Medeiros, A., Farias de Medeiros, C., <i>Einstein, a Física dos brinquedos e o Princípio da equivalência</i> , CBEF 22 , 299 (2005).	C6	EM, ES, ENF	D3
165	Paupitz Barbosa dos Santos, R., <i>Relatividade Restrita com o auxílio de diagramas</i> , CBEF 23 , 238 (2006).	C6	EM, ES	D3
166	Filardo Bassalo, J.M., Cattani, M., <i>Deteção de ondas gravitacionais</i> , CBEF 33 , 879 (2016).	C6	EM, ES, ENF	D7
167	Arnida, S.M. e Villani, A., <i>O problema da plausibilidade da Teoria da Relatividade Especial e suas consequências para o Ensino</i> . Atas do XI SNEF (Niterói, 1995).	C6	EM	D5
168	Santilli, H.B., <i>Relatividade Restringida: Un Desarrollo para Enseñanza Media</i> . Atas do XI SNEF (Niterói, 1995).	C6	EM	D5
169	de Oliveira, M.P., <i>Estratégias para o Ensino de Relatividade Restrita</i> . Atas do XI SNEF (Niterói, 1995).	C6	EM, ES	D3, D5
170	Coimbra, D., Corrêa Lindino, T., Gomes de Souza, F.F. <i>Ensino da Relatividade Restrita através da análise das pré-concepções dos alunos</i> . Atas do XVI SNEF (Rio de Janeiro, 2005).	C6	EM	D3, D5
171	Porto, C.M., Porto, M.B.D.S.M. <i>Galileu, Descartes e a elaboração do princípio da inércia</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 31 , 4601 (2009).	C6	ES	D6
172	Menezes Lima Jr., P.R., Costa Laranjeiras, C. <i>Por dentro da Relatividade: a história da Ciência e o diálogo interdisciplinar no ensino escolar da Relatividade Restrita</i> . Atas do XVII SNEF (São Luís, 2007).	C6	EM	D6
173	Falciano, F.T., <i>Cinemática relativística: paradoxo dos gêmeos</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 29 , 19 (2007).	C6	ES	D7
174	Groch, T.M., Ginane Bezerra Jr., A. <i>O ensino de Relatividade Restrita e Geral nos livros didáticos do PNLEM 2009</i> . Atas do XVIII SNEF (Vitória, 2009).	C6	EM	D4
175	Viali Loyola, G., Rabbi, M.A., <i>Relatividade Restrita no Ensino Médio como uma proposta de ensino-aprendizagem de cinemática básica</i> . Atas do XVIII SNEF (Vitória, 2009).	C6	EM	D3
176	Karam, R., Beig, F., Brockington, G. <i>Aplicação da adição galileana à luz: algumas contradições</i> . Atas do XVIII SNEF (Vitória, 2009).	C6	EM	D3
177	Ferreira Gomes, E., de Carvalho Piassi, L.P. <i>Sonhos de Einstein e o ensino de Teoria da Relatividade: O romance em sala de aula sob a "ótica" da semiótica</i> . Atas do XIX SNEF (Manaus, 2011).	C6	EM	D3
178	Acevedo, O.A., de Moraes, E.M., Pimentel, B.M., <i>O Princípio de Equivalência</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 41 , e20180329 (2019).	C6	ES	D7
179	Lopes de Lacerda, A., da Silva, T. <i>Design instrucional de Relatividade Restrita e ambiente virtual de aprendizagem</i> . Atas do XX SNEF (São Paulo, 2013).	C6	EM, ES, ENF	D4
180	Dalvi Presente, D., Buffon, L.O., <i>Concepções dos alunos do primeiro ano do Ensino Médio a respeito da Teoria da Relatividade Restrita</i> . Atas do XXI SNEF (Uberlândia, 2015).	C6	EM	D5
181	Higa, I., Groch, T.M. e Bezerra Jr., A.G. <i>Relatividade Restrita no Ensino Médio: uma experiência didática</i> . Atas do XXI SNEF (Uberlândia, 2015).	C6	EM	D3
182	Gurgel, I., Cardoso, D., Noronha, A. <i>Uma proposta de atividade sobre o Princípio de Equivalência da Teoria da Relatividade Geral: colocando em prática um experimento de pensamento</i> . Atas do XXI SNEF (Uberlândia, 2015).	C6	EM	D3
183	Semim Garcia, D., Perez Soares Corrêa, H., <i>Um modelo para a representação da deformação do espaço: uma atividade da FMC para o Ensino Médio</i> . Atas do XXI SNEF (Uberlândia, 2015).	C6	EM	D3

(Continued)

Quadro 8: Continued

N.	Obra	C	N. Edu.	D
184	de Sousa Bernardes, E., Zago, L., Sasseron, L.H. <i>Relatividade Geral no Ensino Médio: implementação de uma Sequência Didática e um olhar para o engajamento dos estudantes</i> . Atas do XXII SNEF (São Carlos, 2017).	C6	EM	D3, D5
185	Moreira Santos, J.H., dos Santos Menezes Jr. R., Silva Trindade, M.A., Pereira Hohenfeld, D. <i>Princípio da Equivalência no Ensino Médio: Um relato de experiência didática baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa</i> . Atas do XXIII SNEF (Salvador, 2019).	C6	EM	D3
186	Diniz Toniato, Jr. <i>De Newton a Einstein: a geometrização da Gravitação</i> . CdA 1, 17 (2020).	C6	ES, ENF	D7
187	Piatella, O.F., <i>Introdução à Relatividade Geral</i> . CdA 1, 30 (2020).	C6	ES	D7
188	de Sá, Marcos Ribeiro Rabelo. <i>Teoria da Relatividade Restrita e Geral ao longo do 1o ano do Ensino Médio: uma proposta de inserção</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília (Brasília, Distrito Federal, 2015).	C6	EM	D3
189	Santos, J.H. Moreira. <i>Um estudo dirigido com tirinhas para o ensino de tópicos da Teoria da Relatividade Geral numa perspectiva da Aprendizagem Significativa</i> . Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado da Bahia (Salvador, Bahia, 2018).	C6	EM	D3
190	Arthury, Luiz H.M., Terrazzan, Eduardo A. <i>A Natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a Gravitação</i> . Rev. Bras. Ensino Fís. 40, e3403 (2018).	C6	EM	D3, D6
191	Ofugi Rodrigues, C.D., Pietrocola de Oliveira, M. (1999). <i>A abordagem da Relatividade Restrita em Livros Didáticos do Ensino Médio e a Transposição didática</i> . Atas do II ENPEC (1999).	C6	ES, EM	D4
192	Araujo Leboeuf, H., Borges, A.T. Conexões entre a gravidade, Terra e interação distância na construção de um modelo de mundo. Atas do II ENPEC (1999).	C6	EM, ES	D5
193	Barcellos, Marcília E., Valente, Lígia, Zanetic, João. <i>Problematizando o ensino da Física Moderna, a partir das várias "Teorias Gravitacionais"</i> . Atas do V ENPEC (2005).	C6	ES	D6
194	Karam, Ricardo A.S., Coimbra, Débora, Cruz, Sônia M.S.C. de S. <i>Ampliando o conceito de tempo através da inserção da teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio</i> . Atas do V ENPEC (2005).	C6	EM	D5
195	Machado, Daniel I., Nardi, Roberto. <i>Abordagem do Princípio de Equivalência no Ensino Médio com o suporte da Hipermídia</i> . Atas do VI ENPEC (2007).	C6	EM	D4
196	Gomes, Emerson F., de Carvalho Piassi, Luís P. <i>Tau Zero: Aspectos linguísticos quanto à utilização de um romance de ficção científica no ensino da Teoria da Relatividade</i> . Atas do VIII ENPEC (2011).	C6	EM, ES	D4
197	Stipcich, M.S., Moreira, M.A., Sahelices, C.C. <i>Lassituaciones de una propuesta didáctica sobre la interacción gravitatoria</i> . Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências 5, 2 (2011).	C6	EM	D3
198	da Silva, J.R.N., Araya, A.M.O., de Souza Filho, M.P., Lino, A. <i>O grupo de estudos e discussão como subsídio ao desenvolvimento de interações discursivas auto-organizadas entre professores de Física sobre a temática Teoria da Relatividade</i> . Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências 13, 9 (2013).	C6	ES	D2
199	de Almeida, M.J.P., Londero, L. <i>As imagens na leitura sobre Relatividade Restrita: uma discussão na formação de professores</i> . Atas do XI ENPEC (2017)	C6	ES	D2
200	Arthury, L.H.M., Terrazzan, E.A., <i>A natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a Gravitação</i> . Atas do XI ENPEC (2017).	C6	EM	D3, D6
201	Capiberibe Nunes, R., Pereira de Queirós, W. <i>Imagens deformadas sobre a natureza da Ciência no conteúdo de Relatividade Especial nos livros didáticos do PNLD-2018</i> . Atas do XI ENPEC (2017).	C6	EM	D4
202	Dias de Carvalho Jr., G. <i>O esquema de movimento como organizador da ação em Mecânica Clássica e Relativística</i> . Atas do XI ENPEC (2017).	C6	ES	D3
203	Leonardi Ayala Filho, A. (2010). <i>A construção de um perfil para o conceito de referencial em Física e os obstáculos epistemológicos à aprendizagem da Teoria da Relatividade Restrita</i> . Atas do IX ENPEC (2010).	C6	EM	D5
204	Arriaseq, I., Greca, I. <i>Enseñanza de la teoría de la relatividad especial en el ciclo polimodal: dificultades manifestadas por los docentes y textos de uso habitual</i> . Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias 3, 211 (2004).	C6	ES	D2
205	Capiberibe Nunes, R., Pereira de Queirós, W. <i>Visões deformadas sobre a natureza da Ciência no conteúdo de Relatividade Especial em livros didáticos de Física</i> . Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias 19, 295 (2020).	C6	EM	D4

5. Considerações Finais

O Levantamento de Recursos vem auxiliar ao professor para emprender a tarefa de introduzir a Cosmologia em sala de aula. Vários autores tratam o tema do Ensino desta disciplina, por exemplo, Swinbank [23] comenta que temas como Cosmologia despertam interesse nos jovens e pergunta qual professor que nunca foi solicitado a explicar a expansão do Universo. Meneses [24] enfatiza a importância da “Cosmologia física, desde o Universo mais próximo, como o Sistema Solar e em seguida nossa galáxia, culminando no debate dos modelos evolutivos das estrelas e do Cosmo”. Martins [25] e Neves [26] ressaltam ainda a importância da abordagem histórica no ensino da Cosmologia, enquanto outros trabalhos de interesse similares aparecem na categoria C5.

Do Levantamento podemos concluir que existe farto material que trata do ensino de Cosmologia para os diferentes níveis educacionais. Esse material pode servir de apoio aos docentes no processo de organização das suas aulas e formação continuada para o trabalho pedagógico com o tema. Note-se que *não* estamos afirmando que seja suficiente, já que há notórias carências e deficiências, tal como a do material dedicado aos Processos Cosmológicos (C1), Matéria Escura e Energia Escura e o Universo acelerado (C2) e Estrutura em larga escala (C4), todas estas discutidas extensivamente em artigo complementar [27]. Basicamente, os professores têm notórias dificuldades em lidar com a série de conceitos que “constroem” a história do Universo, por exemplo, a nucleossíntese (e ainda mais a noção de bariogênese), e o fato de haver uma época onde toda a estrutura que observamos não existia. Aqui também resulta evidente que a tão almejada interdisciplinaridade não funciona na prática: se esta funcionasse, os temas de Processos Cosmológicos, o Universo acelerado e a Estrutura em larga escala seriam ideais para pô-la em prática, já que precisam do apoio da Física, da Química e a Matemática de forma ostensiva.

Desde que o objetivo deste trabalho é eminentemente prático, direcionado ao professor que pretende introduzir temas cosmológicos nas suas aulas, temos mantido às introduções e comentários dos trabalhos selecionados bastante diretos e simples, embora todo o material apresentado tenha vários focos em questões de interesse e pode ser utilizado em alguma medida modular, conforme as necessidades específicas.

Constatamos também no Levantamento que a maior parte das pesquisas localizadas têm se dedicado ao ensino do tema C5: Origem do Universo e Cosmogonias (incluindo as abordagens étnicas), aspectos históricos, filosóficos e socioculturais da Cosmologia e ao tema C6: Relatividade Geral, Gravitação e outros desenvolvimentos relacionados (Relatividade Restrita etc.). Com isso, é importante considerar a relevância de que os demais temas para o ensino de Cosmologia sejam incentivados em pesquisas futuras. Ou seja, como já dissemos

antes, existe a necessidade notória de um tratamento estendido e aprofundado, direcionado à Educação, dos temas C1–C4 para complementar o existente.

Existe na amostra um importante número de trabalhos em Cosmologia realizado pelo que chamaríamos os “praticantes” da pesquisa científica na área. A relação do Ensino com a prática dos cientistas que estudam estes assuntos é complexa [27], revelando em muitos casos como os cientistas profissionais apresentam seus resultados e como recomendam sua utilização, que é totalmente diferente, e até antagonista às abordagens antropológicas/humanísticas, como apontamos no “cabeçalho” dos artigos da categoria C5. Por outro lado, em temas da “Física Moderna e Contemporânea (FMC)” que têm sido trabalhados por mais tempo (principalmente a Relatividade Restrita) existe pelo menos um problema sério que se reflete posteriormente no ensino de temas cosmológicos: a apreensão deficiente dos estudantes e professores das ideias e resultados da Relatividade Restrita provoca um efeito *negativo* quando a Cosmologia (que requer a Relatividade *Geral*) é tratada. Boa parte dos erros persistentes entre os estudantes decorrem de uma extrapolação do aprendido da Relatividade Restrita (sem gravitação) ao âmbito onde esta não é válida (o Universo, “pura gravitação”). Daí, ideias equivocadas a respeito da impossibilidade da expansão supra-lumínica, do cálculo da idade do Universo e outras aparecem com frequência. Os trabalhos de Ostermann e Moreira [28], Greca e Moreira [29], Pereira e Ostermann [30], Madruga e Cappelletto [31], Pantoja et al. [32], Rodrigues [33] e Rodrigues et al. [34] apontam ainda a falta de pesquisas que investigam os mecanismos concretos envolvidos no processo de construção de conhecimentos relativo a temas de FMC em condições reais de sala de aula, cujas deficiências aparecem com intensidade quando precisam ser acionados e utilizados na construção do conhecimento da Cosmologia. Finalmente, notamos que uma abordagem “conceitual”, sem formalismo matemático é um risco, já que afasta os professores e alunos do *logos* matemático das Ciências, sendo progressivamente mais distorsivo quanto maior for o nível de ensino [35]. Por outro lado, encontrar uma linguagem formal adequada para os estudantes que os aproxime da prática das Ciências nestes temas é bastante utópico e não há nada completamente satisfatório.

Todos estes pontos são sem dúvida importantes, mas não os discutiremos por extenso aqui. Somos cientes também de que muitos outros conteúdos de grande valor educativo ficaram de fora, como por exemplo, o próprio caráter científico da Cosmologia como disciplina [36] e a visão da Cosmologia como uma extensão cósmica do ambiente local dos estudantes, este último tão enfatizado nos últimos tempos. Porém, com a finalidade que se propôs, o Levantamento de Recursos contém praticamente todo o material necessário para uso dos professores, até de forma estruturada ou semiestruturada para uso direto em sala de aula, na medida das necessidades e possibilidades de cada caso.

Referências

- [1] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, *Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental*. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacional.comum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf
- [2] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)*. Brasília, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>
- [3] SECRETÁRIA DA EDUCAÇÃO, *Currículo do Estado de São Paulo: Ciências Humanas e suas tecnologias*. São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/236.pdf>
- [4] P.S. Bretones, *Disciplinas Introdutórias de Astronomia nos Cursos Superiores do Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- [5] C. da Silva Júnior, S. Sasson e P.S. Bedaque Sanches. *Ciências: Entendendo a Natureza -6º Ano* (Saraiva, São Paulo, 2013), 25 ed.
- [6] E.S. Teixeira e O. Freire Junior, *Cad. Cat. Ens. Fís.* **16**, 35 (1999).
- [7] E. Hubble, *PNAS* **15**, 168 (1929).
- [8] J.C. Libâneo, *Didática* (Cortez, São Paulo, 1990).
- [9] L.S. Shulman, *Educational Researcher* **15**, 4 (1986).
- [10] R.C. Tolman, *Relativity, Thermodynamics and Cosmology* (Clarendon Press, Nova York, 1934).
- [11] A.A. Penzias e R.W. Wilson, *Astrophys. J.* **142**, 419 (1965).
- [12] G.A. Shields, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. **111**, 661 (1999).
- [13] H. Nussbaumer e L. Bieri, *The Observatory* **131**, 394 (2011).
- [14] A. Bagdonas, J. Zanetic e I. Gurgel, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **39**, e2602 (2017).
- [15] B.P. Abbott, R. Abbott, T.D. Abbott, M.R. Abernathy, F. Acernese, K. Ackley, C. Adams, T. Adams, P. Addesso, R.X. Adhikari, et al., *Phys. Rev. Lett.* **116**, 061102 (2016).
- [16] <https://eventhorizontelescope.org/press-release-april-10-2019-astronomers-capture-first-image-black-hole>
- [17] J. Goldader, *Astronomy Education Review* **1**, 134 (2002).
- [18] M. Kersting, E.K. Henriksen, M.V. Bøe e C. Angell, *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* **14**, 010130 (2018).
- [19] J.M. Bailey e T.F. Slater, *Am. Jour. Phys.* **73**, 677 (2005).
- [20] <https://physh.aps.org/about>
- [21] J. Megid Neto, *Tendências da pesquisa acadêmica sobre o ensino de Ciências no nível fundamental*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- [22] L.C. Jafelice, M.L.S.L. Freitas, G.B.C. Fernandes e L.A.L. Medeiros, *Astronomia, Educação e Cultura: abordagens transdisciplinares para os vários níveis de ensino* (Ed. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010).
- [23] E. Swinbank, *Physics Education* **27**, 87 (1992).
- [24] L.C. Meneses, *Física na Escola* **1**, 6 (2000).
- [25] R.A. Martins, em: *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para uma aplicação no ensino*, organizado por C.C. Silva (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2006).
- [26] M.C.D. Neves, em: *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para uma aplicação no ensino*, organizado por C.C. Silva (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2006).
- [27] P.C.S. Gonçalves, P.S. Bretones e J.E. Horvath, *Ciência & Educação* (2021), não publicado.
- [28] F. Ostermann e M.A. Moreira, *Investigações em Ensino de Ciências* **5**, 23 (2000).
- [29] I.M. Greca e M.A. Moreira, *Investigações em Ensino de Ciências* **6**, 29 (2001).
- [30] A.P. Pereira e F. Ostermann, *Investigações em Ensino de Ciências* **14**, 393 (2009).
- [31] J.E. Madruga e E. Cappelletto, em: *IV Encontro Estadual de Ensino de Física* (Porto Alegre, 2011).
- [32] G.C.F. Pantoja, M.A. Moreira e V.E. Herscovitz, *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia* **4**, 1 (2011).
- [33] C.M. Rodrigues, *A inserção da física moderna no ensino médio aliada à tecnologia do sistema de posicionamento global (GPS)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- [34] C.M. Rodrigues, I.P.S. Sauerwein e R.A. Sauerwein, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **36**, 1 (2014).
- [35] J.E. Horvath e P.H.R.S. Moraes, *Astronomy Education Journal* **1**, 48 (2021)
- [36] H. Kragh, em: *Handbook of Historical and Philosophical Research in Science Education*, editado por M.R. Matthews (Springer, Nova York, 2013).