

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIA MILENA TEGON FIGUEIRA

ANÁLISE DAS CAPACIDADES COGNITIVAS DOS CONTEÚDOS APRESENTADOS
NO III NÍVEL DA OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA
(OBA)

Palotina
2023

MARIA MILENA TEGON FIGUEIRA

ANÁLISE DAS CAPACIDADES COGNITIVAS E DOS CONTEÚDOS
APRESENTADOS NA OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E
ASTRONÁUTICA (OBA)

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Educação Matemática e Tecnologias Educativas, Setor Palotina, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Educação em Ciências, Educação Matemática e Tecnologias Educativas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Roberta Chiesa Bartelmebs.

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Iachel.

Palotina

2023

Universidade Federal do Paraná. Sistemas de Bibliotecas.
Biblioteca UFPR Palotina.

F475 Figueira, Maria Milena Tegon
Análise das capacidades cognitivas dos conteúdos
apresentados no III nível da olimpíada brasileira de astronomia
e astronáutica (OBA) / Maria Milena Tegon Figueira.
– Palotina, PR, 2023.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Educação em
Ciências, Educação Matemática e Tecnologias Educativas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Roberta Chiesa Bartelmebs.

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Iachel.

1. Capacidades cognitivas 2. Ensino de Astronomia. 3. Ensino
Fundamental. I. Bartelmebs, Roberta Chiesa. II. Iachel, Gustavo.
III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDU 374

Bibliotecária: Aparecida Pereira dos Santos – CRB 9/1653



ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE MESTRADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS EDUCATIVAS

No dia vinte e oito de março de dois mil e vinte e três às 14:00 horas, na sala de aula 2 - LACOMA e na sala virtual, UFPR - Setor Palotina e plataforma Microsoft Teams, foram instaladas as atividades pertinentes ao rito de defesa de dissertação da mestranda **MARIA MILENA TEGON FIGUEIRA**, intitulada: **Análise das capacidades cognitivas dos conteúdos apresentados no III nível da Olimpíada brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)**, sob orientação da Profa. Dra. ROBERTA CHIESA BARTELMES. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS EDUCATIVAS da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: ROBERTA CHIESA BARTELMES (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), RODOLFO LANGHI (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA), MARA FERNANDA PARISOTO (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), JOAO BATISTA SIQUEIRA HARRES (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL). A presidência iniciou os ritos definidos pelo Colegiado do Programa e, após exarados os pareceres dos membros do comitê examinador e da respectiva contra argumentação, ocorreu a leitura do parecer final da banca examinadora, que decidiu pela APROVAÇÃO. Este resultado deverá ser homologado pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais definidos pelo programa. A outorga de título de mestra está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, ROBERTA CHIESA BARTELMES, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.

Palotina, 28 de Março de 2023.

Assinatura Eletrônica

04/04/2023 09:29:29.0

ROBERTA CHIESA BARTELMES

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

04/04/2023 11:35:00.0

RODOLFO LANGHI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA)

Assinatura Eletrônica

29/03/2023 17:16:18.0

MARA FERNANDA PARISOTO

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

05/04/2023 10:04:36.0

JOAO BATISTA SIQUEIRA HARRES

Avaliador Externo (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS, EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS
EDUCATIVAS - 40001016174P1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS EDUCATIVAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **MARIA MILENA TEGON FIGUEIRA** intitulada: **Análise das capacidades cognitivas dos conteúdos apresentados no III nível da Olimpíada brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)**, sob orientação da Profa. Dra. ROBERTA CHIESA BARTELMEBS, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Palotina, 28 de Março de 2023.

Assinatura Eletrônica

04/04/2023 09:29:29.0

ROBERTA CHIESA BARTELMEBS
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

04/04/2023 11:35:00.0

RODOLFO LANGHI
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA)

Assinatura Eletrônica

29/03/2023 17:16:18.0

MARA FERNANDA PARISOTO
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

05/04/2023 10:04:36.0

JOAO BATISTA SIQUEIRA HARRES
Avaliador Externo (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO
GRANDE DO SUL)

Rua Pioneiro, 2153 - Palotina - Paraná - Brasil

CEP 85950-000 - Tel: (44) 3211-8529 - E-mail: ppgeceme@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 270286

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 270286

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente na minha vida, abençoando-me sempre.

Especialmente, agradeço à Professora Dr.^a Roberta Chiesa Bartelmebs por ser não só minha orientadora, mas também uma inspiração, capaz de me motivar nas horas mais difíceis e sempre me receber de braços abertos. Agradeço por todos os ensinamentos compartilhados de forma admirável e por me guiar até aqui.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Gustavo Iachel, por toda a ajuda durante a realização deste trabalho. Sua contribuição foi essencial para a concretização desta pesquisa.

Aos meus pais, Rose e Luiz Carlos, por sempre me guiarem pelos bons caminhos, mesmo que fossem difíceis, e por me ensinarem a nunca desistir dos meus sonhos.

Ao meu noivo, pela motivação diária, pela paciência, amor e carinho que teve comigo durante esse processo de realização do mestrado.

A todos os colegas, professores e servidores do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Educação Matemática e Tecnologias Educativas da Universidade Federal do Paraná, que participaram desta minha jornada, o meu carinho.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

A todos que de certa forma contribuíram para minha consolidação como profissional e ainda auxiliam neste caminho, obrigada.

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo geral verificar se as questões presentes nas provas do III nível da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica estão adequadas ao nível da capacidade cognitiva de seus participantes. Visando atingir plenamente nosso objetivo, analisamos e categorizamos as questões da prova do nível III, entre 2012 e 2022, de acordo com os conteúdos e as competências cognitivas exigidas nas questões. A escolha da prova do nível III se deve ao fato de abarcar crianças com idade e escolaridade de níveis diferentes (11 a 14 anos, 6° ao 9°ano, respectivamente). Essa pesquisa é de cunho misto (qualitativa e quantitativa) e a análise dos dados foi realizada por meio da Análise de Conteúdo de Bardin (2016). A primeira dimensão de análise consistiu em uma comparação dos conteúdos das provas com o PCN (para as provas de 2012 a 2017) e a BNCC (provas de 2018 a 2022). Desta primeira análise concluímos que os conteúdos presentes na prova da OBA estão se afastando do currículo das escolas, visto que a coerência das provas com a BNCC é menor do que na época que o PCN era vigente. A segunda dimensão de análise foi realizada com base no estudo dos estádios de desenvolvimento cognitivo desenvolvidos por Piaget e colaboradores (PIAGET, 1970). Piaget propõe que o desenvolvimento cognitivo acontece por meio de quatro estádios com idades mais ou menos definidas, o autor propõe quatro estádios, entretanto nos aprofundamos nesta pesquisa nos dois últimos, a saber: operatório concreto e operatório formal. Utilizamos as habilidades cognitivas apresentadas na teoria desses dois estádios para classificar as questões. Uma das principais características que diferencia os sujeitos no operatório concreto para o formal é a capacidade de pensar abstratamente e raciocinar sobre problemas hipotéticos. As questões classificadas no estádio operatório concreto I são as mais simples, como aquelas que o estudante precisa buscar na memória a informação para resolver a questão ou questões intuitivas. Já as questões classificadas no nível operatório concreto II necessitam de raciocínio lógico e coordenação espacial um pouco mais desenvolvido. As questões classificadas no nível operatório formal são aquelas que exigem um pensamento abstrato do estudante para a elaboração da resposta. Das 157 questões investigadas, 62 foram classificadas no nível formal. Esse número é significativo, considerando que somente a partir dos 12 anos em média o indivíduo entra no estádio operatório formal. Os resultados desta pesquisa apontam para a necessidade de uma revisão da prova do III nível pelos organizadores da OBA.

Palavras-chave: Ensino de Astronomia; Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica; Ensino Fundamental; Capacidades cognitivas.

ABSTRACT

This research has the general objective of verifying whether the questions present in the tests of the III level of the Brazilian Olympiad of Astronomy and Astronautics are adequate to the level of cognitive capacity of its participants. Aiming to fully achieve our goal, we analyzed and categorized the questions of the level III test, between 2012 and 2022, according to the content and cognitive skills required in the questions. The choice of the level III test is due to the fact that it encompasses children of different ages and schooling levels (11 to 14 years old, 6th to 9th grade, respectively). This study is of a qualitative nature and data analysis was performed using Bardin's Content Analysis (2016). The first dimension of analysis consisted of a comparison of the contents of the tests with the PCN (for tests from 2012 to 2017) and the BNCC (tests from 2018 to 2022). From this first analysis, we concluded that the contents present in the OBA test are moving away from the school curriculum, since the coherence of the tests with the BNCC is less than at the time when the PCN was in force. The second dimension of analysis was based on the study of cognitive development stages developed by Piaget and collaborators (PIAGET, 1970). Piaget proposes that cognitive development takes place through stages with more or less defined ages, the author proposes four stages, however we deepened in this research in the last two namely: concrete operational and formal operational. We used the cognitive skills presented in the theory of these two stages to classify the questions. One of the main characteristics that differentiates subjects from the concrete to the formal operational is the ability to think abstractly and reason about hypothetical problems. The questions classified in the concrete operational stage I are the simplest, such as those in which the student needs to search the memory for information to solve the question or intuitive questions. The questions classified in the concrete operational level II require logical reasoning and spatial coordination a little more developed. Questions classified at the formal operational level are those that require abstract thinking from the student to formulate the answer. Of the 157 questions investigated, 62 were classified at the formal level. This number is significant, considering that only after 12 years of age, on average, does an individual enter the formal operational stage. The results of this research point to the need for a review of the III level test by the OBA organizers.

Keywords: Teaching Astronomy; Brazilian Astronomy and Astronautics Olympiad; Elementary School.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS QUESTÕES DO III NÍVEL POR CONTEÚDOS	29
GRÁFICO 2 – CONTEÚDOS DE ASTRONOMIA PRESENTES NO PCN.....	33
GRÁFICO 3 – CONTEÚDOS DE ASTRONOMIA PRESENTES NA BNCC.....	34
GRÁFICO 4 – CLASSIFICAÇÃO DAS PROVAS DE 2012-2017	53
GRÁFICO 5 – DISTRIBUIÇÃO DAS QUESTÕES QUE APRESENTAM CONTEÚDOS DE OUTRAS DISCIPLINAS	54
GRÁFICO 6 – CLASSIFICAÇÃO DAS PROVAS DE 2018-2022	55
GRÁFICO 7 – DISTRIBUIÇÃO DAS QUESTÕES DE TEMAS NÃO PRESENTES NA BNCC DE CIÊNCIAS DO EF	56
GRÁFICO 8 – CLASSIFICAÇÃO DAS QUESTÕES POR ESTÁDIO	59

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – RESULTADO DO LEVANTAMENTO NO GOOGLE ACADÊMICO	27
QUADRO 2 – CONTEÚDOS DE ASTRONOMIA PREVISTOS NO PCN DE CIÊNCIAS	31
QUADRO 3 – COMPARAÇÃO ENTRE OS ESTÁDIOS OPERATÓRIO CONCRETO E FORMAL	47
QUADRO 4 – DIMENSÕES DE ANÁLISE	52
QUADRO 5 – CLASSIFICAÇÃO DAS QUESTÕES POR ESTÁDIO	59
QUADRO 6 – CONCEITOS E HABILIDADES DA BNCC UNIDADE TEMÁTICA TERRA E UNIVERSO PARA OS ANOS FINAIS DO EF	90

LISTA DE SIGLAS

AC	- Análise de Conteúdo
BNCC	- Base Nacional Comum Curricular
CESAB	- Comissão de Ensino da Sociedade Astronômica Brasileira
EF	- Ensino Fundamental
IC	- Iniciação Científica
IOAA	- Olimpíada Internacional de Astronomia e Astrofísica
MOBFOG	- Mostra Brasileira de Foguetes
OBA	- Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
OBFOG	- Olimpíada Brasileira de Foguetes
OLAA	- Olimpíada Latino-Americana de Astronomia e Astronáutica
PCN	- Parâmetros Curriculares Nacionais
SAB	- Sociedade Astronômica Brasileira
UFPR	- Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 O INÍCIO DA MINHA TRAJETÓRIA NA EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA	11
1.2 OS PRINCÍPIOS DESTA PESQUISA	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 AS OLIMPÍADAS CIENTÍFICAS	18
2.2 A OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA	20
2.3 PESQUISAS REFERENTES ÀS QUESTÕES DA OBA	26
2.4 ASTRONOMIA NOS PARÂMETROS NACIONAIS CURRICULARES E NA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR.....	30
2.5 A EPISTEMOLOGIA GENÉTICA COMO TEORIA DE CONHECIMENTO.....	34
2.7 ESTÁDIOS DO DESENVOLVIMENTO	37
2.7.1 Estádio sensório-motor.....	38
2.7.2 Estádio pré-operatório	38
2.7.3 Estádio operatório concreto.....	40
2.7.4 As operações formais.....	45
3. FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA	48
3.1 METODOLOGIA DA COLETA DE DADOS	49
3.3 METODOLOGIA DA ANÁLISE DE DADOS	49
4. RESULTADO DAS ANÁLISES	51
4.1 A CONSTRUÇÃO DE ÍNDICES E INDICADORES	51
4.2 Dimensão de análise 1 – Conteúdos de Astronomia presentes na prova	52
4.3 Dimensão de análise 2 – Classificação das questões por estádios de desenvolvimento	58
4.3.1 Estádio Operatório Concreto I	60
4.3.2 Operatório concreto II.....	62
4.3.3 Operatório Formal	68
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS	80

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, descrevo a minha trajetória enquanto pesquisadora em formação, assim como as inquietações e as motivações que me levaram a realização desta pesquisa. Apresento também a questão de investigação, o objetivo geral e os objetivos específicos, além de discorrer sobre a estrutura e organização dos capítulos desta dissertação.

Por se tratar de uma descrição que parte de minha experiência e que, em dados momentos, passa pela ação e por reflexões desenvolvidas em conjunto com colegas e professores, utilizo-me, neste momento, ora da primeira pessoa do singular, ora da primeira pessoa do plural em referência a ações e reflexões desenvolvidas em conjunto com colegas e professores. A partir do capítulo seguinte, será adotada a utilização da primeira pessoa do plural, entendendo a construção coletiva entre pesquisadora e orientadores.

1.1 O INÍCIO DA MINHA TRAJETÓRIA NA EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA

O céu e os mistérios do nosso universo já me encantavam desde antes de ingressar no Ensino Superior. Durante a graduação, no curso de Licenciatura em Ciências Exatas, na Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina, meu fascínio por Astronomia se intensificou.

Em meados de 2017 tive a oportunidade de participar da disciplina de “Ensino de Astronomia”, ministrada pela minha atual orientadora, Prof.^a Dr.^a Roberta Chiesa Bartelmebs. Motivada pela disciplina e por um interesse pessoal em Astronomia, busquei conhecer mais sobre as pesquisas e os projetos da Prof.^a Roberta desenvolvidos na Universidade Federal do Paraná.

No início de 2018, resolvi mandar um e-mail para a Prof.^a Roberta solicitando uma oportunidade para participar de seu projeto de Iniciação Científica (IC), intitulado “Ensino de Astronomia básica para o Ensino Fundamental”. Aqui começa, de fato, meu interesse pela área de Educação em Astronomia.

A IC foi de longe uma das melhores experiências vividas na graduação. Me recordo muito mais das leituras e vivências na IC, do que das próprias disciplinas da estrutura curricular do curso de Ciências Exatas. A pesquisa desenvolvida por mim e

demais colegas, visava reconhecer as concepções epistemológicas e didáticas de professores de Ciências do Ensino Fundamental da rede municipal e estadual da cidade de Palotina.

Dessa forma, pude acompanhar as entrevistas e conversar com diversos professores de Ciências, além de me familiarizar com as pesquisas da área de Educação em Astronomia e conhecer, mesmo que ainda de forma sucinta, como funciona uma pesquisa científica.

Os resultados da pesquisa de IC revelaram um déficit significativo na compreensão dos docentes de temas de Astronomia básica, presentes no currículo do Ensino Básico. Alguns professores apresentavam concepções alternativas próximas a dos alunos diagnosticada por pesquisas anteriores (BARTELMÉBS, 2018).

Além disso, em nosso artigo publicado na revista *Shème* (BARTELMÉBS *et al.*, 2019), é possível constatar que de um total de 13 professores entrevistados, apenas dois apresentaram explicações próximas ao conhecimento científico, sobre o fenômeno das estações do ano. Ainda sobre essa pesquisa, verificamos que a maior parte dos professores, aparentemente, não relacionam os movimentos da Terra e a inclinação do eixo terrestre de forma correta para explicar as estações do ano (BARTELMÉBS *et al.*, 2019).

O diagnóstico realizado por nós confirmou o que já era discutido por muitos pesquisadores da área de Educação em Astronomia: a falta de formação inicial de professores de Ciências, com relação a temas da Astronomia, influencia diretamente em seu fazer pedagógico (BARTELMÉBS, 2016; PIMENTA, LIMA 2008; LANGHI, 2009).

Diante dos resultados da pesquisa de IC, a Professora Roberta Bartelmebs criou o projeto Licenciar¹, intitulado “Astroeducação”, ao qual logo me inseri para fazer parte de sua equipe. Entre as diversas ações realizadas no “Astroeducação”, relato uma, que de certa forma culminou na escolha do tema dessa pesquisa: a elaboração de oficinas preparatórias para a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA).

¹ O **Licenciar** é um programa que congrega projetos dos diversos Cursos de Licenciatura da UFPR. Seu objetivo é apoiar ações que visem ao desenvolvimento de projetos voltados à melhoria da qualidade de ensino nas Licenciaturas desta Universidade.

Em parceria com o projeto “Meninas na Ciência”, também desenvolvido na UFPR desde 2019, anualmente são oferecidos cursos com o intuito de preparar professores e alunos para a OBA. No decorrer desses cursos, era comum os alunos participantes relatarem dificuldades em resolver as provas da OBA. Os professores também nos relataram que a demanda de conteúdo do currículo e alta carga horária de trabalho, dificultavam a preparação dos estudantes.

Nos bastidores da organização dos cursos preparatórios para OBA, frequentemente conversávamos sobre a possibilidade de alguns conteúdos da prova do III nível da OBA, não estarem de acordo com o desenvolvimento cognitivo das crianças e adolescentes, a quem a prova é destinada. Conteúdos como por exemplo Leis de Kepler para crianças do 6º ano, não nos parecia apropriado, tendo em vista que a formalização matemática e anúnciação das Leis de Kepler acontecessem apenas no Ensino Médio. De qualquer forma, essas especulações ficaram “em suspenso” por algum tempo.

A convite da professora Roberta, ainda no fim de 2020, pude participar de uma reunião com os graduandos de Ciências Exatas que cursaram a disciplina de Ensino de Astronomia. Durante essa reunião conversamos sobre diversos temas relacionados a Astronomia, até que surgiu o tema OBA. Meu atual coorientador, o professor Gustavo Iachel, também participou conosco dessa reunião e comentou que sua dissertação tangenciou discussões sobre a OBA, mas que as pesquisas eram escassas demais para levar a alguma conclusão.

Entendo que o objetivo da OBA não seja estimular a competição entre alunos, ou selecionar, de forma meritocrática, “alunos estrelas”, e, objetivando investigar e possivelmente propor melhorias para a prova, buscamos apoio em referenciais teóricos pertinentes para proposta de uma investigação sobre a adequação das questões da prova da OBA do III nível, os quais são apresentados nesta dissertação.

1.2 OS PRINCÍPIOS DESTA PESQUISA

A Astronomia é uma ciência em constante evolução, construída por seres humanos no decorrer de sua vivência e transmitida de uma geração para a seguinte, e entre civilizações, até chegar ao que conhecemos hoje. Este conhecimento passa desde a descrição das constelações até o estudo da cosmologia avançada.

Apesar de ser um tema relevante, por muitos anos a Astronomia foi deixada de lado pela educação brasileira. Embora a escola ainda não possua na matriz curricular uma disciplina específica de Astronomia, graças à reforma educacional de 1996, os conteúdos relativos às estas ciências estão espalhados por diversas séries e disciplinas (HOSOUME; LEITE; CARLO, 2010).

O conhecimento dos astros começa então a ser discutido em sala de aula, porém com diversas defasagens. Os livros didáticos destas disciplinas, por sua vez, eram escritos unicamente por profissionais da área, não havendo nenhum astrônomo em sua confecção ou revisão, fazendo com que erros conceituais graves fossem comumente encontrados, como apontado por Trevisan *et al.* (1997). Um segundo fator alarmante, que existe desde a inserção da Astronomia no currículo das escolas, é a precariedade da formação inicial dos docentes conforme destacado por diversos autores (LEITE; HOSOUME, 2007; LANGHI; NARDI, 2010; BARTELMEBS *et al.*, 2019). De acordo com Langhi e Nardi (2009), o ensino da Astronomia está a cargo da unidade curricular de Ciências, cujos professores, geralmente, são formados em Ciências Biológicas, curso que raramente discute o tema, ou quando o faz realiza de forma superficial.

Diante de tantos problemas, surge a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) em 1998, com o intuito de difundir a Astronomia no país, fomentar o interesse pelo aprimoramento do seu ensino nas escolas e promover o interesse dos jovens pelo estudo da Astronomia, da Astronáutica e de ciências afins (CANALLE, *et al.*, 2017).

Ao realizar um estudo de revisão no âmbito das produções acadêmicas das instituições de ensino e pesquisa brasileiras acerca das discussões sobre a OBA, encontramos diversas publicações, mas estas, em geral, referem-se à relatos de experiência sobre cursos preparatórios para as provas. Algumas discussões com aprofundamento teórico sobre estas avaliações foram encontradas nos artigos Erthal e Vieira (2019) e Zárate *et al.* (2009). Além disso, algumas dissertações como a de Menezes (2018), Soares (2020); Garratini (2021) trazem reflexões importantes a respeito de aspectos que necessitam ser aperfeiçoados na OBA.

As provas da olimpíada evoluíram bastante desde o início da atividade, como apontam Zárate *et al.* (2009). As questões têm se direcionado mais para o tipo raciocínio, conhecimento e compreensão, e em contrapartida o número de questões

que usam simples memorização de respostas vem caindo principalmente na prova de III nível.

Na dissertação defendida por Soares (2020, p. 15), o autor indica que um dos desafios que estudantes e professores encontram no conteúdo da OBA, é que “a BNCC não constitui uma Componente Curricular que trata especificamente sobre o estudo de Astronomia e Astronáutica”. Dessa forma, para se preparar e preparar os alunos para a OBA, o professor precisa despender de carga horária extra e não remunerada (IACHEL, 2013). Segundo a pesquisa de Pastore e Streider (2012) a falta de materiais e estrutura das escolas, como livros, computadores, projetor multimídia, também são fatores que dificultam a preparação para a OBA.

Na investigação realizada por Garratini (2021) encontramos ainda comentários de alguns professores que indicam que os alunos possuem dificuldade em interpretar algumas questões, e que as provas da OBA são incompatíveis com o ano escolar e os conteúdos curriculares a que se referem.

Ao analisar os relatórios da OBA do ano de 2019, em específico do III nível, verificamos que desde 2017, a maior parte dos alunos concentram suas notas entre três e quatro pontos, sendo dez a maior pontuação. Além disso, em 2019 apenas 0,5% dos estudantes que realizaram a prova do III nível da OBA, obtiveram a nota máxima (CANALLE *et al.*, 2019).

Em 2020 o cenário sofreu algumas alterações, a maior parte dos estudantes obtiveram notas entre seis e sete para a prova do III nível. Entretanto, ainda é cedo para concluir que de fato ocorreu uma melhora no desempenho dos alunos, já que em 2020 tivemos um ano atípico causado pela pandemia do COVID-19, assim as provas foram realizadas de forma remota, portanto muitos fatores podem ter influenciado na nota dos estudantes.

Diante do que foi apresentado, entendemos que é preciso que se olhe mais apuradamente as provas da OBA, para se refletir sobre o que deve ser avaliado e como realizar tal avaliação, em relação aos conteúdos de Astronomia e Astronáutica específicos em cada nível de ensino proposto.

Nesta perspectiva, o presente estudo possui a seguinte questão de pesquisa:

Estariam as questões presentes nas provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica adequadas ao nível de capacidade cognitiva de seus participantes?

Para isso, realizamos um estudo aprofundado das questões da OBA do nível III, destinada as crianças do 6° ao 9° ano, com intuito de verificar se estas provas estão de acordo com os conhecimentos e com as habilidades cognitivas desenvolvidas pelas crianças nessas idades. Para tanto, delimitamos nosso estudo das provas entre o período de 2012 a 2022.

Justificamos que a escolha da investigação em específico da prova do III nível, se deve ao fato de este nível abarcar crianças com graus de escolaridade distintos (a prova é destinada a alunos do 6° ao 9° ano) além disso, os desenvolvimentos cognitivos dos estudantes estão em etapas diferentes, como mostrado a frente, com base nos estudos desenvolvidos por Piaget (1970) sobre estádios de desenvolvimento cognitivo.

A escolha do recorte temporal de 11 anos da aplicação da OBA (2012 até 2022) é justificada pelo fato de representar um momento significativo, que abrangeu mudanças curriculares importantes para a Educação Básica, como a consolidação dos PCN, a implantação da BNCC e a passagem por um período pandêmico seguido de aulas remotas e modelos híbridos de ensino.

Para conseguirmos responder plenamente nossa questão de pesquisa, elaboramos o seguinte objetivo geral:

Verificar se as questões presentes nas provas de nível III da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica estão adequadas à capacidade cognitiva de seus participantes.

A partir do objetivo geral foram elaborados os seguintes os objetivos específicos:

I. Compreender o desenvolvimento cognitivo das crianças da faixa etária de 10 a 15 anos, alicerçados na teoria da epistemologia genética de Piaget (1970).

II. Analisar os Parâmetros Curriculares Nacionais com foco nos conteúdos de Astronomia presentes no Ensino Fundamental II (EF).

III. Analisar os conteúdos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) com foco nos conteúdos de Astronomia do EF II.

IV. Compreender, através da comparação entre as questões de nível III da OBA e os documentos curriculares oficiais do país, se existe congruência quanto aos conteúdos da Astronomia abordados. Para isso, utilizou-se a Análise de Conteúdo de Bardin (2016).

Sendo assim, essa dissertação está composta por: Introdução, Referencial Teórico, Fundamentação Metodológica, Resultados e Considerações Finais.

No Referencial Teórico são apresentadas as discussões acerca das olimpíadas científicas buscando identificar na literatura os pontos negativos e positivos das olimpíadas científicas; em sequência é apresentada a trajetória da OBA, com base nos relatórios da olimpíada publicados pelo Prof. Canalle e colaboradores. Neste capítulo também discorreremos sobre a presença da Astronomia nos currículos nacionais, PCNs e BNCC visando identificar semelhanças e diferenças entre eles.

Ainda no capítulo de Referencial Teórico são apresentados os estudos de Piaget (1970, 1975, 1987), em um primeiro momento apresentamos a teoria da Epistemologia Genética e os seus conceitos chaves, entretanto nosso principal foco foi entender os estádios de desenvolvimento cognitivo proposto pelo autor, pois a compreensão desses estádios nos permitirá uma análise profunda das questões da prova da OBA.

Definida como pesquisa de abordagem qualitativa do tipo estudo documental, o Capítulo tópico três é destinado a apresentar os aspectos metodológicos da pesquisa. Delimitamos o campo da pesquisa, os critérios e o processo de seleção. Neste caso selecionamos as provas dos últimos onze anos da OBA disponibilizadas no site oficial da Olimpíada.

Após a coleta das provas, os dados foram analisados e estão dispostos no Capítulo 4, observando as características da Análise de Conteúdo (2016). Neste capítulo, apresentamos as dimensões de análise bem como a análise propriamente dita, configurando -se na produção de novas compreensões do fenômeno investigado por meio das articulações com os referenciais teóricos. Por fim, as considerações finais apresentamos as reflexões e compreensões que permearam a investigação, buscando responder à questão da pesquisa e contemplar os objetivos previstos, indicando possíveis lacunas e desdobramentos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Com o objetivo de fundamentar teoricamente a pesquisa desenvolvida, explicitamos nesta seção as discussões que permeiam as olimpíadas científicas. Em seguida, discorreremos a respeito da história da OBA, desde sua elaboração até os dias atuais, bem como analisamos as pesquisas que se referem em específico à investigação da prova da OBA. Buscando entender como os conteúdos de Astronomia estavam e estão distribuídos no currículo da Educação Básica, apresentamos uma análise dos Parâmetros Nacionais Curriculares e da atual Base Nacional Comum Curricular, buscando perceber semelhanças e diferenças entre os dois documentos. Por fim, abordamos a teoria piagetiana, denominada Epistemologia Genética, na qual nosso foco será o desenvolvimento cognitivo na fase da adolescência.

2.1 AS OLIMPÍADAS CIENTÍFICAS

Nos últimos anos, os profissionais da área de ensino de ciências têm se defrontado com grandes desafios, entre eles o de promover o engajamento dos alunos nas atividades de ensino e, ao mesmo tempo, possibilitar uma aprendizagem com significado (DELUCIA *et al.*, 2017). Como forma de supostamente amenizar essas dificuldades, as olimpíadas científicas ganham, cada vez mais, espaço nas escolas.

Conforme Garratini (2021), as olimpíadas científicas são realizadas por meio de provas que testam os conhecimentos específicos dos participantes e, portanto, acontecem no âmbito do raciocínio lógico e da concentração.

Para Silva (2016), as Olimpíadas de Conhecimento são definidas por seu caráter de competição intelectual:

As Olimpíadas Científicas, também conhecidas como Olimpíadas do conhecimento, são competições intelectuais entre estudantes, normalmente de Ensino Fundamental e Médio, ou ainda de cursos universitários de graduação, que consistem na realização de provas ou trabalhos. (SILVA, 2016, p. 22).

Garratini (2021, p. 42) aponta em sua dissertação uma variedade de termos que são utilizados para designar as Olimpíadas Científicas, como: “Olimpíadas Escolares, Olimpíada de Conhecimento, Olimpíada Intelectual” e Olimpíada não esportiva.

Para entender melhor sobre as olimpíadas científicas, Meneguello (2011) nos traz uma interessante história das olimpíadas científicas no Brasil. Segundo a autora, as olimpíadas científicas se tornaram populares em países europeus no final do século XIX, em decorrência do empenho para a expansão do ensino, visando a erradicação do analfabetismo e qualificação de mão de obra.

Em 1894, na Hungria, ocorreu a primeira olimpíada científica nacional, na área da Matemática, viabilizando a organização da primeira olimpíada internacional de Matemática na Romênia em 1959. Desde então, tornou-se comum as olimpíadas sobre disciplinas escolares em países europeus, americanos e asiáticos (MENEGUELLO, 2011).

A primeira olimpíada científica realizada no Brasil em nível nacional foi a de Matemática em 1979. Tal evento abriu as portas para que outros equivalentes nas áreas de ciências da natureza acontecessem, como os de Química (desde 1986), de Astronomia (desde 1998), de Física (desde 1999) e de Biologia (desde 2005) (DELUCIA *et al.*, 2017).

Ainda segundo Delucia *et al.* (2017), nos últimos anos têm ocorrido diversas olimpíadas voltadas para escolas públicas, como a Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (desde 2005) e a Olimpíada Brasileira de Física na Escola Pública (desde 2010). A autora também ressalta a existência de uma Olimpíada Internacional Júnior de Ciências Brasil (desde 2009) que agrega os conteúdos de ciências da natureza para o Ensino Fundamental.

Embora existam poucas pesquisas sobre o potencial das olimpíadas científicas, é possível verificar nos artigos encontrados que simultaneamente em que são apreciados os esforços em inserir os alunos nos estudos mais aprofundados do conhecimento científico, muitas críticas são levantadas a respeito do modelo competitivo das olimpíadas (REZENDE; OSTERMANN, 2012).

Mariuzzo (2010) aponta que as olimpíadas são uma ótima oportunidade de mapear o ensino das disciplinas no país, podendo, inclusive, gerar material que pode ser utilizado em pesquisas acadêmicas, tanto nas áreas específicas, em educação ou mesmo por entidades governamentais.

Alguns trabalhos como de Robinson (2003), Fernandes, Galiazzi (2007), Côrrea *et al.* (2009), Menezes (2018), Leite e Colombo (2020) apontam as olimpíadas como uma atividade vantajosa, que vai além da simples competição. Para esses

pesquisadores, essas atividades despertam a motivação e, como consequência, aumentam o engajamento dos estudantes para com os conteúdos escolares.

Segundo Rezende e Ostermann (2012), em geral, a comunidade defensora das olimpíadas científicas parecem fundamentar-se na ideia de que a construção do conhecimento científico baseia-se na contribuição de talentos individuais. Dessa forma, indicam as olimpíadas científicas como a busca de “novos talentos para incrementar os quadros científicos do país” (REZENDE; OSTERMANN, 2012, p. 249).

Por outro lado, Quadros *et al.* (2010) apresentam a preocupação frequente entre profissionais do ensino acerca do aprofundamento das questões de desigualdade que as atividades de olimpíadas científicas podem promover no ambiente escolar.

De forma geral, todas as olimpíadas escolares são baseadas nas competições esportivas mundiais e esse clima competitivo suscitado pelas Olimpíadas Científicas também é discutido por especialistas da área de psicologia. Segundo os estudos de Jonhson e Jonhson (1984), a estrutura competitiva pode trazer consequências psicológicas ao estudante, como a dificuldade de estabelecer relações sociais e a diminuição da cooperação entre os estudantes. Segundo esses autores, o sucesso intelectual também pode levar o “bem-sucedido” a ser rejeitado socialmente pelos demais. Eles ainda ressaltam que o ambiente competitivo torna mais importante o “vencer” do que a própria aprendizagem.

Na pesquisa de mestrado desenvolvida por Garratini (2021), foi possível constatar que das 13 olimpíadas brasileiras mais populares, apenas quatro, apresentam os objetivos relacionados à ideia de construção coletiva, sendo uma dessas olimpíadas a OBA, a qual é o foco da nossa pesquisa e, portanto, a qual passaremos a explorar com detalhe no próximo tópico.

2.2 A OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica teve sua origem em 1998. O fundador dessa olimpíada foi o engenheiro aeronáutico e professor de Física Daniel Fonseca Lavouras. Segundo o Relatório da I Olimpíada Brasileira de Astronomia, elaborado pelo próprio Lavouras, ao idealizar a OBA o referido professor se inspirou na Olimpíada Internacional de Astronomia (IAO) (LAVOURAS, 1998).

Na origem da OBA, o propósito principal de Lavouras era incentivar os alunos a estudar Astronomia e levar o Brasil para a IAO. Com a ajuda da Universidade do Estado do Pará (UEPA), da Sociedade Brasileira para o Ensino de Astronomia (SBEA) e do então membro da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), Prof. João Batista Canalle, Lavouras conseguiu enviar uma equipe composta por cinco alunos e dois professores para a IAO.

Segundo Lavouras (1998), apesar da SAB não ter manifestado apoio de início ao projeto da OBA e de alguns astrônomos da SAB terem criticado a incipiente olimpíada, o Prof. Canalle foi e é até hoje um membro importante para a Comissão Organizadora da OBA.

A primeira edição da OBA ocorreu em 22 de agosto 1998, cuja prova continha apenas uma fase e foi realizada em horário simultâneo em todas as escolas cadastradas, sendo dividida em dois níveis: o nível I era destinado a alunos com até 16 anos e o nível II era destinado àqueles com faixa etária entre 16 e 18 anos. Esses critérios se justificavam como enquadramento na faixa etária para a participação da terceira IAO (ERTHAL; VIEIRA, 2019). Uma informação interessante é que nesta primeira edição da OBA todas provas foram elaboradas e corrigidas pelo próprio Lavouras.

De acordo com Lavouras (1998), participaram da primeira olimpíada 150 escolas de 12 estados diferentes, número considerável em se tratando de um evento sem apoio governamental. Dessa primeira edição, foi selecionada uma equipe brasileira para participar da IAO, a qual ganhou medalha de bronze e propiciou grande visibilidade para a OBA.

Diante dos resultados positivos da primeira edição, a diretoria da SAB resolveu designar a Comissão de Ensino da Sociedade Astronômica Brasileira (CESAB) para organizar a II OBA. Uma das principais adaptações realizada pela CESAB na II OBA foi dividir a prova em três níveis com base na série escolar e não mais por idade, como feito no ano anterior. Com isso, a OBA passou a englobar os Ensinos Fundamental e Médio (CANALLE *et al.*, 1999). Essa segunda edição da OBA também contou com o apoio de membros de diversas sociedades brasileiras ligadas à Física e à Astronomia, que promoveram a divulgação da OBA em diversas regiões do Brasil, tendo como resultado disso quase 600 alunos inscritos para participar da segunda edição da olimpíada.

De acordo com o relatório da II OBA, ao contrário das competições esportivas que premiam apenas os três primeiros ganhadores, a OBA usou medalhas para motivar o aluno participante:

[...] decidimos atribuir medalha para todos aqueles que obtiveram um índice de acerto maior ou igual a 70%. Medalha de ouro para índice de acerto maior ou igual a 90%, de prata para índice de acerto maior ou igual a 80% e menor que 90% e medalha de bronze para índice de acerto maior ou igual a 70% e menor que 80%. Além das medalhas também foi entregue um certificado. Àqueles que não receberam medalhas foram enviados certificados de participação. (CANALLE, 1999, p. 5).

Dessa forma, todos os alunos receberam uma lembrança, enfatizando que o processo é mais importante que o resultado na prova. Segundo dados disponibilizados no relatório da III OBA, a partir da terceira edição, os próprios professores passaram a corrigir as provas e entregarem para a CESAB (CANALLE *et al.*, 2000).

Desde a segunda edição da OBA, as provas têm sido aplicadas no mês de maio, com exceção da XXIII OBA que ocorreu em novembro de 2021, em razão do cenário pandêmico. Falaremos sobre essa edição com detalhes mais à frente.

Os objetivos da OBA ampliaram-se no ano de 2004, voltando-se ao ensino formal e ao incentivo da familiarização de alunos e professores com temas da Astronomia. Entre os objetivos estavam: “[...] promover o estudo da astronomia entre alunos do ensino fundamental e médio”, além de incentivar e colaborar com os professores do ensino básico para se atualizarem em relação aos conteúdos de astronomia e distribuir materiais educacionais de Astronomia, quando possível (CANALLE *et al.*, 2004, p. 1).

A prova passou por uma nova reestruturação também em 2004, cujo formato permanece o mesmo até hoje: manteve-se em uma única fase, porém passou a ser dividida em quatro níveis:

- Nível I: Alunos do 1º e 2º ano do Ensino Fundamental;
 - Nível II: Alunos do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental;
 - Nível III: Alunos do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental;
 - Nível IV: Alunos de qualquer série do Ensino Médio.
- (CANALLE *et al.*, 2004).

Em 2005, a Agência Espacial Brasileira entrou para a Comissão Organizadora da OBA. A partir disso, a olimpíada considerou conteúdos relacionados à Astronáutica. Assim, a OBA passou a se chamar Olimpíada Brasileira de Astronomia

e Astronáutica, porém manteve sua sigla. No ano de 2008, a OBA realizou uma parceria com a Eletrobrás Furnas e passou a incluir nas provas questões relacionadas com energia elétrica, preservação do meio ambiente, conservação de recursos naturais, entre outros, mas o programa foi descontinuado após o ano 2012 (CANALLE, 2013).

Em 2006, a Lei n° 11.274 foi sancionada pelo Presidente da República, regulamentando o Ensino Fundamental de 9 anos, assim a OBA realizou também uma pequena adequação nos níveis da prova:

- Nível I: destinada aos alunos regularmente matriculados nas 1ª e 2ª séries do Ensino Fundamental no regime de 8 anos, e 1º a 3º séries no regime de 9 anos.
- Nível II: destinada aos alunos matriculados nas 3ª e 4ª séries.
- Nível III: destinada aos alunos regularmente matriculados entre 5º e 8º séries do Ensino Fundamental no regime de 8 anos e entre 6ª e 9ª séries no regime de 9 anos.
- Nível IV: destinada aos estudantes matriculados no Ensino Médio.

No ano de 2019, a XXII OBA bateu o recorde de participantes, superando o maior recorde desde então no ano de 2009. De acordo com Canalle *et al.* (2019), participaram da XII OBA cerca de 884.979 alunos distribuídos por 9.965 escolas. Segundo os autores, esse recorde pode estar associado ao apoio e à divulgação da OBA por meio de um filme, realizada pelo Ministro da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.

No ano de 2020, as provas da OBA, ocorreram de forma virtual, em virtude da pandemia do Covid-19. Embora a divulgação tenha ocorrido de forma assídua, o distanciamento social entre professores e alunos provocou queda significativa no número de participantes da referida edição. Também em razão dos possíveis contratempos tecnológicos, a edição da prova de 2020 foi aplicada nos dias 12 e 13 novembro. Dessa forma, os alunos poderiam optar pelo dia em que realizariam a prova.

No mais recente regulamento da OBA, publicado em 2021, os objetivos são definidos como:

Fomentar o interesse dos jovens pela Astronomia, Astronáutica e ciências afins, promover a difusão dos conhecimentos básicos de uma forma lúdica e cooperativa, mobilizando num mutirão nacional, além dos próprios alunos,

seus professores, coordenadores pedagógicos, diretores, pais e escolas, planetários, observatórios municipais e particulares, espaços, centros e museus de ciências, associações e clubes de Astronomia, astrônomos profissionais e amadores, e instituições voltadas às atividades aeroespaciais. (OBA, regulamento da XXIV OBA, 2020).

O recorte acima apresentado mostra que a OBA extrapolou os limites do ensino formal, promovendo ações e incentivando o ensino de Astronomia fora do currículo e de espaços institucionalizados da educação brasileira. Segundo Erthal e Viera (2019, p.53), a OBA surgiu com o objetivo despertar e estimular o interesse de jovens pela Física e tornou-se um instrumento de divulgação científica, “que aborda conteúdos que geralmente são deixados em segundo plano no currículo básico, mostrando aos estudantes uma nova forma de adquirir conhecimento e interagir com a ciência”.

Para Canalle *et al.* (2020), o principal objetivo da OBA, ou seja, o efeito mais importante e menos mensurável é a motivação criada em muitos alunos e professores para que mais se a estude Astronomia.

Tendo em vista que a OBA é um evento muito maior do que a simples realização de uma olimpíada de conhecimento, embora isso já seja meritório, atentarmos-nos a seguir a descrever as diversas ações promovidas pelos mesmos organizadores da OBA.

Em 2007, aconteceu a I Olimpíada Brasileira de Foguetes (I OBFOG). De acordo com Canalle *et al.* (2007), a IBFOG priorizava a participação de crianças de todos os níveis socioeconômicos, assim, para participar da olimpíada, não havia necessidade de que se lançasse um foguete de altos custos, mas o lançamento de um simples canudinho plástico por impulsão já se adequava ao regimento da OBFOG. Diferente da OBA, que em que a prova é realizada de forma individual, a OBFOG é concorrida entre grupos de estudantes. Também na primeira edição da competição os professores podiam concorrer entre si com objetivo de lançar o foguete em maior distância.

Com a popularização do evento e o consequente aumento de participantes, no ano de 2012 ocorreu uma alteração na nomenclatura da Olimpíada Brasileira de Foguetes, passando a chamar-se Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG).

Os níveis de dificuldade de se construir e lançar os foguetes foram se adaptando de acordo com a inserção de participantes de diversos níveis de escolaridade. Atualmente, os alunos do nível I (1° ao 3° Ensino Fundamental) lançam foguetes de canudinhos por impulsão. Já os estudantes do nível II (4° e 5° do Ensino

Fundamental) devem lançar seus foguetes utilizando uma folha de papel e fazendo voar por impulsão também. Os alunos do nível 3 (6° ao 9° ano do Ensino Fundamental) precisam construir seus foguetes a partir de garrafas PET, utilizando como combustível a água pressurizada. Os alunos do Ensino Médio elaboram foguetes usando vinagre e bicarbonato de sódio, ou propelente sólido numa garrafa PET (CANALLE *et al.*, 2020).

Infelizmente a pandemia do Covid-19 causou drástica redução no número de participações na MBFOG, tendo em vista que este evento propõe a realização de uma atividade prática que é organizada em grupos (CANALLE *et al.*, 2020).

Visto que a formação dos professores de Ciências é deficitária na área de Astronomia, no ano de 2009, em comemoração ao ano internacional da Astronomia, iniciou-se um evento de formação para professores chamado Encontro Regional de Ensino de Astronomia (EREA). O referido evento ocorre anualmente e tem os seguintes objetivos: “promover a capacitação de professores; apresentar métodos práticos de ensino de Astronomia; doar aos participantes materiais didáticos de Astronomia” (CANALLE *et al.*, 2019).

Segundo informações retiradas do *site* do EREA no ano de 2009, foram adquiridos 20.000 Galileoscópios. Além de doar a luneta para cada escola representada nos EREAs, a equipe da OBA organiza a formação para que os professores aprendam a manipular o instrumento.

Ainda sobre a programação dos EREAs, o professor Paulo Sérgio Bretones, comenta sobre a diversidade de atividades que ocorrem no evento e a importância dele:

[...] os professores participaram de várias oficinas para construção de modelos didáticos, dentre eles construção de foguetes, assistiram a palestras e, juntos, observaram o céu. Estes encontros sem dúvida contribuíram para a formação e motivação dos professores que participaram assim como organizadores e palestrantes. (BRETONES, 2021).

Os eventos contam com cerca de 120 participantes em média e, apesar de ser voltado à capacitação de professores, podem se inscrever também estudantes de graduação e o público em geral. No ano de 2019, foi realizado um total de sete EREAs por todo o território brasileiro (CANALLE *et al.*, 2019). Infelizmente, no ano de 2020, em virtude de as aulas se encontrarem em um período remoto, não ocorreu nenhum EREA (CANALLE *et al.*, 2020).

Pensando em motivar os estudantes a estudar Astronomia e levar o Brasil para as Olimpíadas Internacionais, a OBA anualmente seleciona um grupo de cerca de 5.000 mil alunos que obtiveram as melhores notas nas provas para participarem de uma preparação e seleção para a Olimpíada Internacional de Astronomia e Astrofísica (IOAA) e a Olimpíada Latino-Americana de Astronomia e Astronáutica (OLAA) (GARRITINI, 2021). Dos 5.000 mil estudantes pré-selecionados, apenas cinco são eleitos para participar das olimpíadas de conhecimento internacional.

Para finalizar, Canalle *et al.* (2015, p. 20) afirma que:

OBA vai muito além do que pudemos explicitar acima, pois não podemos saber exatamente qual a influência que todos estes eventos têm em estimular mais astrônomos profissionais e amadores, planetários, observatórios, clubes e associações de astronomia a organizarem mais eventos locais de divulgação e ou ensino formal de Astronomia. Não sabemos dizer, também, quantos novos planetários fixos e móveis foram instalados ou comprados graças ao movimento crescente que temos feito com a OBA e todos os seus eventos decorrentes. Não sabemos dizer quantas escolas compraram telescópios para melhor preparar seus alunos para participarem da OBA. Ou seja, podemos estar realizando um evento que tem efeitos secundários que podem até mesmo ser mais importantes do que os eventos decorrentes da OBA.

Certamente a OBA, tem papel importante na popularização da Educação em Astronomia. As diversas ações promovidas pela equipe da CESAB contribuíram de diversas formas para a consolidação da pesquisa em ensino de Astronomia no país.

No próximo tópico, buscamos entender com maior profundidade as provas OBA e para isso realizamos um levantamento das pesquisas que já analisaram criticamente as questões da prova.

2.3 PESQUISAS REFERENTES ÀS QUESTÕES DA OBA

O levantamento para a construção deste tópico foi realizado na plataforma do Google Acadêmico, sendo considerados artigos, teses, dissertações e trabalhos publicados em anais de eventos.

As palavras-chaves utilizadas foram: Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica e Análise da OBA, além dos descritores Ensino de Astronomia, Conteúdo das provas, Perfil das provas acompanhados do termo “AND OBA”. Em razão da gama de trabalhos com o tema OBA, foram analisadas apenas as dez primeiras páginas

apresentadas referente a cada descritor, por isso os números apresentados no quadro a seguir foram arredondados. No Quadro 1, apresentamos os resultados quantitativos da pesquisa citada acima.

QUADRO 1 – RESULTADO DO LEVANTAMENTO NO GOOGLE ACADÊMICO

Descritores	Quantidade de ocorrências
Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica	1
Análise da OBA	1.000
Ensino de Astronomia AND OBA	1.000
Conteúdo das provas AND OBA	1.000
Perfil das provas AND OBA	1.000
Total	4.001

FONTE: Própria autora (2022).

Selecionamos para a análise apenas os artigos que investigaram criticamente a prova e as questões da OBA, ou seja, foram considerados os trabalhos que investigaram aspectos específicos da prova, como o conteúdo das questões e as opiniões de professores sobre a prova, por exemplo. Assim, de um total de 4.001 artigos, trabalhos e dissertações, apenas três se adequaram ao tema investigado.

Podemos constatar que grande parte dos trabalhos apontava para relatos de experiência de cursos preparatórios para a OBA, dessa forma, ainda é muito escassa as pesquisas que analisam as questões da OBA. Entretanto, o fato de os organizadores da OBA terem alterado a estrutura da prova ao longo dos anos revela indícios de uma investigação sobre a adequação das questões para cada público.

A pesquisa pioneira publicada com relação à análise das questões da OBA ocorreu 11 anos após a primeira edição da prova, em 2009. Zárate *et al.* (2009) apresentaram uma análise sobre os tipos de questões das dez primeiras provas da OBA e sobre a formulação das questões de resolução única nas provas de Astronomia. As questões foram classificadas segundo critérios para problemas fechados ou de resposta única e em relação às competências básicas necessárias utilizadas pelos alunos para resolver a questão. Segundo a forma de obter o resultado

correto, as questões foram categorizadas como: conhecimento direto (tipo 1), cálculo (tipo 2), raciocínio e conhecimento (tipo 3), compreensão (tipo 4) e questões de ciência, tecnologia e sociedade (tipo 5).

Segundo Zárate *et al.* (2009, p. 616), as questões de conhecimento direto (tipo 1) são aquelas cujo enunciado é simples e os alunos devem ter um conhecimento específico para responder. Já nas questões de cálculo (tipo 2), o aluno deve ter conhecimento de um algoritmo ou equação para resolvê-la. Questões de raciocínio e conhecimento (tipo 3) são aquelas de conhecimento contextualizado. O aluno deve “saber interpretar um conhecimento ou lei, refletir sobre o resultado de uma equação ou aplicar o conhecimento sobre uma situação diferente da simples aplicação do algoritmo”. As questões de compreensão (tipo 4) são basicamente de interpretação de texto. E, por fim, as questões do tipo 5 são aquelas nas quais os alunos devem dar uma opinião sobre um fato ou sobre uma data histórica.

Ainda na pesquisa de Zárate *et al.* (2009), os resultados apresentados mostram que as questões da OBA têm convergido para mais questões do tipo 3 e do tipo 4 e menos para as do tipo 1. Nas provas das séries iniciais, a porcentagem sobre as questões de simples memorização, ou seja, do tipo 1, passou de 77,8% na VII OBA para 35,7% na X OBA. A maior diferença de porcentagem ocorreu nas provas da 5ª à 8ª séries (regime de 8 anos) ou da 6ª à 9ª séries (regime de 9 anos) do Ensino Fundamental, onde passou de 35,7% para 5,6%, para as mesmas VII e X OBA (ZÁRATE *et al.*, 2009).

Erthal e Vieira (2019) analisaram as provas da OBA de 1998 até 2017. A pesquisa foi dividida em duas partes, sendo a primeira referente à análise estrutural da prova com o intuito de identificar os diferentes modelos e abordagens do exame ao longo dos anos e a segunda parte tratou da categorização das questões de acordo com o conteúdo. As formulações das categorias ocorreram com base nos estudos dos livros: *Introdução à Astronomia e Astrofísica* e o *Céu que nos envolve*. Ambos os livros compõem a bibliografia do endereço virtual oficial da OBA.

As categorias elencadas foram: História da Astronomia; Terra; Lua; Sol; Sistema Solar; Estrela; Galáxias; Reconhecimento Celeste; Astronáutica; Energia; Mecânica Celeste. Em razão das diferentes estruturas da prova ao longo dos anos, os autores dividiram a análise em três etapas (correspondem às três estruturas já assumidas na prova). O Gráfico a seguir ilustra os conteúdos presentes no III nível ao longo do período analisado.

GRÁFICO 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS QUESTÕES DO III NÍVEL POR CONTEÚDOS



FONTE: Erthal e Vieira (2019).

Com base no gráfico, podemos notar uma valorização das questões referentes a temas interdisciplinares, como Astronáutica e Terra.

Garratini (2021) realizou um estudo que visava investigar como a OBA pode contribuir com o processo de aprendizagem dos temas de Astronomia e Astronáutica propostos na grade curricular para os anos iniciais do Ensino Fundamental (EF) na Prefeitura Municipal de Curitiba. Para isso, a autora entrevistou 39 professoras que participam da OBA. Os resultados dessa pesquisa apontam que para a maior parte das professoras, a OBA contribui para o processo de ensino com a justificativa de que as questões podem ajudar a problematizar situações atuais, de maneira lúdica, nas quais as crianças gostam de participar. Além disso, as professoras apontam que os conteúdos da OBA motivou-as a buscar novos conhecimentos de Astronomia e Astronáutica (GARRATINI, 2021).

Ainda na pesquisa de Garratini (2021), a maioria das professoras apontou que os conteúdos das provas da OBA para o EF anos iniciais estão coerentes com os conteúdos curriculares, entretanto nove professoras discordam que exista essa compatibilidade. Sobre isso, uma professora comenta:

[...] as vezes acho até cruel que crianças do 1º ano participem da olimpíada. Na última prova do ciclo II, tinha uma questão de física que não faz parte do conteúdo proposto pela Prefeitura Municipal de Curitiba. (Prof. 21 citada em GARRATINI, 2021, p. 102).

Além disso, algumas professoras apontaram que os alunos têm dificuldade de interpretar as questões da prova da OBA. Há comentários também a respeito da falta de envolvimento das escolas, mas de forma geral as críticas são no sentido de buscar melhorias para as provas (GARRATINI, 2021).

Cabe ressaltar que a pesquisa desenvolvida por Garratini (2021) investigou em especial a prova e o currículo voltados para o EF-I. Como a pesquisa desenvolvida por nós tem foco nas provas do EF-II, as críticas citadas acima podem ser reafirmadas ou refutadas nessa pesquisa.

Nesse sentido, na sequência, apresentamos a análise dos PCNs e da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que indica o que se espera que um estudante do EF-II conheça sobre os temas de Astronomia. Por meio da análise dos documentos oficiais que orientam o currículo das escolas, teremos fundamentação teórica para verificar se os conteúdos da prova da OBA do III nível estão coerentes com o currículo das escolas.

2.4 ASTRONOMIA NOS PARÂMETROS NACIONAIS CURRICULARES E NA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR

A promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (1996) criou a necessidade de elaboração de diretrizes nacionais curriculares, resultando na elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) que orientam os currículos de todos os níveis de ensino da Educação Básica (CARVALHO; RAMOS, 2020).

Ainda segundo Carvalho e Ramos (2020), os PCNs tinham como objetivo oferecer as diretrizes para que os Estados pudessem se basear para elaboração dos seus currículos, visando principalmente a formação para a cidadania. Além disso, o documento garante que as diretrizes foram elaboradas procurando “respeitar as diversidades regionais, culturais e políticas existentes no país” (BRASIL, 1998, p. 5).

As orientações curriculares dos PCNs foram divididas em quatro ciclos, sendo cada ciclo corresponde a duas séries do Ensino Fundamental: 1º Ciclo (1ª e 2ª séries), 2º Ciclo (3ª e 4ª séries), 3º Ciclo (5ª e 6ª séries) e 4º Ciclo (7ª e 8ª séries). Atualmente, com a mudança recente nas séries escolares para nove anos de Ensino Fundamental, o 1º e o 2º Ciclos correspondem do 1º ao 5º ano (séries iniciais) e o 3º e 4º Ciclos do 6º ao 9º ano (séries finais) (BRASIL, 1998).

Para Sanzovo e Balestra (2019), esse novo agrupamento proposto pelos PCNs permite maior aproximação tanto dos conteúdos quanto dos objetivos, rompendo a ideia de fragmentação do ensino.

Os PCNs estão divididos em áreas do conhecimento. A Astronomia aparece dentro da área de Ciências Naturais no eixo temático “Terra e Universo”, no Ensino Fundamental especificamente na disciplina de Ciências, no 3º e 4º ciclos (BRASIL, 1998). O Quadro 2 apresenta os conteúdos de Astronomia centrais para o 3º e 4º ciclos do Ensino Fundamental.

QUADRO 2 – CONTEÚDOS DE ASTRONOMIA PREVISTOS NOS PCNS DE CIÊNCIAS

3º ciclo (6º e 7º ano)	4º ciclo (8º e 9º ano)
<ul style="list-style-type: none"> ● Duração do dia em diferentes épocas do ano. ● Nascimento e movimento aparente do Sol e o tamanho das sombras ao longo do dia. ● A trajetória diária aparente do Sol a partir de observadores em diversos locais. ● Pontos cardeais. ● Fases da Lua e estrelas, reconhecer a natureza cíclica desses eventos e associando-os a ciclos dos seres vivos e ao calendário. ● Concepção de Universo: informações sobre cometas, planetas e satélites e outros astros do Sistema Solar. ● Constituição da Terra e das condições existentes para a presença de vida. ● Valorização dos conhecimentos de povos antigos para explicar os fenômenos celestes. ● Noções de escala astronômica, distância entre Sol-Terra-Lua. ● História da Astronáutica. ● Desenvolvimento de equipamentos de observação tais como: Lunetas, telescópios, foguetes. ● Constelação e seu movimento em relação ao horizonte. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Identificação de constelações, estrelas e planetas no céu do Hemisfério Sul durante o ano e a distância que estão em relação a nós; ● Atração gravitacional da Terra e fenômeno associados. ● Estabelecimento de relação entre os diferentes períodos iluminados de um dia e as estações do ano, mediante observação direta local e interpretação de informações deste fato nas diferentes regiões terrestres. ● Teorias geocêntricas e heliocêntricas. ● Estruturação da Terra estabelecendo relações espaciais e temporais em sua dinâmica e composição. ● Posição da Terra. ● Valorização do conhecimento historicamente acumulado, considerando o papel de novas tecnologias e o embate de ideias nos principais eventos da história da Astronomia até os dias de hoje.

FONTE: Adaptado de Brasil (1998).

No ano de 2018, foi implementada a Base Nacional Comum Curricular, que atualmente define os conteúdos básicos que devem compor o currículo das escolas públicas e privadas do Brasil.

Dessa forma, podemos entender que a BNCC é:

[...] um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE) (BRASIL, 2018, p. 7).

A principal diferença entre os PCNs e a BNCC está na maior quantidade de conteúdos distribuídos ao longo do Ensino Fundamental e Médio presentes na BNCC (CARVALHO; RAMOS, 2020). Como exemplo, na área de Ciências da Natureza, pela primeira vez foram inseridos conteúdos relacionados à Astronomia para serem trabalhados desde a Educação Infantil (CARVALHO; RAMOS, 2020). Já nos PCNs, a ênfase nos anos iniciais era principalmente a alfabetização.

Contudo, a BNCC segue com uma perspectiva similar aos PCNs, “visando à formação para a cidadania e indicando que os conteúdos sejam vistos de forma recorrente, e ampliados na medida da capacidade de abstração dos estudantes” (CARVALHO; RAMOS, 2020, p. 90).

A base é organizada em torno de competências, apresentadas no documento como os conhecimentos, as habilidades, as atitudes e os valores para atuação na vida cotidiana, exercício da cidadania e inserção no mundo do trabalho.

Na BNCC, **competência** é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), **habilidades** (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. (BRASIL, 2018, p. 8, grifo da autora).

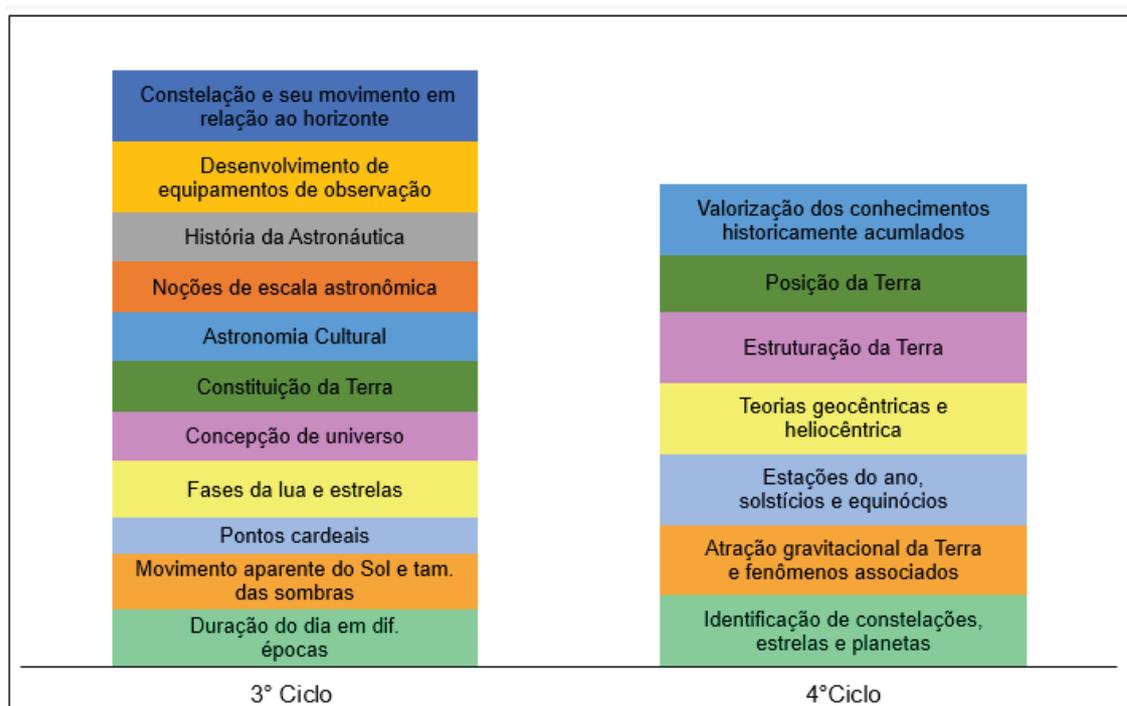
Para a etapa do Ensino Fundamental, a BNCC apresenta as áreas de conhecimento e os componentes curriculares de cada área. Para cada um e para todos eles, são listadas competências específicas. Para cada componente curricular, e para cada ano escolar, são apresentadas as unidades temáticas, os objetos de conhecimento e as habilidades (SASSERON, 2018).

A base estabelece que a disciplina de Ciências da Natureza seja organizada em três unidades temáticas diferentes: “Matéria e Energia”, “Vida e Evolução” e, por último, “Terra e Universo” (BRASIL, 2018).

Os temas de Astronomia na BNCC estão presentes na unidade temática Terra e Universo e para melhor compreendermos os objetos de conhecimento e as habilidades exigidas para esta unidade temática, elaboramos e disponibilizamos no Apêndice A dois quadros que listam os conteúdos de Astronomia da Base.

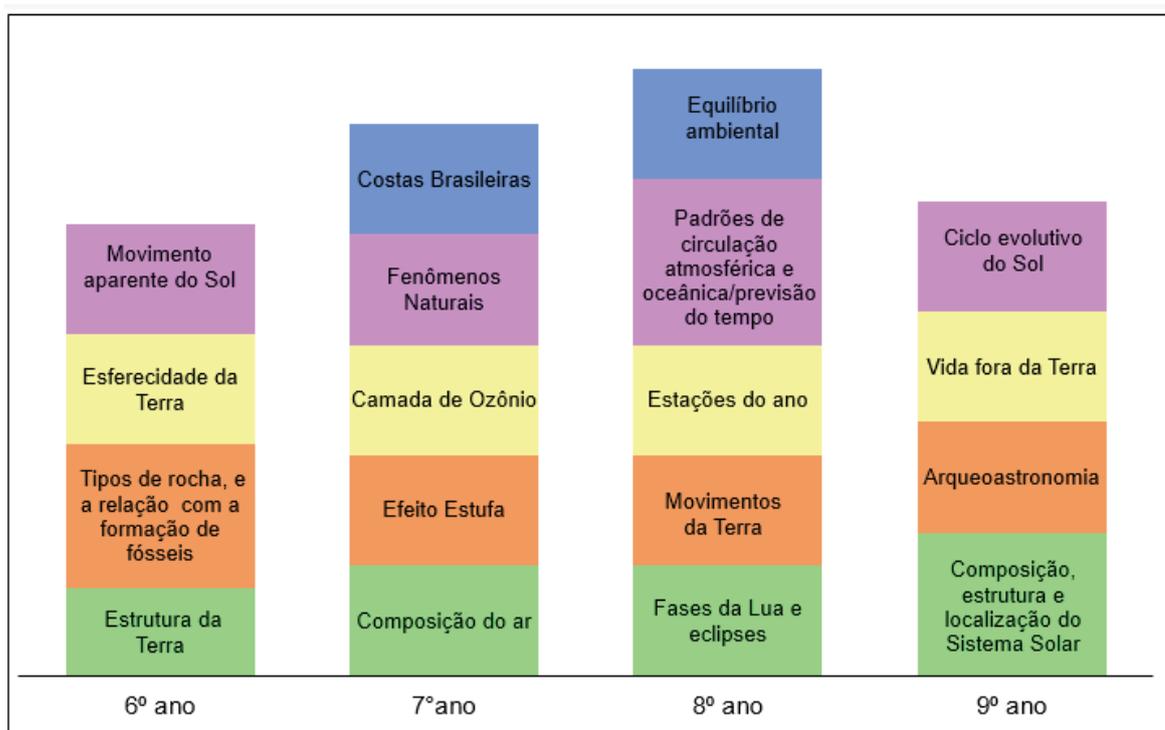
A fim de facilitar e elucidar a visualização dos dados apresentados sobre Astronomia nos PCNs e na BNCC, elaboramos o Gráfico 2, que se refere aos conteúdos presentes no 3º e 4º ciclo dos PCNs, e o Gráfico 3, referente aos conteúdos de Astronomia apresentados na BNCC.

GRÁFICO 2 – CONTEÚDOS DE ASTRONOMIA PRESENTES NO PCN



FONTE: A autora (2022).

GRÁFICO 3 – CONTEÚDOS DE ASTRONOMIA PRESENTES NA BNCC



FONTE: A autora (2022).

Basta observar os gráficos acima para afirmar que o conhecimento teórico de um estudante do 9º ano é muito mais amplo e profundo do que o de um estudante do 6º ano. Acreditamos que essas diferenças, por si só, já nos levam para um caminho de propor melhorias para a prova da OBA do III nível.

Visto que o objetivo principal deste trabalho é verificar se a prova da OBA do III nível é coerente aos níveis de desenvolvimento cognitivo de um estudante do 6º ao 9º ano, passamos a seguir a estudar a teoria da Epistemologia Genética, desenvolvida por Piaget. A análise dos estudos de Piaget nos fornecerá base teórica para entender o que, em tese, o cérebro de um pré-adolescente e adolescente é capaz de assimilar.

2.5 A EPISTEMOLOGIA GENÉTICA COMO TEORIA DE CONHECIMENTO

A base epistemológica de nossa pesquisa está pautada na Epistemologia Genética de Jean William Fritz Piaget (1896-1980), um biólogo, epistemólogo e psicólogo suíço. Piaget foi um dos mais importantes pensadores do século XX, cujos estudos e contribuições para o campo da epistemologia mudaram a forma como a

criança era vista (BARTELMÉBS, 2014). Esses estudos formam uma obra extensa e rica, com cerca de 50 livros publicados e uma quantidade considerável de artigos.

O problema de pesquisa perseguido por Piaget durante quase toda sua vida, foi: “Como nasce a inteligência nas crianças?” desde suas formas mais elementares e “Como se desenvolve durante os estádios da vida?”. Em busca de responder a essas e outras perguntas, Piaget desenvolveu a teoria do desenvolvimento cognitivo, a qual é chamada de Epistemologia Genética (BARTELMÉBS, 2014).

Com relação ao desenvolvimento da inteligência, Piaget posiciona-se contrariamente às teorias do apriorismo e do empirismo. Para ele, todo conhecimento ampara uma nova elaboração. O grande embate é como conciliar as novas elaborações, com o duplo fato da necessidade de serem elaborações e conquistas da objetividade. Dito de outra forma, o conhecimento é resultado de uma construção contínua, sendo concedido em virtude da mediação entre as estruturas internas e os objetos.

Nesse sentido, assim como para Piaget, entendemos que para aprender é necessário agir sobre o objeto, “conhecer é modificar e transformar o objeto, e compreender o processo dessa transformação e conseqüentemente compreender o modo como esse objeto é construído” (PIAGET, 1972, p. 1).

Para Piaget (1975, p. 14), é um erro pensar que as estruturas são acabadas desde o início do desenvolvimento. Existem fatores que implicam em uma contínua reestruturação cognitiva: “[...] embora as invariantes estejam em ação desde as fases primitivas só gradualmente impõem a consciência”, em razão do desenvolvimento de estruturas cada vez mais ajustadas ao funcionamento, portanto a inteligência é um processo de adaptação.

No começo da evolução mental, a adaptação biológica é mais ampla que a adaptação intelectual, no entanto, com o tempo e as interações realizadas, a adaptação intelectual supera a adaptação biológica. Como consequência disso, a evolução intelectual apresenta elementos variáveis e invariáveis. Entre a criança e um adulto existe grande quantidade de funções invariáveis, entretanto as “grandes funções do pensamento permanecem as mesmas” (PIAGET, 1975, p. 17).

Segundo Piaget (1987), as funções invariantes, ou seja, comum a todos os seres humanos, são a **adaptação** e a **organização**. Entende-se por adaptação a transformação do sujeito em função do meio, portanto existe uma adaptação quando algo solicitado pelo meio faz com que o sujeito se transforme para que ele possa

melhor interagir com o meio. Entretanto a acomodação só acontece a partir da **assimilação**. A partir do momento em que o sujeito interage com o mundo e o interpreta no sentido de interiorizar (ou seja, torna seu) alguns elementos do mundo, pode-se dizer que houve assimilação.

Diante de novas situações, os sujeitos são pressionados de certa forma a adaptar-se ou não se adaptar, gerando a **acomodação**. Entende-se por acomodação o fato de o sujeito modificar-se para dar conta de uma nova situação, o que é resultado das pressões exercidas pelo meio (PIAGET, 1987). Nesse sentido, a acomodação é a modificação dos esquemas de assimilação, em novas estruturas, ou modificando estruturas já existentes ou ainda criando estruturas para dar conta do novo.

Em resumo, podemos então anunciar “[...] que adaptação é um equilíbrio entre a assimilação e a acomodação” (PIAGET, 1987, p. 17) e tanto a inteligência prática ou sensório-motora quanto a inteligência reflexiva adaptam-se assimilando os objetos ao sujeito. Nesse sentido, a aprendizagem ocorre por meio da interação sujeito e objeto, e a adaptação só ocorre quando assimilação e acomodação estão em equilíbrio.

Atrelada à adaptação está a **organização**. Piaget (1987) explica que os esquemas se entrelaçam entre si em uma rede solidária de significações e, dessa forma, quando aprendemos algo novo, construímos relações com que já aprendemos anteriormente, e a essa interdependência do que adaptamos Piaget chama de organização. Dessa forma, adaptação e organização são indissociáveis, pois “é adaptando-se as coisas que o pensamento se organiza, e é organizando-se que se estruturam as coisas” (PIAGET, 1987, p. 19).

Nesse sentido, podemos sintetizar que, para Piaget, a inteligência é resultado de um processo dinâmico de equilibração entre a acomodação e a assimilação do organismo, ao qual Piaget chama de adaptação, ligada à hereditariedade geral. Por meio da organização e da adaptação de esquemas iniciam-se as primeiras expressões da vida psicológica. O autor classifica essa evolução do conhecimento em estádios², os quais abordaremos no tópico a seguir, buscando definir e distinguir os estádios propostos.

² Optamos por utilizar o termo **estádio**, recentemente atualizado em traduções das obras de Piaget, pelo professor Lino de Macedo (USP) e também pelo professor Fernando Becker (UFRGS). O termo estágio faz referência a uma ideia de preparação para o que vem depois, o que não representa o conceito original de *stade* utilizado por Piaget. Os estádios do desenvolvimento da inteligência na criança são etapas não transponíveis umas às outras, mas, sim, assimiláveis, sendo que um estádio

2.7 ESTÁDIOS DO DESENVOLVIMENTO

Segundo Piaget (1970), o desenvolvimento da razão ocorre em função das ações do sujeito-organismo em inter-relação com o meio, o que só é possível em razão dos esquemas de ação que são a condição de possibilidade das ações do sujeito no mundo.

Piaget considerava que o desenvolvimento das funções cognitivas, afetivas e de representação era marcado por períodos bem delineados, por isso em sua teoria ele chamou de estádios de desenvolvimento as etapas do desenvolvimento cognitivo. Piaget (1970) estabeleceu basicamente quatro estádios de desenvolvimento (os quais podem ser divididos em subestádios). Os estádios são: sensório-motor, pré-operatório, operacional concreto e operacional formal.

Piaget aponta que a idade na qual cada sujeito é classificado dentro dos estádios pode variar, isso porque os estímulos e diversos outros fatores aos quais cada criança é exposta interferem em seu desenvolvimento cognitivo, por isso o próprio autor apenas indica médias das idades em cada nível. Entretanto Piaget (1970) aponta que os níveis são intransponíveis. As informações vão sendo assimiladas e ampliando os esquemas da criança. Por isso, como veremos mais adiante, não é possível que a criança saia de um estágio pré-operatório para o operatório formal sem antes passar pelo estágio operatório concreto.

Antes de explanarmos sobre cada estágio, cabe uma justificativa a respeito da relevância atual dos estádios observados por Piaget. Optamos por manter a configuração dos estádios propostos por Piaget, visto que os estudos neopiagetianos avançam no sentido de mostrar o que a teoria de Piaget já preconizava, que é o fato de haver subestádios dentro de cada estágio (GÁDEGA; AMANTES, 2019). Portanto não houve, até o momento, nenhuma grande mudança na teoria, visto que Piaget não propôs idades fixas para cada estágio. O que se percebeu, desde o início das pesquisas, é que pode acontecer de um sujeito estar no nível operatório formal para certos conteúdos e para outros temas apresentar a lógica do operatório concreto, ou ainda se o meio não impuser a necessidade de desenvolver a lógica formal, o sujeito pode nunca desenvolver um estágio (GÁDEGA; AMANTES, 2019).

está incorporado no outro, num sentido de ampliação de uma construção e não de uma substituição de um nível pelo outro (BARTELMÉBS, 2016).

2.7.1 Estádio sensório-motor

Os níveis sensório- motores ocorrem em média entre 0 e 2 anos. Piaget demonstrou que a fase de desenvolvimento de 0 a 2 anos é extremamente importante e aponta que o estágio da inteligência começa antes das estruturas de linguagem, ou seja, existe uma inteligência pré-verbal (PIAGET, 1970).

Segundo La Taille (2004), o estágio sensório-motor também é chamado de inteligência prática, pois nele a criança emprega suas ações e percepções. Nesse estágio ocorre a construção das principais categorias do conhecimento que possibilitam ao ser humano organizar a sua experiência na construção do mundo: objeto, espaço, causalidade e tempo.

Para Piaget (1970), a criança nesse estágio constrói a noção de objeto e passa a entender que existe um universo a qual ela faz parte. É nesse estágio que acontece também a construção da noção objeto permanente, que nada mais é que entender que determinado objeto existe apesar de estar fora do seu campo de visão. O conceito de causalidade também se desenvolve nesse estágio, já que a criança aplica os meios conhecidos às situações novas e começa a atribuir aos objetos e às pessoas atividade própria, o que indica a transição entre a causalidade mágico-fenomenista e a causalidade objetiva.

2.7.2 Estádio pré-operatório

Piaget divide o estágio pré-operatório em dois subestádios. O primeiro nível do pré-operatório corresponde a idades aproximadamente entre 2 e 4 anos e surge o que Inhelder e Piaget (1976) denominam de função simbólica, que consiste no poder de representação de objetos ou acontecimentos, tornando possível, por exemplo, a aquisição da linguagem ou de símbolos coletivos, ou seja, quando você fala para a criança a palavra copo, ela não pensa no sentido estrito desse termo, mas vê mentalmente o que evoca.

Todavia, existem algumas dificuldades na interiorização das ações. Em primeiro lugar a tomada de consciência é parcial, pois o sujeito pode facilmente representar a si mesmo o trajeto de AB, mas terá muita dificuldade de traduzir em noções e compreender o movimento dos membros para realizar o trajeto. A segunda dificuldade consiste no fato de que a criança, ao querer representar conceitualmente

determinado sistema, “tratará de traduzir o sistema em sucessivas representações de conjunto de elementos quase simultâneos” (PIAGET, 1970, p. 138). Dito de outra forma, a tomada de consciência envolve muito mais do que conseguir refazer o curso de ações no pensamento ou de imaginar símbolos e signos.

Isso implica que crianças entre 4 e 5 anos ainda não conseguem representar caminhos por meio de um material, como um mapa com os principais pontos de referência, por exemplo, mesmo sendo caminhos que elas percorrem sozinhas com frequência (PIAGET, 1970).

Segundo Piaget (1970), a passagem da inteligência sensório-motora para a inteligência representativa não se deve apenas ao convívio social, mas também ao progresso da inteligência pré-verbal em conjunto com a interiorização da imitação, ou seja, reproduzir um modelo, como a capacidade de empregar a linguagem, por exemplo.

É nesse estágio também que se desenvolve a capacidade de o sujeito realizar inferências elementares, de classificações em configurações espaciais e de correspondências. Além disso, a partir do aparecimento “por quê?” observa-se um início de explicações causais. Entretanto, essa causalidade permanece fundamentalmente psicomórfica: “os objetos são espécies de seres vivos, dotados de certos poderes parecidos com os da própria ação” (PIAGET, 1970, p. 140).

La Taille (1992) explica que a criança, nessa fase, ainda é egocêntrica, tendo a noção de que o mundo é feito para ela, voltado para seus desejos, e uma das características que perpassa pelo pensamento egocêntrico da criança é o animismo, no qual ela acredita que a natureza é viva e age em conjunto a ela (PIAGET, 1964).

Com relação aos astros, as crianças nessa etapa de seu desenvolvimento cognitivo apresentam comportamentos, como acreditarem, por exemplo, que o Sol ou a Lua estão perseguindo-as. O Sol, a Lua e as estrelas são como entidades que fazem parte do seu dia a dia. Assim, para a compreensão de temas ligados à Astronomia, Piaget (2005) indica que tanto o artificialismo quanto o animismo parecem ser uma construção espontânea das crianças.

Segundo o Piaget (2005), o animismo é o processo em que a criança estabelece que tudo tem vida, fazendo inicialmente uma relação com o cotidiano que vive, ou seja, se um objeto tem uma ação como iluminar e deixar de iluminar, é porque ele tem vida.

Isso implica que as crianças primeiramente acreditem que os astros são fruto de uma construção, tendo uma origem “humana ou divina” (BARTELMEBS; FIGUEIRA, 2021, p. 274) e, posteriormente, elas concebem que os astros possam ter uma origem “natural”.

O segundo nível do estágio pré-operatório é marcado pelo início da descentração e o descobrimento de certas ligações em virtude das funções constituintes. Nesse nível existe a descentralização entre conceitos e, em razão dessa descentralização, as coordenações progressivas assumiram a forma de funções. Piaget explica que, por exemplo, “uma criança de 5 a 6 anos sabe em geral que se se empurra com um lápis uma plaqueta retangular em seu meio ela avança em linha reta”; mas se é puxada de lado ela roda” (PIAGET, 1970, p. 142).

A transitividade também não é dominada ainda nesse estágio. Por exemplo, a criança, ao comparar três varetas, verifica que A é maior que B, e B é maior que C, mas ela não supõe que A seja então maior que C, a menos que ela compare A e C (PIAGET, 1970).

2.7.3 Estágio operatório concreto

O estágio sucessor ao pré-operatório é o operatório concreto, que em média acontece dos 7 aos 11 anos de idade. Segundo Piaget, as crianças do estágio das operações concretas podem utilizar operações mentais para resolver problemas concretos (reais).

Também a criança passa de simples ações interiorizadas para ações interiorizadas reversíveis, o que Piaget (1970) chama de operações. A lógica reversível permite que a criança consiga pensar sobre as consequências de suas ações.

A criança terá um conhecimento real, correto e adequado de objetos e situações da realidade externa (esquemas conceituais), e poderá trabalhar com eles de modo lógico. Assim, a tendência lúdica do pensamento, típica da idade anterior, quando o real e o fantástico se misturam nas explicações fornecidas pela criança, será substituída por uma atitude crítica (RAPPAPORT, 1981, p. 72).

Sendo assim, seu intelecto passará a operar de forma evolutiva, instigando o raciocínio efetivo com a realidade, e de maneira mais ágil, tendo capacidade de organizar e coordenar estruturas de pensamento com maior estabilidade. Para isso,

não somente a maturação irá contribuir, mas os estímulos que recebeu (SCHIRMANN, 2019).

Piaget divide o estágio operatório concreto em dois subníveis. O primeiro acontecesse em média dos 7 aos 8 anos, e o segundo nível em média dos 9 aos 11 anos. Apresentaremos a seguir as principais características dos dois subestádios.

2.7.3.1 O primeiro nível do estágio operatório concreto

Várias características muito gerais distinguem a lógica da criança nesse estágio operatório concreto daquela que será constituída durante o período pré-adolescente (entre 12 e 15 anos). Em primeiro lugar, essas operações são “concretas”, ou seja, ao usá-los, a criança ainda utiliza razões em termos de objetos (classes, relações, números, etc.) e não em termos de hipóteses que podem ser pensadas antes de saber se são verdadeiras ou falsas (PIAGET, 1970).

No caso do conhecimento das operações, encontramos-nos diante de um processo que envolve a fusão em um único ato das antecipações e retroações, o que constitui a reversibilidade operatória (PIAGET, 1970).

Um exemplo citado por Piaget (1970) é o processo de ordenar uma dezena de varetas pouco diferentes entre si. Os sujeitos do primeiro nível pré-operatório comparam as varetas por pares ou por trios, mas sem poder em seguida coordená-las numa única série. Os sujeitos do presente nível utilizam um método exaustivo que consiste em procurar em primeiro lugar o elemento menor, em seguida o menor dos que restam, etc. Com o efeito, o sujeito orienta suas manipulações num único sentido de percurso (“menor que” ou “maior que”) e se vê confuso quando questionado quanto a outro sentido possível (PIAGET, 1970).

A causalidade a partir dos 7 a 8 anos consiste na atribuição das operações em si mesmas a objetos cujas ações tornam-se explicadas de maneira mais ou menos racional. De forma geral, nesse estágio surge a capacidade de a criança interiorizar ações de forma reversível.

Portanto, em síntese, nesse nível inicia-se a organização lógica do pensamento, entretanto a ação mental está voltada ainda para o concreto, ou seja, a criança consegue pensar em termos de objetos ou experiências já vivenciadas. Isso implica que a matemática para crianças nesse estágio é sempre em cima de problemas concretos, como: “Maria comprou 10 maçãs e deu 4 para Pedro, com

quantas maçãs Maria ficou?”. Outro aspecto importante nesse estágio refere-se ao aparecimento da capacidade de a criança realizar ações interiorizadas reversíveis, ou seja, ela consegue pensar a ação e a anulação dessa ação. Dessa forma, ela consegue planejar o que vai fazer e voltar exatamente ao ponto de partida.

2.7.3.2 O segundo nível das operações concretas

Nesse período do operatório concreto, a criança pensa de maneira lógica e concreta, ou seja, depende de experiências concretas, perceptivas para desenvolver o raciocínio lógico. Goulart afirma que (2005) nesse estágio a criança também já desenvolve noções de tempo, espaço, velocidade, ordem e causalidade.

A novidade desse subestádio relaciona-se com o domínio das operações espaciais. A partir dos 7 a 8 anos, constituem-se certas operações relativas às perspectivas e às mudanças de ponto de vista de um mesmo objeto do qual se modifica a posição em relação ao sujeito (PIAGET, 1970).

Todavia, será por volta dos 9 ou 11 anos que acontecerá a coordenação dos pontos de vista em relação a um conjunto de objetos, por exemplo, três prédios que serão observados em diferentes situações. De forma semelhante, as medidas espaciais de uma, duas ou três dimensões originam a construção de coordenadas naturais que as englobam num sistema total, ou seja, as crianças nessa fase podem considerar duas ou três dimensões simultaneamente em vez de sucessivamente. Para exemplo, no experimento de líquidos, a criança percebe ao baixar o nível do líquido que o prato é mais amplo, vendo as duas dimensões ao mesmo tempo (PIAGET, 1970). A criança consegue então ter uma visão ampla e imaginar o objeto a partir de diferentes perspectivas e em todas as suas dimensões.

Com relação às operações lógicas, a partir dos 7 a 8 anos, o sujeito é capaz de elaborar estruturas aditivas e multiplicativas, “a saber, tabelas com registros duplos (matrizes) comportando classificações segundo dois critérios ao mesmo tempo, correspondências seriais ou seriações duplas”, portanto, por volta dos 9 a 11 anos conseguem dominar as quatro operações básicas (PIAGET, 1970, p. 152).

Dos 9 a 11 anos, quando se trata de separar as dependências funcionais num problema de indução, observa-se uma capacidade geral de destacar covariações quantitativas, sem ainda dissociar os fatores, como será o caso no estágio seguinte, mas pondo em correspondência relações seriadas ou de classes. A fim de

exemplo, citamos o estudo de Inhelder e Piaget (1976), publicado no livro *Da lógica da criança à lógica do adolescente*. No primeiro capítulo do livro, os autores realizam uma pesquisa sobre a constituição da lógica das proposições e para isso propõem um jogo parecido com a sinuca, realizado com participantes de diversas idades, cujo objetivo é que o sujeito formule e verbalize a lei de igualdade do ângulo de incidência e reflexão.

Nesse experimento, os sujeitos com idades entre 9 e 11 anos são capazes de quantificar todas as formas de posicionar o taco e os efeitos na bola, “portanto conseguem isolar todos os elementos necessários para a descoberta da lei de incidência e reflexão” (INHELDER; PIAGET, 1976, p. 7). Mas, apesar disso, não chegam à construção dessa lei, nem mesmo à sua formulação verbal. A razão para isso é que procedem por simples operações concretas de seriação e correspondência, sem procurar a razão dessa correspondência. Portanto, sabem agir de maneira correta, visando atingir os objetivos propostos no experimento, mas sem procurar as razões de suas ações. Isso acontece pois lhe faltam as operações formais para a construção de uma hipótese explicativa (INHELDER; PIAGET, 1976).

No domínio da causalidade, assiste-se a um progresso em relação ao subestádio anterior e ao mesmo tempo um aparente retrocesso. Começaremos pelos progressos. No nível dos 9 a 11 anos, as considerações sobre dinâmica e cinemática são dissociáveis. A criança entende o movimento, mas suas causas são fenômenos distintos e analogamente a variação da velocidade exige a intervenção de uma causa exterior, o que se pode simbolizar a força “ f ” se exercendo durante um tempo “ t ” e por uma distância “ d ”. Entretanto, apenas no estágio seguinte intervirá a aceleração.

Cabe aqui um parêntese a respeito da compreensão da inter-relação entre força, movimento e aceleração, uma vez que pesquisas mostram que essa compreensão não acontece de forma tão simples. Um estudo realizado por Faccio *et al.* (2019) sobre as concepções relacionadas com força, movimento com estudantes de cursos de Engenharia, mostrou que mesmo sujeitos adultos que já cursaram disciplinas de Física interpretam problemas de mecânica de maneira não newtoniana. Os resultados obtidos por Faccio *et al.* (2019) corroboram com os verificados por Silveira, Moreira e Axt (1992) e denunciam que as concepções alternativas ainda são um problema frequente e acompanham os estudantes até o ensino superior.

Voltando a se tratar dos progressos do segundo nível do estágio operatório concreto, há evolução também no domínio da causalidade, porém vem acompanhado

de um aparente retrocesso, pois o sujeito levanta uma série de problemas que ainda não pode dar conta de resolver.

Por exemplo, a noção de peso é ainda um pouco confusa no presente nível. Dependendo do problema, a criança considera o peso enquanto propriedade invariante dos corpos e, em razão disso, a conservação do peso diante de mudanças de forma do objeto começa precisamente neste nível, assim como as seriações, transitividade e outras composições operatórias aplicadas a essa noção (PIAGET, 1970).

Mas uma concepção também identificada nesse nível é a que julga que o peso é variável ao sustentar, por exemplo, que em certos casos o peso “pesa” mais que em outros, o que nem sempre é falso, porém é uma afirmação ainda muito arbitrária, pois apenas no estágio seguinte haverá a compreensão da “composição do peso com as grandezas espaciais (comprimentos, superfícies ou volumes com as noções de momento, de pressão, densidade ou peso relativo, e sobretudo de trabalho)” (PIAGET, 1970, p. 153).

Se, por um lado, as operações lógico-matemáticas, principalmente a noção espacial, chega em seu equilíbrio de estado em razão de suas generalizações, por outro, essas operações ainda estão muito limitadas a operações concretas ligadas ao que é tangível ou às experiências da criança.

Conseqüentemente, embora a criança nesse estágio tenha a estrutura para compreender a relação de três corpos celestes no espaço e conseguir imaginar o objeto a partir de diferentes perspectivas e em todas as suas dimensões, isso é delimitado a situações e objetos concretos. Imaginar, por exemplo, o posicionando da Terra, do Sol e da Lua em um eclipse é uma situação que exige muita abstração, visto que trabalhamos com modelos, já que não é possível (ainda) levar as crianças para o espaço para ter a experiência de ver o arranjo espacial dos astros em um eclipse, assim como é bastante complexo para uma criança, nesse estágio, imaginar um astronauta na Lua ou um foguete no espaço.

Além disso, o duplo fato de procedem por simples operações concretas de seriação e correspondência, sem procurar a razão dessa correspondência, e o fato de ainda não terem acesso à estrutura da análise combinatória que se desenvolverá no estágio seguinte, torna a compreensão das estações do ano, por exemplo, abstrata demais para esse nível.

2.7.4 As operações formais

É o estágio das operações abstratas, o qual se inicia por volta dos 11-12 anos e segue até a vida adulta. Entretanto, não quer dizer que ocorra estagnação cognitiva, pois o sujeito seguirá ampliando seus conhecimentos. Nessa fase, o adolescente já distingue entre o real e o possível e passa a relacionar diretamente o possível ao necessário, ou seja, consegue raciocinar sobre hipóteses à medida que ele é capaz de formar esquemas conceituais abstratos e por meio deles executar operações mentais. Essa novidade foi observada por diversos estudiosos do assunto, que notaram o aparecimento da estrutura perto apenas dos 11 anos de idade (PIAGET, 1970).

O fato de o adolescente conseguir raciocinar sobre hipótese, portanto raciocinar sobre proposições e não apenas sobre objetos, permite ao sujeito pensar em consequência sem a verificação direta, tirada por meio de inferências. Trata-se de uma operação dedutiva que leva as hipóteses a uma conclusão (PIAGET, 1970).

O raciocínio hipotético permite também que o adolescente forme operações sobre operações, abrindo vias para o possível por meio da combinatória. A análise combinatória, por sua vez, possibilita que o adolescente liberte-se da elaboração apenas por aproximação, presente no estágio anterior, então a partir daqui o indivíduo consegue combinar todos os conjuntos possíveis. Além disso, outra novidade para esse nível é a necessidade de entender relações e estabelecer leis.

A fim de exemplificar a análise combinatória e o sentimento de necessidade desse estágio, retomamos a pesquisa de Inhelder e Piaget (1976) cujo problema é encontrar a lei de igualdade do ângulo de incidência e reflexão. Ressaltamos que nesse experimento os autores dividem os resultados em dois subníveis: nível III A (11 a 14 anos) e subnível III B (14-15 anos).

Percebe-se que no nível III A existe a correspondência concreta entre as inclinações e busca de uma hipótese geral, capaz de explicar as correspondências. No entanto, as hipóteses características do nível III A estão ainda muito perto de correspondências concretas, pois procuram “apenas exprimir o seu fator geral” (INHELDER; PIAGET, 1976, p. 6).

O que caracteriza o subnível III é uma nova exigência, pouco explícita no nível A: a necessidade de encontrar um fator, não apenas geral, mas também necessário, isto é, que seja capaz de exprimir, além das relações constantes, a razão de tais

relações (INHELDER; PIAGET, 1976). Os sujeitos do nível III B não se contentam em estabelecer uma correspondência nem em procurar um fator constante único, mas perguntam-se o porquê dessas correspondências. É essa busca de razão necessária que permite distinguir o pensamento formal, com suas operações de implicação ou de equivalência do pensamento concreto, com suas simples verificações de constâncias (INHELDER; PIAGET, 1976).

A diferença geral entre os dois últimos estádios é que as operações concretas, embora formadas por sistemas de conjuntos (classificações, seriações correspondências, etc.), vão de ligação a ligação, e passo a passo, sem considerar, em cada ligação específica, o conjunto das outras. O característico das operações formais é, ao contrário, considerar em cada caso todas as combinações possíveis e assim agrupar as ligações parciais em função contínua do conjunto das partes (INHELDER; PIAGET, 1976).

Essa habilidade combinatória é essencial para a compreensão de fenômenos da Astronomia, uma vez que para entender as estações do ano, por exemplo, existe a necessidade de combinar um conjunto de fatores, como a proporção do Sol em relação à Terra, o eixo de inclinação da Terra e a influência deste na incidência dos raios solares na Terra. Por outro lado, indivíduos do estádio das operações concretas podem ter dificuldade de compreender o fenômeno em razão da capacidade de fazer ainda ligações passo a passo, sem conseguir compreender o todo.

A fim de comparar e sintetizar as principais características dos dois estádios finais (operatório concreto e operatório formal), elaboramos o Quadro a seguir.

QUADRO 3 – COMPARAÇÃO ENTRE OS ESTÁDIOS OPERATÓRIO CONCRETO E FORMAL

Estádio Operatório Concreto	Estádio operatório Formal
Idade: 7-11 anos	Idade: 11-15 anos
<ul style="list-style-type: none"> • Ação interiorizada reversível em cima do concreto. • Capacidade de raciocinar apenas em termos de objetos e sua manipulação (experiência); • Pensamento espacial • Coordenação dos pontos de vista em relação a um conjunto de objetos (concretos); 	<ul style="list-style-type: none"> • Ação interiorizada reversível em cima do concreto e através de hipóteses. • Padrões de pensamento abstratos onde o raciocínio • é executado usando símbolos puros sem a necessidade de dados perceptivos.
<ul style="list-style-type: none"> • Raciocínio indutivo • Procedem por simples operações concretas de seriação e correspondência; 	<ul style="list-style-type: none"> • Raciocínio hipotético dedutivo (Construção de uma hipótese explicativa) • Pensamento junta o possível e o necessário ao invés de se limitar a uma dedução; • Considera em cada caso todas as combinações possíveis; • Elaboração de duas novas estruturas: Sistema combinatório e a lógica proposicional.
<ul style="list-style-type: none"> • Diante de um problema (por exemplo a queda dos dominós ou sinuca): Simplesmente tentam classificar ou ordenar o que aconteceu olhando para os resultados das variações (não procuram uma razão). 	<ul style="list-style-type: none"> • Diante de um problema (por exemplo a queda dos dominós ou sinuca): Buscam encontrar a razão, o porquê de certas relações ou dependências.

FONTE: A autora (2022).

O adolescente que está no 6º ano tem em média 10 ou 11 anos, podendo estar ainda no nível operatório concreto. Já o adolescente do 9º ano, que tem em média 15 anos, possivelmente encontre-se no nível operatório formal, mas obviamente que isso é relativo, pois, como apontando anteriormente, a classificação nesses estádios pode variar de sujeito para sujeito.

Com base nos estudos sobre os estádios de desenvolvimento cognitivo desenvolvidos por Piaget, visando atingir os objetivos dessa pesquisa, cabem as seguintes indagações: Que tipos de questões de Astronomia são compatíveis com o desenvolvimento cognitivo de um adolescente do 6º ano? E para um adolescente do 9º ano? Em busca de respostas para essas e tantas outras perguntas elaboradas até aqui, passaremos agora a estruturar a metodologia dessa pesquisa.

3. FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

Nesta seção, será abordada a base metodológica que deu suporte à investigação. Esse estudo tem como pressupostos três abordagens: a pesquisa mista, a Pesquisa Documental e a Análise de Conteúdo de Bardin (2016).

Segundo Galvão *et al.* (2018), a pesquisa com métodos mistos combina os métodos de pesquisa qualitativos e quantitativos e tem por objetivo generalizar os resultados qualitativos, ou aprofundar a compreensão dos resultados quantitativos, ou corroborar os resultados (qualitativos ou quantitativos).

Pesquisas com métodos qualitativos fornecem descrições detalhadas de fenômenos complexos, incluindo seus aspectos contextuais, ou focam em análises aprofundadas envolvendo poucos indivíduos. Já, as pesquisas com métodos quantitativos costumam examinar a associação entre variáveis que podem ser generalizadas para uma população por meio de inferências estatísticas. Focam na análise de grandes amostras, porém seus achados não levam à compreensão de processos individuais (GALVÃO, *et al.*, 2018).

Para Coutinho (2014), a pesquisa qualitativa é descritiva entendendo que “os dados são recolhidos na forma de palavras ou imagens, e não de números”. A pesquisa qualitativa está preocupada com a análise das reflexões e compreensões que emergem das representações dos objetos e sujeitos envolvidos (FLICK, 2009). Ainda de acordo com Coutinho (2014, p. 49), “os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo o processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos”. A autora explica que as investigações qualitativas geralmente buscam responder às questões que muitas vezes não têm uma resposta apenas no final da pesquisa, mas, sim, a resposta é construída durante o processo de investigação.

Para a coleta dos dados, utilizaremos a pesquisa documental, a qual pode ser associada a outros métodos de análise visando uma interpretação do material (FLICK, 2009). Por isso, a análise dos dados será realizada por meio Análise de Conteúdo de Bardin (2016). Os tópicos seguintes desta seção serão dedicados à melhor explanação de nossas escolhas metodológicas.

3.1 METODOLOGIA DA COLETA DE DADOS

A pesquisa documental, assim como vários outros tipos de pesquisa, tem o objetivo gerar novos conhecimentos, de criar novas formas de compreender os fenômenos e de conhecer a forma como estes são/foram desenvolvidos (SÁ-SILVA; ALMEIDA; GUINDANI, 2009).

Os documentos que constituem uma pesquisa documental podem ser de diversos tipos, como registros estatísticos ou institucionais, jornais, revistas, cartas, diários, arquivos públicos, entre outros (KRIPKA; SCHELLE, BONOTTO; 2015). Entretanto, Helder (2006, p. 1) explica que: “A técnica documental vale-se de documentos originais, que ainda não receberam tratamento analítico por nenhum autor. [...] é uma das técnicas decisivas para a pesquisa em ciências sociais e humanas”.

Assim, segundo Kripka, Schelle e Bonotto (2015), pode-se dizer que a pesquisa documental é aquela em que os dados obtidos são unicamente procedentes de documentos, com o intuito de retirar informações neles contidas, com a finalidade de compreender um fenômeno. É um procedimento que se utiliza de métodos e técnicas para a apreensão, compreensão e análise de documentos dos mais variados tipos.

Os documentos que constituem nossos dados nessa pesquisa são as provas da OBA do III nível, realizadas dentro do período de 2012 a 2021. A pesquisa será dividida basicamente em duas partes: a primeira pretende verificar a coerência dos conteúdos das questões com a BNCC e os PCNs e a segunda destina-se a compreender quais competências as questões exigem dos alunos.

3.3 METODOLOGIA DA ANÁLISE DE DADOS

Para realizarmos a análise das questões, utilizaremos a Análise de Conteúdo (AC). Essa metodologia pode ser utilizada para descrever e interpretar o conteúdo de toda a classe de documentos e textos. A AC tem a função de confirmar uma hipótese ou descobrir algo, visando à superação da incerteza produzida pela alta gama de significado de uma palavra ou de uma frase. Bardin define a AC como:

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos, e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitem a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção destas mensagens. (BARDIN, 2016, p. 42).

Como metodologia de pesquisa, a análise de conteúdo possui diversas etapas. Em um primeiro momento, deve ser realizado o contato com os documentos a serem analisados, de modo aberto, permitindo impressões acerca do material. A isso Bardin (2016) chama de leitura flutuante.

No segundo momento, ocorre a determinação do *corpus*, ou seja, o conjunto de documentos obtidos para serem submetidos aos procedimentos analíticos. Essa determinação deve cumprir basicamente duas regras, a da exaustividade, na qual é necessário levar em conta todos os elementos referentes ao *corpus*, evitando deixar de fora qualquer elemento que não possa ser justificado no plano do rigor; e a da representatividade, na qual se permite efetuar a análise em uma amostra desde que esta seja uma parte representativa do universo inicial de documentos. No caso dessa pesquisa, os documentos submetidos à AC serão 11 provas da OBA do III nível.

O próximo passo é a formulação de hipóteses, que são afirmações provisórias que desejamos verificar mediante análise, e os objetivos, que correspondem à finalidade da análise.

Após formularmos nossas hipóteses com base na leitura flutuante realizada nos documentos, elaboramos índices e indicadores. Os índices são unidades de registro que correspondem a afirmações sobre determinado assunto. Segundo Bardin (2000), geralmente o tema é utilizado como unidade de registro para analisar respostas de questões abertas, estudar tendências etc.

Seguidamente à escolha dos documentos e à leitura flutuante deles, assim como à formulação de hipóteses, índices e indicadores, é opcional realizar a etapa de categorização das componentes das mensagens analisadas.

Optamos por elaborar categorias para essa pesquisa, para melhor organizar as informações, contribuindo, dessa forma, para a realização das inferências. Segundo Bardin, a categorização pode ser definida como:

[...] uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias, são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da Análise de Conteúdo) sob um título genérico,

agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos. (BARDIN, 2000, p. 117).

Com base na dissertação de Iachel (2009), apresentamos também para essa pesquisa o termo dimensão de análise em vez de categorias, por entendermos que o termo categoria seja algo mais específico e consolidado do que o termo dimensão de análise.

4. RESULTADO DAS ANÁLISES

As análises que apresentamos a seguir foram feitas com base nas provas do ano 2012 a 2022, totalizando 163 questões. Destas, 108 abordavam temas de Astronomia e 55 de Astronáutica, como demonstrado na Tabela 1. Esse foi o *corpus* ao qual submetemos a Análise de Conteúdo. Ressaltamos que de alguns enunciados derivam mais de uma questão (por exemplo 6a; 6b; 6c) e nesses casos cada um dos enunciados foi contabilizado como uma questão em separado.

TABELA 1 – TOTAL DE QUESTÕES ANALISADAS

Ano da prova	Questões de Astronomia	Questões de Astronáutica
2012*	8	8
2013*	8	6
2014	10	4
2015	8	4
2016	13	3
2017	12	5
2018	13	6
2019	9	6
2020	7	3
2021	8	3
2022	6	5
Subtotal	102	53
Total		155

*As provas de 2012 e 2013 continham duas questões de energias que não foram selecionadas para a análise.

FONTE: A autora (2022).

As provas de 2020, 2021 e 2022 contêm dois ou três modelos de uma mesma questão em que apenas se alteram a ordem das alternativas ou detalhes no texto. Nesses casos, para as análises, só consideramos um modelo de cada questão.

4.1 A CONSTRUÇÃO DE ÍNDICES E INDICADORES

A escolha dos documentos que foram analisados deu-se por meio da leitura “flutuante” e dos critérios teórico-metodológicos propostos. Em seguida, elaboramos, utilizando os pressupostos organizados *a priori*, os temas, os quais foram confeccionadas por meio das percepções produzidas pelos estudos utilizados ao longo da fundamentação teórica, no intento de codificar as questões da prova.

QUADRO 4 – DIMENSÕES DE ANÁLISE

Dimensões de Análise	Temas
1- Conteúdos de Astronomia presentes na prova	Todos os temas de Astronomia presentes nos documentos curriculares do 6° ao 9° ano
2-Estádios de desenvolvimento cognitivo	Estádio operatório concreto e estágio operatório formal

FONTE: A autora (2022).

4.2 Dimensão de análise 1 – Conteúdos de Astronomia presentes na prova

Para a análise das questões, de acordo com os documentos oficiais, observamos quais temas de Astronomia estavam presentes em cada questão. Em razão disso, algumas questões foram classificadas em mais de um conteúdo, pois as de marcar “certo” ou “errado”, por exemplo, abordavam diversos temas.

As provas de 2012 a 2017 foram analisadas em comparação com os PCNs. Com a homologação da BNCC no fim de 2017, este novo documento passa a orientar os currículos da escola. Por isso, analisamos as questões de 2018 até 2022 com base na BNCC. Tínhamos como hipótese inicial que alguns temas presentes na prova não eram coerentes com os documentos curriculares oficiais. A seguir, veremos que essa hipótese se confirmou.

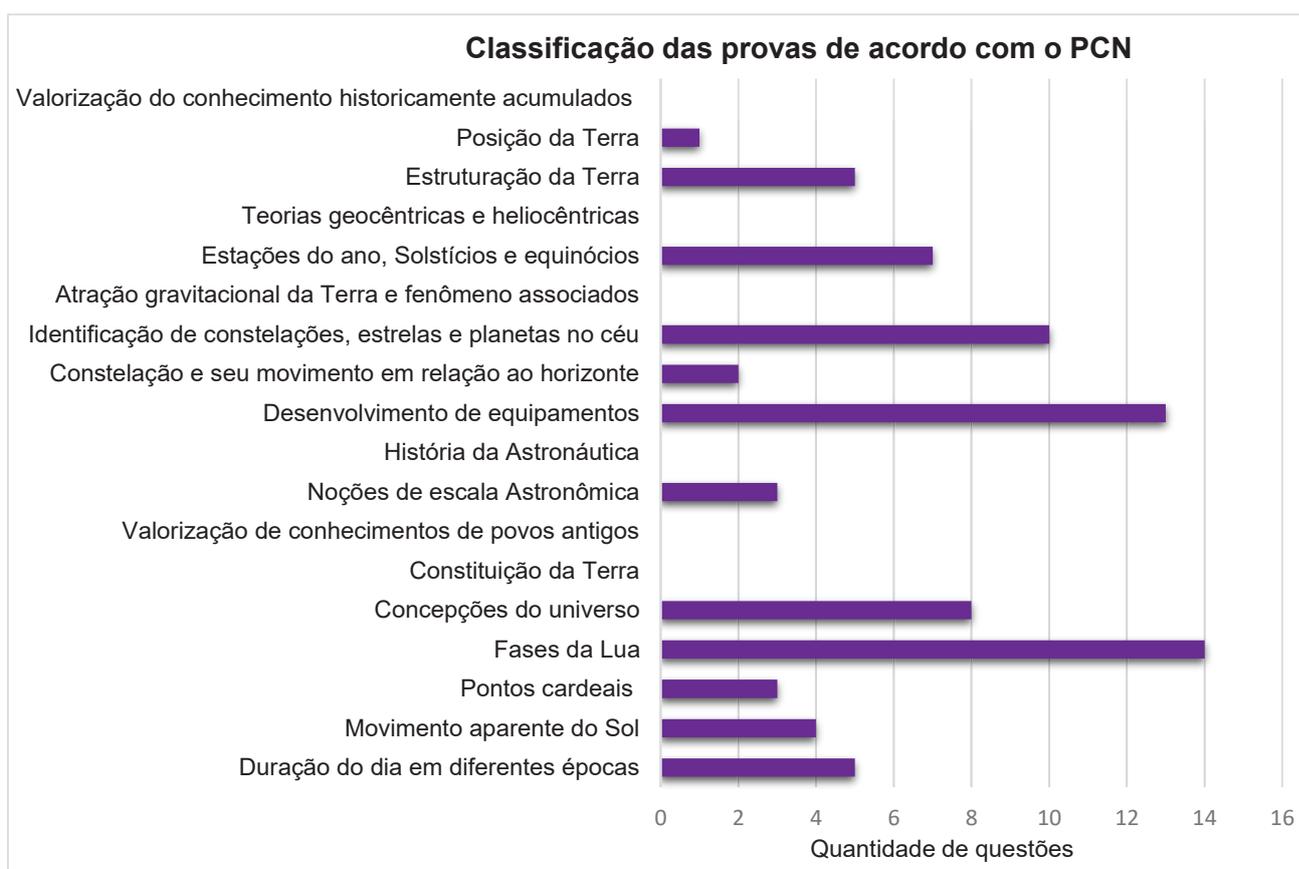
Com base nas tabelas apresentadas no Apêndice B, elaboramos os Gráficos 4 e 5 que serão apresentados a seguir.

O Gráfico 4 mostra que boa parte dos conteúdos das questões presentes nas provas de 2012 a 2017 é coerente aos PCNs, entretanto é possível perceber também no Gráfico 4 que alguns temas que fazem parte do currículo escolar e que possivelmente são trabalhados em sala de aula, não sendo explorados nas provas, como teorias geocêntrica e heliocêntrica; história da astronáutica e astronomia dos

povos antigos, por exemplo. Os dados mostram a prevalência de questões na OBA de 2012 a 2017 dos temas: fases da Lua, identificação de constelações, planetas e estrelas, concepções sobre o universo e desenvolvimento de equipamentos.

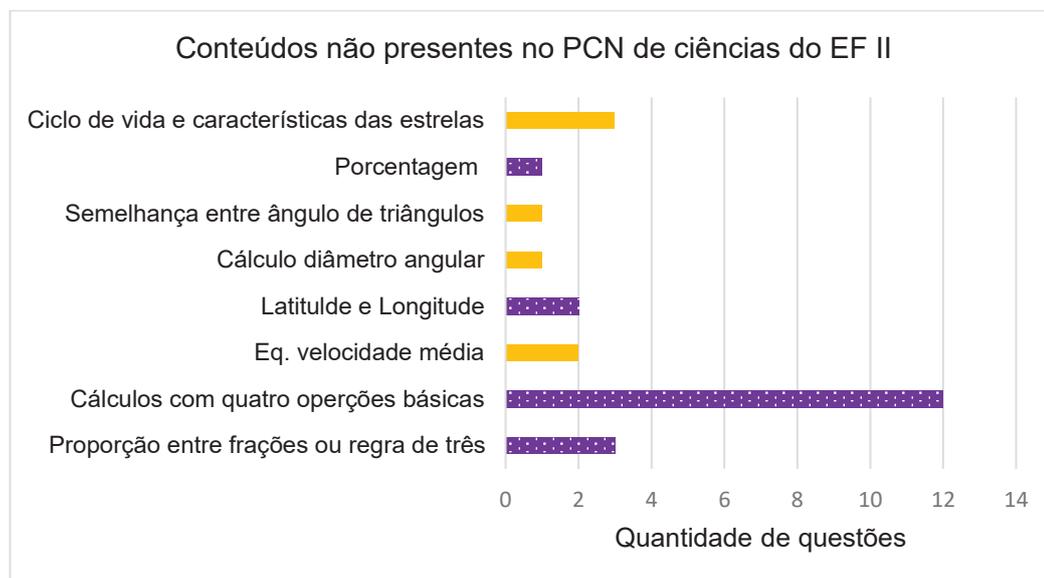
GRÁFICO 4 – CLASSIFICAÇÃO DAS PROVAS DE 2012-2017

FONTE: A autora (2022).



Apesar de boa parte das questões das provas de 2012 a 2017 serem de temas coerentes com os PCNs de Ciências, encontramos também questões que necessitam de conhecimentos matemáticos, interpretação de texto e do campo da Geografia, o que confirma o caráter interdisciplinar da Astronomia. Esses dados podem ser observados no Gráfico 5 a seguir. Nesse gráfico, as linhas em roxo representam conteúdos que não estão presentes nos PCNs de Ciência, mas que foram encontrados nos PCNs de outras disciplinas do EF-I ou EF-II. Já as linhas em amarelo dizem respeito a temas que não estão no currículo de nenhuma disciplina do EF-I ou EF-II.

GRÁFICO 5 – DISTRIBUIÇÕES DAS QUESTÕES QUE APRESENTAM CONTEÚDOS DE OUTRAS DISCIPLINAS



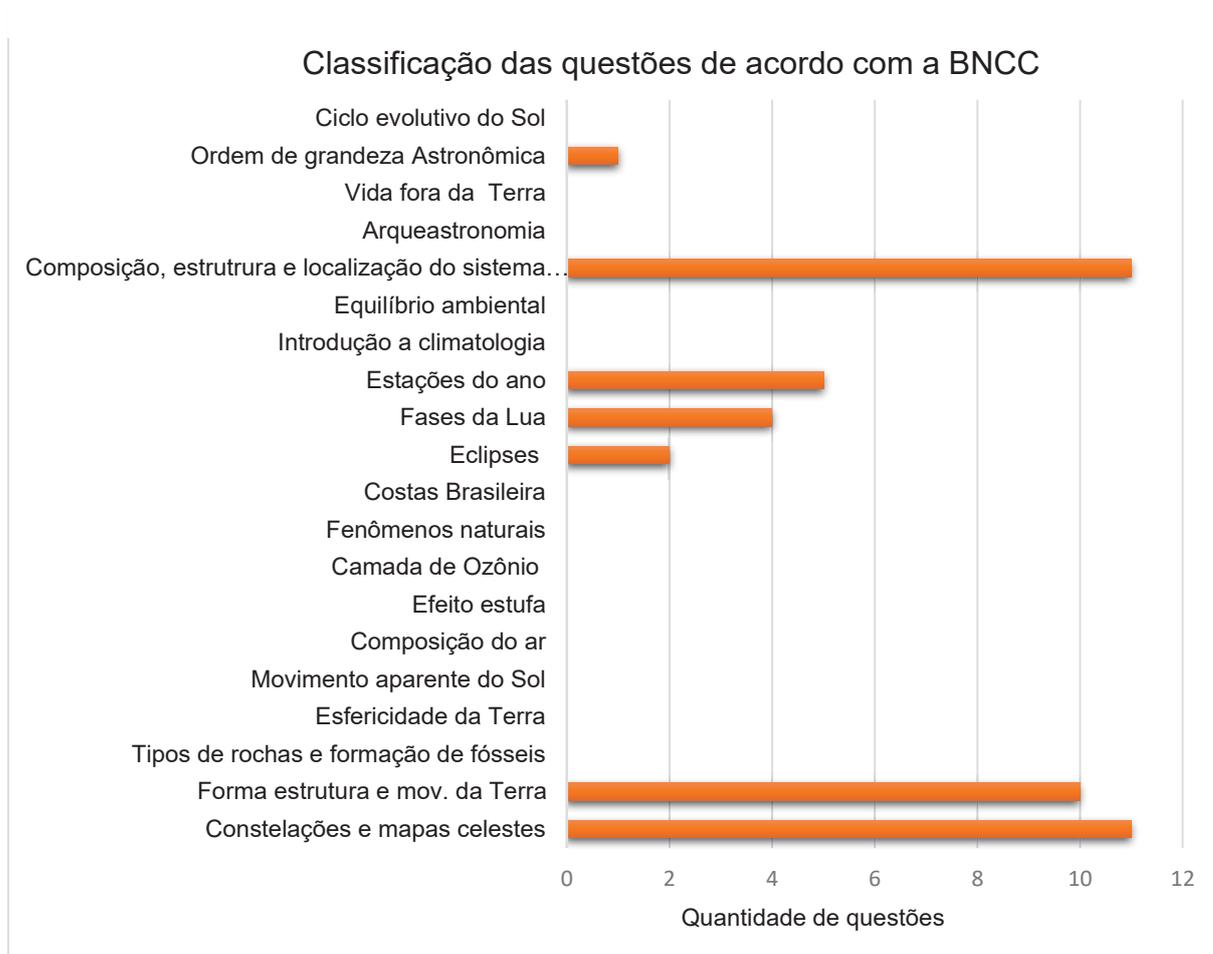
FONTE: A autora (2022).

Temas como “Ciclo de vida e características das estrelas”; “Equação da velocidade média”; “Semelhanças entre ângulos”, que não estão presentes no currículo de nenhuma das disciplinas do EF-II, apareceram algumas vezes e são conteúdos que só serão trabalhos no Ensino Médio.

Com relação à análise das questões de acordo com os PCNs, encontramos nas provas de 2012 a 2017 uma coerência de aproximadamente 93% (referente a 95 questões) da prova com os PCNs, sendo 63 questões do 3º ciclo e 27 do 4º ciclo. Os 7% (total de 7 questões) referentes a questões que necessitam de conhecimentos que não fazem parte do documento PCN do Ensino Fundamental I e nem II dividem-se entre os temas: semelhanças entre ângulos do triângulo; equação da velocidade média; diâmetro angular e ciclo de vida e características das estrelas.

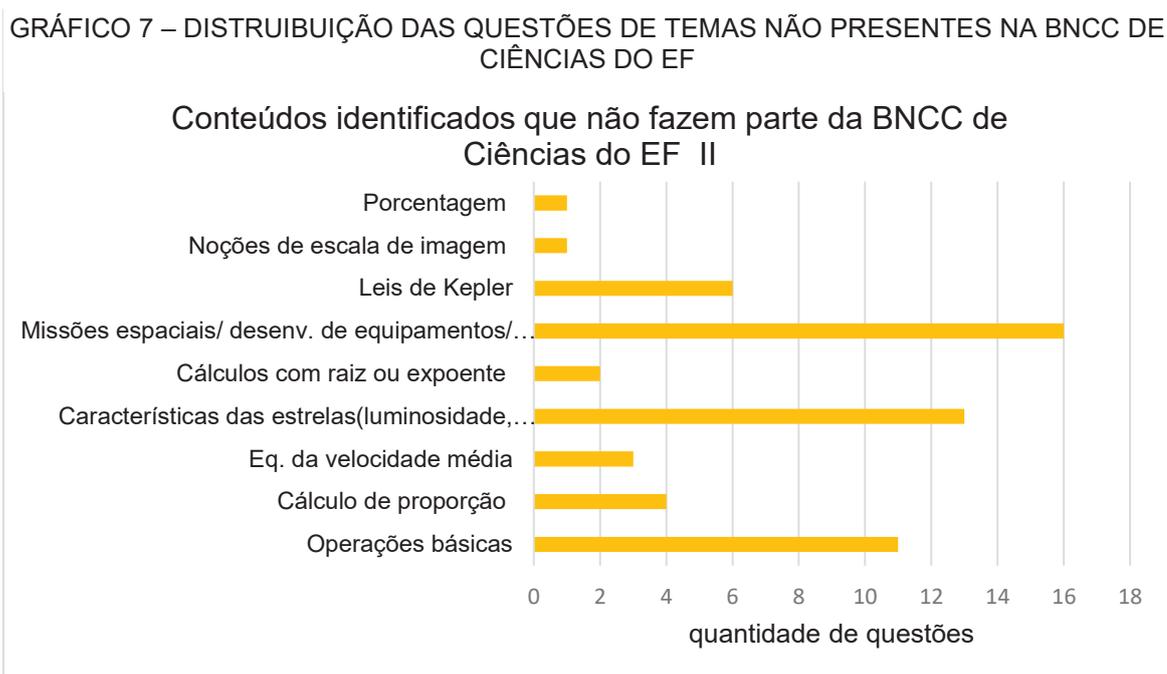
As análises das questões das provas de 2018 a 2022 foram realizadas com base na BNCC, documento que trouxe a inclusão de diversos temas de Astronomia, o que torna a gama de conteúdos a serem explorados nas provas ainda maior. As análises foram organizadas em tabelas que estão disponíveis no Apêndice C. Para facilitar a visualização dos resultados, elaboramos, com bases nas tabelas do Apêndice C, os Gráficos 6 e 7 que estão dispostos a seguir:

GRÁFICO 6 – CLASSIFICAÇÃO DAS PROVAS DE 2018-2022



FONTE: A autora (2022).

Ao contrário do que vimos nas análises com os PCNs, a diversidade de conteúdos presentes na BNCC é ainda pouco explorada na prova, prevalecendo questões dos temas: ordem de grandeza astronômica; composição, estrutura e localização do Sistema Solar; estações do ano; fases da Lua; eclipses; forma, estrutura e movimento da Terra; constelações e mapas celestes.



O Gráfico 7 mostra uma quantidade significativa de questões com temas que não aparecem diretamente na BNCC de Ciências do Ensino Fundamental I ou II. Apesar de não aparecer diretamente na BNCC de Ciências, as questões dos temas missões espaciais, desenvolvimento de equipamentos e informações sobre satélites em geral solicitam do estudante interpretação de texto, gráfico ou tabela, bem como conhecimentos básicos de matemática que são coerentes com o currículo de outras disciplinas do Ensino Fundamental. Assim, apesar de não aparecer diretamente no currículo de Ciências, são habilidades interdisciplinares, que, portanto, também são trabalhadas no Ensino de Ciências.

Algumas questões solicitam conhecimentos que só serão trabalhados no Ensino Médio, como os temas: noções de escala, leis de Kepler e manuseio da equação da velocidade média. Piaget (1957) *apud* Silva e Frezza (2011) aponta que a construção da significação depende de dois fatores ligados aos conteúdos: o grau de novidade que eles representam para o sujeito e a complexidade da problemática envolvida. Dessa forma, inserir nas avaliações da OBA questões de temas que nem sequer são trabalhados no Ensino Fundamental, justamente por serem assuntos que exigem maior habilidade de abstração dos estudantes (apenas adolescentes no estágio operatório formal possuem essa habilidade), implica que muitas crianças e pré-adolescentes que realizam a prova ainda não têm estrutura cognitiva para realizar essas atividades, levando a uma possível desmotivação.

Outras questões trazem temas que não foram encontrados no currículo da BNCC, como: características das estrelas. Percebemos, durante as análises, que nos últimos anos tem havido insistência em questões com o tema característica das estrelas, apesar de não ser um conteúdo que está presente no currículo, grande parte das questões desse tema trazem enunciados que buscam preparar o estudante para desenvolver o raciocínio da resposta. Contudo, compreender a relação entre luminosidade e brilho de uma estrela exige a compressão de certos conceitos da Física que não são coerentes à idade escolar dos estudantes que fazem a prova. Como por exemplo, geralmente nas questões sobre características das estrelas, os autores da prova fazem comparativos com conceitos de eletricidade, associando a luminosidade de uma estrela à potência de uma lâmpada. Nesse sentido, questionamos a eficácia dessas analogias com a seguinte pergunta: Quais noções de eletricidade tem um aluno do 6º ano? Podemos encontrar indícios da resposta olhando para BNCC. De acordo com o documento oficial, apenas no 8º ano os estudantes começam a estudar temas de eletricidade.

Nas análises das provas em comparativo com a BNCC, há prevalência de sete temas, como mostrado no Gráfico 6, e a inclusão de novos temas que estão fora do currículo reforçam a ideia defendida por Iachel (2013) de que muitas vezes os professores precisam despender de um horário extra para preparar os alunos para a OBA, assim como corrobora com relatos que ouvimos durante os cursos preparatórios para a OBA, visto que existe já uma demanda alta de conteúdo a serem trabalhados e muitos professores apontavam a alta carga horária de trabalho, o que dificultava ainda mais a proposição de cursos preparatórios para a OBA.

Por outro lado, talvez ao realizar a prova da OBA, seja o único momento em que o aluno vai ter contato com esses conteúdos, que não estão presentes no currículo, o que torna a prova um instrumento de divulgação científica, fomentando o interesse do aluno a buscar mais conhecimentos além dos apresentados em sala de aula.

Por fim, ao contrário de nossa hipótese inicial, a análise das questões de 2018 a 2022 não tem coerência maior com a BNCC e, apesar da atual orientação curricular trazer uma gama maior de conteúdos de Astronomia, encontramos uma porcentagem de 69% de coerência com a BNCC do Ensino Fundamental e um total de 31% de questões não coerentes com o currículo do Ensino Fundamental.

Nossas análises mostram que a prova da OBA já esteve mais coerente com o currículo das escolas, mas que nos últimos cinco anos a prova vem elevando o nível de complexidade das questões, abordando muitos temas que não fazem parte do currículo do Ensino Fundamental.

4.3 Dimensão de análise 2 – Classificação das questões por estádios de desenvolvimento

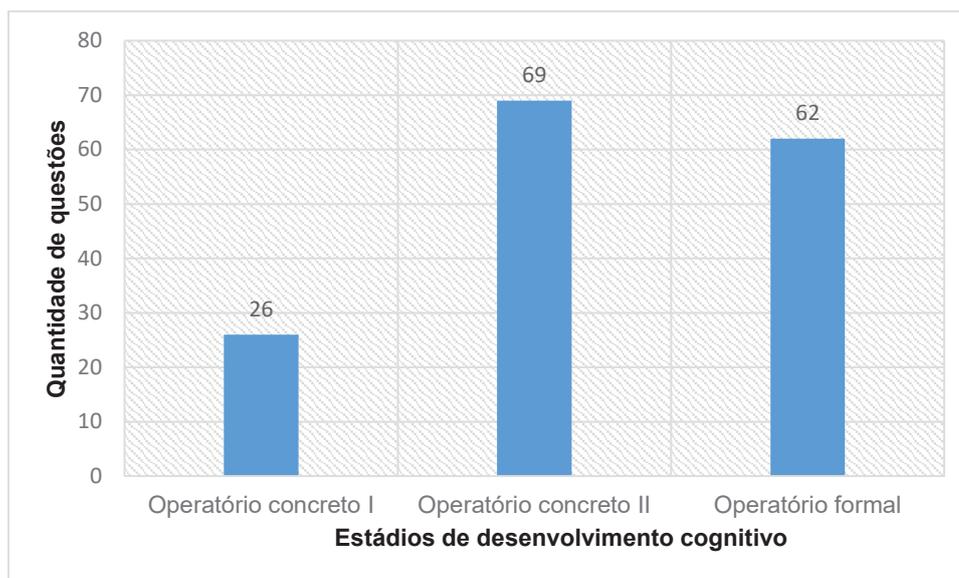
No intento de entender se a prova da OBA está de acordo com o nível cognitivo dos estudantes, classificamos as questões das provas 2012 a 2022 em três estádios propostos na teoria piagetiana, a saber: estádio operatório concreto I, operatório concreto II, operatório formal.

Como já apresentado na fundamentação teórica, a teoria piagetiana prevê estádios de desenvolvimento cognitivo que podem variar muito de criança para criança. Na análise dessa pesquisa, consideramos um sujeito universal que realiza a prova, por isso nos baseamos nas idades médias prevista para cada estádio e nas competências cognitivas que esta criança possivelmente tem acesso naquele momento.

As questões foram classificadas a partir das seguintes perguntas: Quais habilidades esta questão exige do(a) aluno(a)? E em qual estádio o(a) estudante já desenvolveu esta habilidade?

Em princípio, nossa hipótese era de que a maior parte das questões das provas era voltada para o estádio operatório formal. Entretanto, os dados disponibilizados no Gráfico 8 a seguir revelam que a maior parte das questões é de nível operatório concreto. Um detalhamento da classificação de cada questão nos estádios pode ser verificado no Quadro 5.

GRÁFICO 8 – CLASSIFICAÇÃO DAS QUESTÕES POR ESTÁDIO



FONTE: A autora (2022).

QUADRO 5 – CLASSIFICAÇÃO DAS QUESTÕES POR ESTÁDIO

Índices	Indicadores
Questões do 1º nível do operatório concreto	Q3A2012; Q3B2012; Q12012; Q52012; Q12013; Q22013; Q3A2013; Q3B2013; Q5A2013; Q12014; Q32014; Q12015; Q32015; Q12016; Q2A2016; Q2B2016; Q32016; Q72016; Q12017; Q2B2017; Q52017; Q12018; Q22018; Q6A2018; Q4B2019;
Questões do 2º nível do operatório concreto	Q2A2014; Q2B2014; Q42014; Q22012; Q4B2012; Q8A2012; Q8B2012; Q8C2012; Q6A2013; Q7A2013; Q7B2013; Q82013; Q42014; Q52014; Q8A2014; Q8B2014; Q92014; Q2A2015; Q2B2015; Q42015; Q8A2015; Q8B2015; Q10A2015; Q52016; Q62016; Q102016; Q32017; Q42017; Q62017; Q7B2017; Q9A2017; Q82017; Q102017; Q32018; Q6B2018; Q6D2018; Q8B2018; Q9A2018; Q10B2018; Q12019; Q4A2019; Q8A2019; Q8B2019; Q9A2019; Q9B2019; Q72019; Q10A2019; Q12020; Q32020; Q52020; Q112020; Q132020; Q152020; Q192020; Q12021; Q32021; Q42021; Q102021; Q162021; Q22021; Q32022; Q112022; Q152022; Q182022; Q192022; Q52019; Q12022; Q72021; Q72014;
Questões do operatório formal	Q6A2012; Q6B2012; Q4A2012; Q7A2012; Q7B2012; Q7C2012; Q3C2012; Q4A2013A; Q4B2013; Q5B2013; Q6B2013; Q6C2013; Q6A2014; Q6B2014; Q102014; Q52015; Q7A2015; Q7B2015; Q92015; Q10B2015; Q42016; Q82016; Q9A2016; Q9B2016; Q7A2017; Q9C2017; Q5B2018; Q6C2018; Q8A2018; Q9B2018; Q9C2018; Q10A2018; Q3A2019; Q3B2019; Q6A2019; Q6B2019; Q10B2019; Q92020; Q172020; Q112021; Q192021; Q252021; Q282021; Q72022; Q92022; Q6C2014; Q2A2017; Q9B2017; Q42018; Q5A2018; Q7A2018; Q7B2018; Q8C2018; Q22019; Q72020; Q132022

FONTE: A autora (2022).

Reconhecemos como uma limitação dessa pesquisa o fato de não analisarmos quais temas de Astronomia seriam coerentes a cada faixa etária escolar de acordo com a Epistemologia Genética de Jean Piaget. Ate-mo-nos nessa dimensão apenas em responder a duas perguntas: Quais conhecimentos o aluno deve ter para conseguir responder a essa questão? Em qual nível cognitivo o aluno já consegue dominar essa estratégia de acordo com a Epistemologia Genética?

Dessa forma, apresentamos a seguir um detalhamento das características das questões classificadas em cada estágio e quais habilidades cognitivas estas solicitam do estudante.

4.3.1 Estádio Operatório Concreto I

As questões classificadas no estágio operatório concreto I são as mais simples, que não envolvem a necessidade de o estudante fazer cálculos, nem necessitam de muitos processos para serem resolvidas. São as questões de conhecimento direto como aquelas em que o estudante precisa buscar na memória a informação para resolver a questão, conforme exemplos abaixo:

(Q32014) Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase abaixo.

-As estrelas têm a forma de uma bola.
-A forma do Sol é igual à forma das outras estrelas.
-O Sol é uma estrela.
-Estrelas só brilham de noite.
-Estrelas têm pontas.

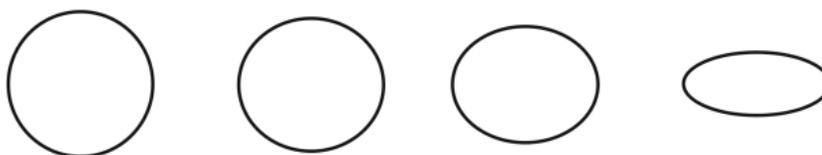
(Q12018) Escreva C (certo) ou E (errado) na frente de cada afirmação.

- () Os planetas descrevem uma órbita elíptica ao redor do Sol.
- () Os planetas giram ao redor do seu eixo num movimento chamado de rotação.
- () Os planetas giram ao redor do Sol num movimento chamado de translação.
- () Os planetas giram ao redor do Sol em 365 dias.

(Q22018) Alguns dos pontos luminosos do céu brilham porque têm luz própria e outros porque refletem a luz do Sol. Ao lado do nome de cada astro ou objeto escreva LUMINOSO se ele tem luz própria e ILUMINADO se ele só reflete a luz do Sol.

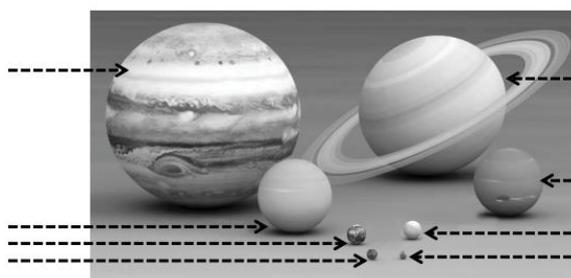
Lua _ _ _ _ Cometa _ _ _ _ Galáxia _ _ _ _ Estrela _ _ _ _

(Q52012) Faça um X na figura abaixo que melhor representa a órbita da Terra ao redor do Sol. Não há efeito de perspectiva, isto é, você está olhando tudo de “cima”.



Nesses exemplos, para resolver a questão, basta que o estudante tenha memorizado o conteúdo e o reconheça nas questões. Outros tipos de questões que se configuram como do operatório concreto I são as de nomear ou identificar Astros, como o exemplo a seguir.

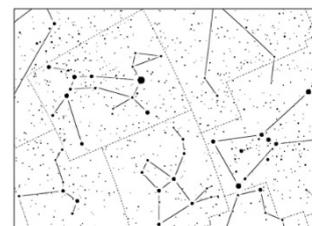
(Q12016) Abaixo estão os planetas do Sistema Solar em escala correta de volume. Escreva os seus nomes nas linhas pontilhadas:



Os exemplos mostrados acima são questões que recrutam a memória do estudante, portanto desde que o aluno já tenha estudado aquele tema e guardado na memória o conteúdo, será simples a resolução da pergunta.

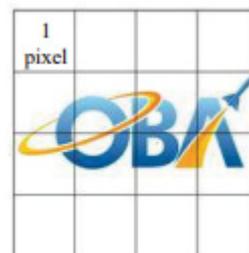
Ainda foram classificadas nesse estágio questões intuitivas, como a apresentada a seguir.

(Q3B2012) Na área da constelação do Cão Maior os gregos antigos “viam” um cachorro. Pois bem, nós até já desenhamos o “esqueleto” dele para você. Desenhe dando um “corpo” para o cachorro contido dentro da área da constelação do Cão Maior.



Entendemos por questões intuitivas aquelas que o estudante não necessita de conhecimento prévio na área de Astronomia e que o próprio exercício guia para a resolução que é bastante simples, portanto, não há nenhuma exigência conceitual, como na Questão Q3B2012 apresentada acima.

(Q82019) A empresa Visiona Tecnologia Espacial S/A, de São José dos Campos, SP, está desenvolvendo o nanosatélite VCUB1, de 10 kg, o qual operará em uma órbita polar situada a 500 km de distância da superfície da Terra. O VCUB1 é equipado com uma câmera para obter imagens da Terra. Numa câmera digital, a imagem é formada por pequenos quadrados, chamados de “pixels.” Quantos pixels possui a imagem mostrada ao lado?



Outro tipo de questão intuitiva é a apresentada acima, quando o próprio desenho induz o estudante à resolução, que é bastante simples, bastando contar os quadrados da malha. Além disso, de acordo com a BNCC, no 4º ano do Ensino Fundamental, são trabalhados conceitos sobre áreas de figuras construídas em malhas quadriculadas.

Outra característica das questões que foram classificadas nesse estágio é o fato de serem questões que não requerem o domínio das relações espaciais. Dessa forma, são questões que não solicitam que o estudante pense a partir de diferentes pontos de vista, assim como não solicitam a reversibilidade (pensar na ação e na anulação dessa ação) do pensamento do estudante, o que Piaget chama de operações (PIAGET, 1970).

4.3.2 Operatório concreto II

A principal característica desse estágio é a habilidade da criança pensar de forma lógica e concreta, ou seja, baseando-se no que é perceptivo e, portanto, não

consegue abstrair a partir de objetos não vistos (PIAGET, 1970). Por isso, o operatório concreto II abarca as questões que apresentam dados e relações concretas, como perguntas sobre fenômenos possíveis de se visualizar no cotidiano, como o movimento aparente do Sol e determinação das coordenadas geográficas, formato da Lua em diferentes fases e as características físicas das estações do ano, conforme os exemplos apresentados a seguir.

(Q22012) Escreva CERTO ou ERRADO na frente de cada frase.

.....No verão de qualquer hemisfério a Terra está mais perto do Sol, logo ele parece maior.

.....Ao meio-dia ou bem perto disso um poste nunca tem (ou faz) sombra.

.....Não vemos a Lua nova porque ela está na sombra da Terra.

.....Podemos ver a Lua cheia até durante o dia, pois ela brilha muito.

.....No inverno de qualquer hemisfério a Terra passa longe do Sol e podemos vê-lo pequenininho no céu.

(Q52016) Como você sabe, a cada dia a Lua tem uma aparência (fase). Abaixo temos 31 imagens sequenciais da Lua como vista do Hemisfério Sul. Pergunta 5b) Qual é o número da imagem ao lado que melhor representa a fase Quarto Crescente?

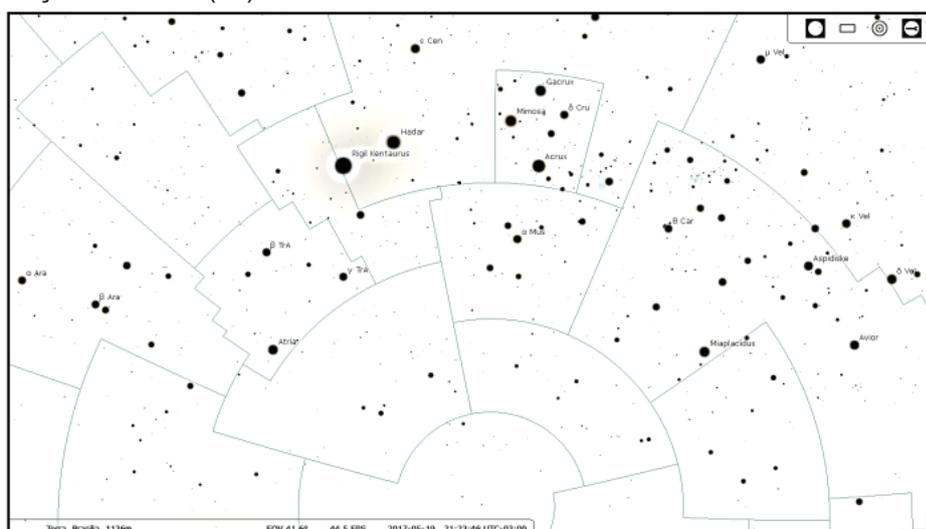


Há ainda questões que requerem a lógica operacional concreta, do domínio das relações espaciais e que também foram classificadas no estágio operatório concreto II, como os exemplos abaixo.

(Q62017) Abaixo tem uma imagem do céu obtida a partir do software gratuito chamado STELLARIUM. Ela mostra uma região do céu, próxima do Polo Celeste Sul, na data de 19/05/17 (dia da prova da 20a OBA). Os tamanhos das bolinhas pretas indicam o brilho das estrelas, isto é, bolinha preta grande significa que a estrela é bem brilhante.

Pergunta 6a) Faça um grande X ocupando toda a área da constelação do Cruzeiro do Sul.

6b) Faça uma seta (→) sobre a estrela mais brilhante do Cruzeiro do Sul.



Questões de interpretação de mapa celestes são bastante comuns na OBA e esse tipo de questão reproduz no papel uma imagem que pode ser observada no céu em determinada época do ano, portanto é uma relação concreta. A interpretação de mapas celestes, que solicita a identificação de estrelas, constelações ou exige que o estudante compreenda o movimento dos astros ao longo do ano, requer coordenação do referencial espacial e compreensão das coordenadas geográficas para que o estudante consiga realizar uma observação noturna regular durante o ano e de fato compreenda os mapas celestes.

Segundo Piaget (2003), o sujeito no operatório concreto tem a capacidade de desenvolver a abstração, entretanto depende de dados perceptíveis, ou seja, do mundo concreto. Vejamos mais alguns exemplos a seguir que exigem do estudante domínio de diferentes pontos de vista e abstração a partir do concreto.

(Q22015) Você sabe que os astros giram sobre o seu próprio eixo de rotação e, em geral, ao redor de outro astro também.

Pergunta 2a) Ao lado desenhamos a Terra e indicamos onde estão os Polo Norte (PN) e o Polo Sul (PS) geográficos. Desenhe sobre a Terra uma reta contínua indicando o seu eixo de rotação e uma reta pontilhada indicando onde está o seu Equador terrestre



(Q22016) O planeta Terra é o mais bem estudado de todos. Ao lado tem o tradicional modelo dele montado num suporte. Pergunta 2a) Escreva sobre a figura ao lado onde está o Polo Geográfico Norte (PGN) e o Polo Geográfico Sul (PGS) e faça uma seta “→” indicando onde eles estão!



Algumas questões da OBA que solicitam que o estudante apenas marque certo ou errado ou verdadeiro ou falso, por mais simples que pareçam, para que o estudante de fato selecione a opção correta, é necessária uma compreensão que vai além da questão. Um exemplo é questão a seguir, que solicita o pensamento espacial, compreensão das fases da Lua e a relação de iluminação de objetos.

(Q22014) A Lua brilha no céu porque é iluminada pelo Sol. Em alguns dias do mês, pela manhã ou à tarde, podemos ver o Sol e a Lua juntos no céu. Nos desenhos abaixo você pode ver representações FORA DE ESCALA dessa situação, onde uma está certa e a outra está errada em relação somente à iluminação. Escreva embaixo de cada desenho se está CERTO ou ERRADO.



Segundo Leite e Hosoume (2009, p. 34), “[...] a coordenação de diferentes pontos de vista é um fator fundamental na construção do conceito de espaço”. Bartelmebs (2016) explica que compreender a Terra como corpo cósmico possibilita ao sujeito construir conhecimentos sobre os movimentos da Terra ao redor do Sol e, conseqüentemente, compreender noções de dia e noite, estações do ano e fases da Lua. Entretanto, compreender a Terra como um corpo cósmico no espaço implica outras habilidades cognitivas que transcendem o “egocentrismo” habitual do nosso ponto de vista terrestre (BARTELMEBS, 2016). A superação de um ponto de vista “egocêntrico”, ou seja, compreender as coordenadas espaciais para além de uma referência centralizada em si implica na construção da inter-relação entre os conceitos de Terra como corpo cósmico, movimentos da Terra e do Sol (BARTELMEBS, 2016).

A partir disso, acreditamos que por meio do processo de superação do ponto de vista egocêntrico, que permitirá a compreensão da Terra como um corpo cósmico, associado ainda à habilidade de coordenação de diferentes pontos de vista, já conquistado nesse estágio, pode permitir que o estudante nesse nível cognitivo compreenda por meio de modelos concretos a relação da iluminação do Sol na Lua, possibilitando a compreensão de fenômenos como o dia e a noite, mas o fato de proceder por simples operações concretas de seriação e correspondência, sem procurar a razão dessa correspondência, além da ausência da lógica combinatória, dificulta a compreensão de temas como as fases da Lua, as estações do ano e o eclipse, mesmo com materiais concretos.

Segundo Goulart (2005), na fase operatória concreta, a criança possui estruturas cognitivas consolidadas para o domínio das operações básicas, entretanto, cálculos de proporção, média ou porcentagem, por mais que sejam matematicamente simples, exigem um padrão de pensamento abstrato que só será atingido no estágio operatório formal. Além disso, esses conteúdos começam a ser introduzidos superficialmente no 6º ano, mas ainda serão melhor trabalhados ao longo do 7º, 8º e 9º anos. Em razão disso, foram classificadas nesse estágio operatório concreto questões que solicitam cálculos básicos, como os exemplos abaixo.

(Q4B2012) *Quando as sobras totalizam um dia, após 4 anos, adicionamos um dia em fevereiro e chamamos este ano de “bissexto”. Este ano tem 366 dias. 2012 é bissexto, assim como foi 2008 e será 2016. Pergunta-se: Será 2056 bissexto?*

Para o estudante responder com êxito à questão acima, é solicitado de forma implícita um cálculo que permitirá descobrir se 2056 é bissexto. Assim, o estudante pode resolver de diversas formas, como somar de 4 em 4, de 2016 a 2056, ou ainda dividir 2056 por 4 e por 100, mas qualquer uma das soluções escolhida pelo estudante exige que ele retire dados do enunciado e os interprete, indo além da simples leitura. De forma semelhante, vejamos mais alguns exemplos a seguir que solicitam abstrações de dados e montagem de contas.

(Q8B2012) A área do campo de futebol é obtida multiplicando-se as suas dimensões (75 m e 100 m). Faça essa multiplicação e escreva abaixo a área do campo de futebol, não se esquecendo de escrever a unidade.

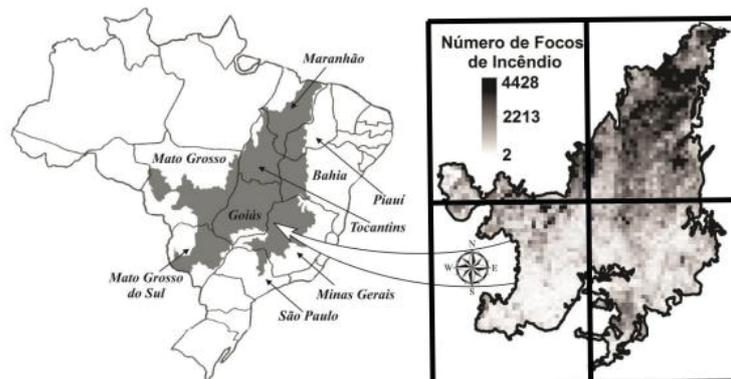
(Q8A2015) Em 15 de dezembro de 1965 foi lançado o primeiro foguete suborbital do território nacional. Esse lançamento ocorreu a partir do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), localizado na cidade de Parnamirim, próximo a Natal, capital do Rio Grande do Norte. Em 15 de dezembro de 2015, será celebrado o aniversário de quantos anos do primeiro lançamento de foguetes do território nacional?

(Q152022) Em 25 de dezembro de 2021, foi lançado o Telescópio Espacial James Webb (James Webb Space Telescope - JWST), usando-se o foguete europeu Ariane 5
Item a) Baseado na tabela abaixo, calcule o tempo total de funcionamento dos três estágios do foguete Ariane 5.

Estágio	Tempo de funcionamento
1º estágio	2 minutos
2º estágio	9 minutos
3º estágio	16 minutos

As questões que exigem interpretação de tabelas ou gráficos ou que as respostas estão no texto de forma implícita ou explícita, também foram classificadas nesse estágio, visto que esse tipo de questão demanda habilidades como a de observar, analisar, relacionar e concluir. Dessa forma, o raciocínio indutivo possivelmente pode dar conta. Um exemplo é a questão a seguir.

(Q102018) As queimadas vêm destruindo parte do Cerrado brasileiro, para dar lugar a atividades agropecuárias. Imagens obtidas por meio de satélites permitem o monitoramento de focos de incêndio em todo o país. A Figura abaixo à direita é uma ampliação da parte escura do mapa da esquerda, e mostra o número de focos de incêndios ocorridos durante os últimos 10 anos no Cerrado, que se estendem por vários estados brasileiros, conforme mostrado na Figura abaixo à esquerda. Pergunta 10a) Faça um grande X no quadrante da Figura abaixo, à direita, que contém a região com o maior número de focos de incêndio.



Mezzaroba e Monteiro (2003, p. 63) afirmam que o objetivo do método indutivo é “chegar a conclusões mais amplas do que o conteúdo estabelecido pelas premissas nas quais está fundamentado”. Nos aspectos que tangem à Matemática, Polya (1954) corrobora a ideia de que a indução tem sua origem na observação e afirma que, por meio dessa observação, são desenvolvidas conjecturas que deverão ser testadas. Afirma, ainda, que esse tipo de raciocínio indutivo apresenta-se com certa frequência na resolução de problemas matemáticos, quando envoltos em situações que demandam generalização e analogias.

Apesar de termos classificados as questões cujas respostas estão “escondidas” no texto no estágio operatório concreto II, é preciso levar em conta o grau de novidade das temáticas, visto que muitas questões abordam temas que não fazem parte do currículo e apresentá-los em um momento avaliativo, que geralmente está atrelado a uma tensão no estudante, pode gerar um conflito cognitivo que dificulte a tomada de decisão (SILVA; FREZZA, 2011).

4.3.3 Operatório Formal

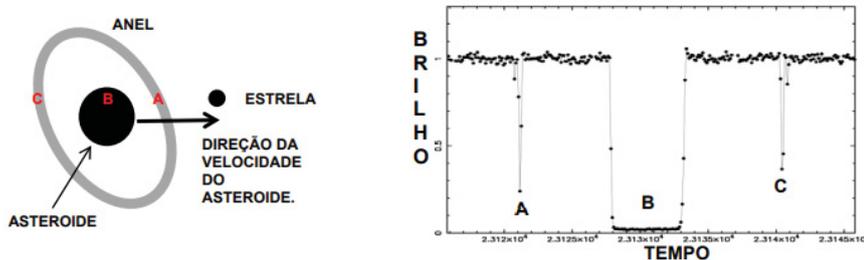
As questões em nível operatório formal são as mais complexas, pois exigem do estudante raciocínio lógico e apresentam dados que exigem padrões de pensamento abstratos sem apresentar dados perceptíveis (PIAGET, 1990).

Para Gomes (2017), diante de uma tarefa formal, o adolescente já não está preocupado exclusivamente com o trabalho restrito de organizar a informação que recebe dos sentidos. Em virtude dessa nova propriedade, ele tem agora a capacidade potencial de conceber e elaborar quase todas as situações possíveis que poderiam relacionar-se ou coexistir com a situação dada, elaborando com maior precisão e exposição a resolução de determinado problema.

Os exemplos apresentados a seguir exigem do estudante o raciocínio lógico hipotético, raciocínio dedutivo, além de necessitar que ele pense diversas formas de resolução sem testá-las de modo concreto. Lembrando que realizam a prova do III nível crianças de 10 anos idade até adolescentes de em média 14 anos.

(Q7A2015) Em 2014, Felipe Braga Ribas, jovem astrônomo do Observatório Nacional, descobriu, com a colaboração de outros astrônomos, o primeiro asteroide com anéis, Chariklo. O Chariklo move-se a 20 km/h e está entre as órbitas de Saturno e Urano. Chariklo passou na frente de uma estrela, conforme ilustra, esquematicamente, a figura abaixo à esquerda, e isso permitiu descobrir que ele tem anel, qual o tamanho e o raio do anel, bem com o tamanho do asteroide etc.

A figura acima à direita mostra o brilho da estrela ocultada pelo Chariklo. Note que ela tinha um brilho constante, mas no instante A seu brilho caiu para quase zero, no instante B seu brilho foi para zero e no instante C seu brilho caiu pela metade, depois ficou constante novamente.



Pergunta 7a) (0,5 ponto) Escreva a letra aonde estava, aproximadamente, a estrela sobre o anel (ou sobre o asteroide) da figura da esquerda quando ela foi ocultada no instante A.

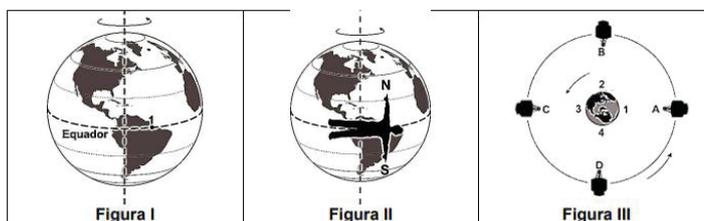
A resolução da questão apresentada acima não é trivial e exige que o estudante se descole totalmente do concreto, sendo necessário que ele se posicione mentalmente no espaço e observe um asteroide com anéis passando em frente a uma estrela. Somado a isso, o estudante precisa compreender de que forma o brilho da estrela é ocultado pelo anel e traduzir essa representação para o gráfico apresentado na questão.

Imaginar a situação descrita na questão acima, bem como relacionar os dados apresentados no gráfico com o fenômeno enunciado, exige o pensamento abstrato e

o raciocínio dedutivo que permitirão comprovar sistematicamente o valor de cada uma das hipóteses nas quais pensa (GOMES, 2017).

Outro exemplo de questão que exige a habilidade de testar hipóteses mentalmente é a questão apresentada abaixo.

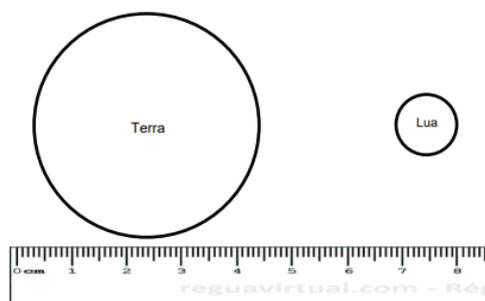
(Q92015) Voltando do 53º Encontro Regional de Ensino de Astronomia, EREA, realizado no Oiapoque, AP, no dia 21 de setembro de 2014, fomos visitar o Marco Zero. Bruna Senra, namorada do Leandro, estava tão feliz que ficou saltando de um Hemisfério para o outro e até se deitou de braços abertos sobre a linha de latitude zero do Marco Zero, de tal modo que o seu braço direito apontou para o Hemisfério Norte e o esquerdo para o Hemisfério Sul (Figura II). Eram 19h, e a Bruna, deitada como estava, avistou um satélite geoestacionário (sim, ela tem ótima visão!) exatamente sobre ela, no zênite, orbitando a Terra. Este satélite está representado no ponto A da Figura III (lembre-se de que ela estava deitada no ponto 1). A Figura III é uma representação bem simplificada da Terra vista de um ponto acima do polo Norte. Faça um X sobre o ponto (1, 2, 3 ou 4) da Figura III em que a Bruna estaria à 01 hora da madrugada. Faça um Y sobre o ponto (A, B, C ou D) da Figura III onde estaria o satélite à 01h da madrugada.



Para resolver a questão acima, o estudante necessita descobrir quantos graus a Terra irá girar das 19 horas à 1 hora da manhã. Trata-se de interpretação de texto minuciosa e envolve a necessidade de trabalhar com símbolos puros para desenvolver o cálculo, não bastando apenas olhar para a figura. Assim, essa necessidade de abstração de um dado, ou mais, da imagem, e trabalhar hipoteticamente com o movimento da Terra, sua localização geográfica e a quantidade de graus que irá girar incide na necessidade de um estágio operatório formal para dar conta desse raciocínio.

Segundo Goulart (2005), no estágio operatório formal, onde acontece a abstração, o sujeito tem a capacidade de desenvolver maiores conhecimentos matemáticos, como compensações complexas, razão, proporção e, posteriormente, probabilidade e indução de leis ou correlação. Na OBA, podemos encontrar diversas questões que envolvem a compreensão e o cálculo de proporcionalidade, como questões que envolvem regra de três, porcentagem, média, ou comparação entre grandezas como o exemplo apresentado abaixo.

(Q4A2013) Sabemos que o diâmetro aproximado da Terra é 12.756 km e o da Lua é de 3.476 km. Usamos estes dados para fazer a figura ao lado. Quantas vezes o diâmetro da Terra é maior do que o da Lua? Se preferir, use a régua ao lado.



(Q4B2013) A distância entre as superfícies da Terra e da Lua é de aproximadamente 384.000 km. Quantas Terras caberiam enfileiradas, lado a lado, entre ambas?

Na matemática, o conceito de proporcionalidade começa a ser trabalhado por volta do 7º ano. Segundo Cabral (2019, p. 180), “depois da aprendizagem das quatro operações fundamentais, consideramos a proporcionalidade um dos conceitos primordiais para a alfabetização matemática”, sendo o conhecimento muito utilizado no cotidiano. Entretanto, Cabral (2019) aponta que muitas vezes a matemática a ser ensinada é direcionada à simples memorização ou mecanização de leis, fórmulas e técnicas de resolução de exercícios. Esse tipo de atitude corrobora para que o estudante não compreenda logicamente conceitos matemáticos.

Nos experimentos realizados por Inhelder e Piaget (1976), a noção de proporção é desenvolvida em média no estágio operatório formal. Os autores explicam que o problema da formação da noção de proporção é entender por que não se formam desde o nível das operações concretas, visto que consiste apenas em relações duplas ($x/y = x'/y'$). Segundo Inhelder e Piaget (1976), o esquema da proporção apresenta dois aspectos: um lógico e outro matemático, e para que de fato se compreenda matematicamente a proporcionalidade, é preciso a aquisição de esquemas de compensação por equivalência, que é característico do pensamento formal.

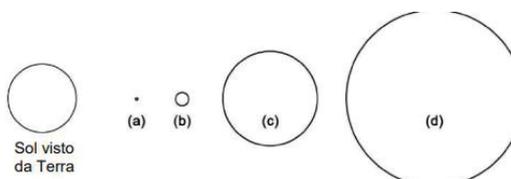
Ainda sobre o desenvolvimento do raciocínio matemático relacionado à proporção, Villagrán *et al.* (2001) realizaram um estudo com estudantes do Ensino Médio, com o objetivo de analisar as possíveis relações entre as realizações cognitivas alcançadas durante a fase de pensamento formal e a resolução de problemas matemáticos. Os resultados sugerem que os alunos com maior nível de pensamento formal são os que melhor resolvem problemas matemáticos. No entanto, apenas 36% destes foram capazes de resolver problemas onde os esquemas de proporcionalidade estão presentes. Os resultados sugerem que atingir o nível de raciocínio formal não é suficiente para saber como aplicá-lo em problemas matemáticos concretos, sendo necessário adquirir os conhecimentos específicos para tomar uma decisão correta.

Classificamos aqui também questões que abordam a necessidade de comparar grandezas diferentes, como: distância, velocidade e tempo, raio da estrela, luminosidade e temperatura; tamanho angular, diâmetro e distância média, visto que esses conceitos necessitam de pensamento hipotético e de manipulação de símbolos puros.

A aquisição da habilidade combinatória e da busca de razões para as relações do estágio operatório formal viabiliza a compreensão de temas como estações do ano, eclipses e fases da Lua. Nesses fenômenos citados anteriormente, além da capacidade de se imaginar fora da Terra e combinar diferentes pontos vista, é necessária a combinação de diversos fatores para a compreensão completa dos fenômenos.

(Q22019) Na figura, o disco da esquerda representa o disco do Sol tal como ele é visto da Terra. Os quatro discos seguintes representam o Sol tal como ele é visto de outros quatro planetas do Sistema Solar.

Assinale a alternativa que apresenta os nomes dos planetas de onde se vê o disco do Sol como desenhados em (a), (b), (c) e (d):



- () (a) Mercúrio, (b) Vênus, (c) Urano e (d) Júpiter.
- () (a) Júpiter, (b) Urano, (c) Marte e (d) Vênus.
- () (a) Urano, (b) Júpiter, (c) Marte e (d) Mercúrio.
- () (a) Urano, (b) Júpiter, (c) Vênus e (d) Mercúrio.

(Q42016) Ao lado tem uma sequência de fotos de um eclipse solar quase total, também chamado de eclipse anular. Coloque um X na única afirmação correta.

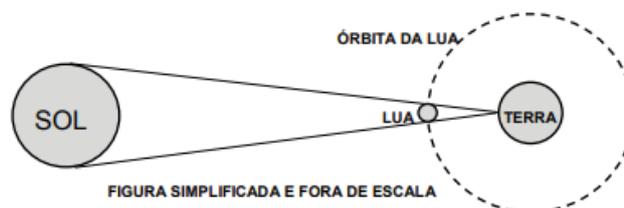
- () A Lua está passando na sombra da Terra.
- () A Lua está passando na frente do Sol.
- () A sombra da Terra está passando sobre o Sol.
- () Um buraco negro está passando na frente do Sol.
- () A Terra está passando na frente do Sol.



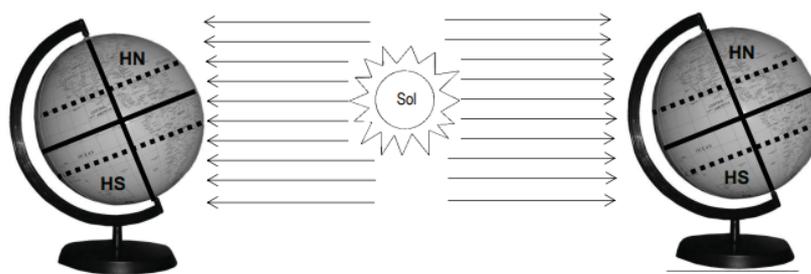
As questões Q42016 e Q42014 discorrem sobre o fenômeno do eclipse e para respondê-las basta marcar “X” na resposta correta, entretanto o raciocínio por trás da resposta é complexo para uma criança que ainda não desenvolveu o raciocínio formal, isso porque, como já apresentado anteriormente, a compreensão dos eclipses exige a habilidade de combinar o pensamento espacial, o posicionamento dos astros e a projeção de sombras. Além disso, esse conteúdo, assim como as estações, é trabalhado apenas no 8º ano de acordo com a BNCC, o que corrobora com a ideia de ser um conteúdo complexo para crianças e pré-adolescentes do operatório concreto.

(Q42014) Simplificadamente dizemos que um eclipse do Sol ocorre quando a Lua passa na frente dele e o da Lua quando ela passa dentro da sombra da Terra, a qual é opaca e iluminada pelo Sol, como você sabe. Escreva C para certo ou E para errado na frente de cada afirmação abaixo:

- () Eclipses lunares só ocorrem na Lua Cheia.
- () Quando os eclipses solares estão ocorrendo podem ser vistos por todos na Terra.
- () O tipo de eclipse representado esquematicamente na figura acima é um eclipse solar.
- () Os eclipses solares e lunares estão relacionados com os solstícios e equinócios, respectivamente.



(Q72020) Abaixo está o globo terrestre colocado em dois diferentes instantes ao redor do Sol, aproximadamente à mesma distância do Sol, porém separados por 6 meses. Entre eles está o Sol (desenhado esquematicamente e fora de escala) e os “raios solares”. Dado: Na figura HN = Hemisfério Norte e HS = Hemisfério Sul. As linhas tracejadas representam os Trópicos.



() VERÃO () INVERNO - No globo da esquerda qual é a estação do ano no HN?
 () VERÃO () INVERNO - No globo da direita qual é a estação do ano no HN?

Em uma pesquisa realizada com professores em formação inicial e continuada, Bartelmebs e Harres (2014) construíram um esquema que resume os conceitos necessários para a compreensão da ocorrência das estações do ano.



FONTE: BARTELMEBBS, HARRES (2014, p. 3).

Ainda segundo Bartelmebs (2016), a compreensão das estações do ano não é simples nem mesmo para sujeitos adultos. A autora explica que o simples fato de observar o Sol durante o ano não garante que o estudante compreenda o fenômeno, sendo necessária a construção de diversas noções, como apontado na Figura 1, incluindo a habilidade de observar o Sol durante o ano. Portanto, a compreensão das

estações do ano exige o pensamento hipotético dedutivo além da habilidade de combinar diversos fatores.

Como apontado por Piaget (1987), o desenvolvimento do ser humano é um processo de evolução gradativa, que acontece a partir de estruturas organizadas, baseando-se principalmente no processo de assimilação e acomodação, portanto a aprendizagem é um processo gradual, em que o adolescente vai se capacitando seguindo uma sequência lógica.

A estrutura formal conquistada é constituída a partir da estrutura operatória, concreta. Por isso, entendemos que é necessário que o estudante construa a base da compreensão em Astronomia a partir de relações concretas, mas permanecer nas relações concretas inviabiliza a compreensão profunda de conceitos Astronômicos, visto que a maior parte dos conteúdos de Astronomia tem algum nível de abstração, pois a Astronomia inevitavelmente trabalha com modelos e previsões, não sendo possível manipular o Planeta Terra ou qualquer outro astro (BARTELMÉBS, 2016).

Além disso, entendemos que é meta se desvincular do concreto pelos seguintes motivos: (1) no aspecto formal, a Ciência aplica-se ao universal e não somente ao particular (REALE, 2002); (2) a concretização de exemplos no ensino de Ciências passa a mensagem de que leis e teorias se aplicam a casos particulares, comprometendo, assim, a aprendizagem científica em longo prazo (CRATO, 2010).

Todavia, para Piaget, de acordo com Silva e Frezza (2011), os conteúdos influenciam fortemente as condutas. Os graus de novidade e complexidade das tarefas propostas perturbam operações lógico-matemáticas. Todavia, quando o sujeito atinge a adolescência e o que se chama de estágio das operações formais, isso não implica a garantia de que doravante operará formalmente sobre todos os objetos. Há um detalhe imprescindível a ser considerado: as especificidades dos conteúdos. A disponibilidade de uma estrutura formal não basta por si só, pois é preciso ter esquemas construídos para significar os problemas (SILVA; FREZZA, 2011). Isso explica por que é prejudicial para o estudante, em um nível operatório concreto ou mesmo do operatório formal, ter contato pela primeira vez com determinados conteúdos de Astronomia durante a prova, pois o grau de novidade do conteúdo pode gerar um conflito cognitivo naquele momento que o estudante pode não dar conta de solucionar, por isso seria interessante que todos os conteúdos presentes na prova estivessem de acordo com o currículo das escolas. Ao mesmo

tempo, entendemos que os conteúdos de Astronomia, por recrutarem a lógica formal, podem auxiliar no processo de desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

Muitos estudos foram desenvolvidos ao longo do tempo a respeito da aquisição do pensamento formal por adolescentes. López *et al.* (1986), ao realizarem uma pesquisa com alunos do Bacharelado, mostram que apenas 11% deles atingem níveis adequados de pensamento formal, sendo a porcentagem máxima atingida somente no terceiro ano (50% dos alunos). O estudo realizado por Homs (1995), com uma amostra de cerca de 3.000 participantes, também verifica que há pouco uso do pensamento formal.

Segundo Villágran *et al.* (2002, p. 382), *“El propio modificó sus posiciones originales, manteniendo que habría que esperar hasta los 20 años para que el pensamiento formal estuviera consolidado”*.

Muitos fatores podem interferir no desempenho dos estudantes na prova, mas cabe aqui a seguinte pergunta: será que a escola está viabilizando o desenvolvimento do pensamento abstrato nos estudantes? Muitas atividades e conteúdos podem auxiliar a aquisição do pensamento hipotético, como o simples ato de desenhar, como apontado na dissertação de Trindade (2004), até a própria tecnologia, como apontado no artigo de Borges *et al.* (2016), pode desenvolver o pensamento abstrato. Entretanto, o ensino pautado na memorização de conteúdos e que não incentiva o uso da imaginação, que não permite que o estudante possa pensar hipóteses e experimentá-las mentalmente, dificulta a formação das funções psíquicas superiores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A trajetória deste estudo foi feita por caminhos delineados em torno da interrogação: “Estariam as questões presentes nas provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica adequadas ao nível de capacidade cognitiva de seus participantes?”. Essa busca por entendimentos sobre a adequação da prova da OBA nos levou ao estudo e à comparação dos conteúdos de Astronomia presentes nos documentos curriculares com as provas da OBA.

Comparando os resultados das análises em relação à OBA e os documentos curriculares, tínhamos como hipótese inicial que muitos conteúdos presentes na prova não pertenciam ao currículo. Essa hipótese se confirmou, tornando evidente tal discrepância, principalmente quando comparamos os conteúdos presentes na OBA com a BNCC. Ao contrário do que pensávamos, as provas de 2012 a 2017 estavam muito mais coerentes com os parâmetros curriculares vigentes na época.

Pela análise realizada, vemos que a prova foi se distanciando do currículo com o passar dos anos. Nas análises em comparativo com a BNCC, encontramos questões que solicitam conhecimentos que só serão trabalhados no Ensino Médio, como noções de escala, leis de Kepler e manuseio da equação da velocidade média, por exemplo. O tema característica das estrelas ainda tem aparecido com certa frequência principalmente nas provas mais recentes e geralmente questões com enunciados embasados em antologias e conteúdos mais avançados que também não estão presentes no currículo do EF.

É necessário cuidado com a introdução desses temas em uma prova do III nível, visto que esses conteúdos são mais avançados e exigem o desenvolvimento do raciocínio abstrato. Além disso, outro problema decorrente dos alunos do 6º ano e do 9º ano realizarem a mesma prova é que os temas relacionados com as estações do ano, os eclipses, as fases da Lua e a estrutura do Sistema Solar, que são comuns na prova, só serão estudados a partir do 8º ano.

As análises em comparativo com os documentos curriculares nos mostram uma face do problema, mas para dar conta de fato do nosso problema de pesquisa, era preciso ir além de olhar para os conteúdos da prova, por isso, a fim de compreender os processos cognitivos conquistados na faixa etária dos indivíduos que realizam a prova do III nível da OBA, debruçamo-nos em compreender a teoria de Piaget,

denominada Epistemologia Genética, em especial os estádios de desenvolvimento cognitivo operatório concreto e operatório formal.

De um total de 157 questões analisadas, 95 questões foram classificadas no estágio operatório concreto e são questões que possivelmente um estudante do 6º ano tem competência cognitiva para solucionar. Entretanto, outras 62 questões foram classificadas no estágio operatório formal, um número bem significativo considerando que, de acordo com a Teoria de Piaget, apenas a partir dos 11 ou 12 anos o pré-adolescente progride para o nível operatório formal.

Cabe ressaltar que Piaget não estabelece idades fixas para que cada sujeito atinja determinado estágio, uma vez que a evolução cognitiva depende de diversos fatores, assim, caso não haja incentivos cognitivos corretos, o pensamento formal pode nem ser desenvolvido. Além disso, como mostram algumas pesquisas discutidas nos tópicos de resultados dessa dissertação, atingir o nível de raciocínio formal não basta para saber como aplicá-lo na Astronomia, sendo necessário adquirir os conhecimentos específicos para tomar uma decisão correta.

Nos últimos relatórios da OBA, a média de notas da prova do III nível tem ficado entre três e quatro pontos e nossa pesquisa mostra indícios de que esse resultado pode estar atrelado ao fato de que a prova não está totalmente coerente com os níveis cognitivos dos estudantes a quem é destinada a avaliação, sendo talvez necessária uma nova readequação da prova.

Ainda se faz necessário esclarecer que muitos outros fatores podem influenciar os baixos índices de acertos da prova e existe a possibilidade de que a OBA esteja denunciando um problema que vai muito além da prova, pois a dificuldade pode vir de uma defasagem na forma como as escolas estão preparando os estudantes para desenvolver o pensamento formal necessário para a compreensão dos conteúdos de astronomia. Portanto, dividir a prova do III nível em outros dois subníveis não resolve totalmente o problema em questão.

Entendemos que o objetivo da OBA não é incentivar a competição e que a prova tem caráter formativo, mas possivelmente uma divisão do III nível em dois subníveis possa trazer maior aproveitamento para a aprendizagem dos estudantes.

Infelizmente a OBA não disponibiliza a informação sobre os índices de acertos de cada questão da prova, o que impede de tornar ainda mais rico esse trabalho. Fica a sugestão para os organizadores da OBA, em contato com os professores responsáveis pelas correções das provas de cada escola, elaborem uma forma de

disponibilizar o número de acertos de cada questão da prova, pois esse *feedback* pode auxiliar na própria elaboração das provas futuras da Olimpíada.

As provas da OBA ainda é um tema pouco investigado e esperamos que esta pesquisa abra espaços para diversas outras pesquisas sobre o tema, principalmente para investigações mais práticas sobre as provas. Uma possibilidade de investigação futura é analisar diretamente nas escolas, em específico com os estudantes, quais as dificuldades relativas a cada questão.

Ademais, esperamos que esse trabalho tenha contribuído para a área de Educação em Astronomia no que tange aos processos cognitivos de aprendizagem de temas astronômicos.

REFERÊNCIAS

ATTA, Mídia e Educação. **Jean Piaget 4 - O conceito de estágio**. Texto e apresentação por Yves de La Taille. 2004.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Portugal: Edições 70, 225p., 2000.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Tradução: Luís Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARTELMEBS, R. C. Ensino de Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: Como evoluem os conhecimentos dos professores a partir do estudo das ideias dos alunos em um curso de extensão baseado no modelo de investigação na escola. 2016. 211 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/6809> . Acesso: 03 out. 2021.

BARTELMEBS, R. C. Psicogênese e história das ciências: Elementos para uma epistemologia construtivista. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.16, n. 02, p. 147-165, maio/ago., 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172014160208>. Acesso em: 12 ago. 2021.

BARTELMEBS, R. C.; KITZBERGER, D. O.; JEZUS, M. T.; FIGUEIRA, M. M. T.; PANDINI, C. A. Modelos de significação sobre conteúdos de Astronomia: Considerações acerca de um estudo com professores de Ciências da Educação Básica. **Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas Schème**, v. 11, n2, p.34-79. 2019. Disponível em: <https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/scheme/article/view/9736>>. Acesso em 02 fev. 2021.

BARTELMEBS, R. C. Concepções de estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas e Ciências Exatas sobre conceitos básicos de Astronomia. **Revista Espaço Pedagógico**, v. 25, n. 2, p. 277-296, 28 maio de 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5335/rep.v25i2.8163>. Acesso em: 23 abr. 2022

BARTELMEBS, R. C.; FIGUEIRA, M. M. T. Ensino de Astronomia nos Anos Iniciais: as ideias dos alunos à luz do método clínico piagetiano. **Revista Eletrônica Vidya**, Santa Maria (RS), v. 41, n. 2, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/3853>. Acesso em: 15 dez. 2022.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Ensino Médio. Brasília: MEC. Versão entregue ao CNE em 03 de abril de 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#fundamental/a-area-de-ciencias-da-natureza>. Acesso em: 15 out. 2021

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: 3º e 4º ciclos do Ensino Fundamental – Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEMTEC, 1998.

BORGES, K.; DE MENEZES, C.; FAGUNDES, L. Projetos maker como forma de promover o desenvolvimento do raciocínio formal. In: Anais do Workshop de Informática na Escola, p. 515-524, 2016.

CABRAL, N. F., DIAS G. N.; LOBATO, J. M. S. O ensino de razão e proporção por meio de atividades. **Ensino da Matemática em Debate**, n. 6, v.3 p.155-179, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.23925/2358-4122.2019v6i3p155-179>. Acesso em: 02 jan. 2023.

CANALLE, J. B. G.; LAVOURAS, D.F; PRADO, L. I. A.; ABANS, M. O. **Resultados da II Olimpíada Brasileira de Astronomia**. Rio de Janeiro: OBA, 1999. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/historico%20da%20oba/1999_historico_ii_oba.pdf. Acesso em: 10 fev. 2021.

CANALLE, J. B.G.; LAVOURAS, D.F.; TREVISAN, R. H.; SOUZA, M.R.; JÚNIOR, E. S.; AFONSO, G.B. **Relatório da III Olimpíada Brasileira de Astronomia**. Rio de Janeiro: OBA, 2000. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/historico%20da%20oba/2000_historico_iii_oba.pdf. Acesso em: 14 abr. de 2021.

CANALLE, J. B. G. *et al.* **VII Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica no Ano Internacional da Astronomia**. 2004. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/historico%20da%20oba/histviioba2004.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.

CANALLE, J. B. G. *et al.* **A X Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica no Ano Internacional da Astronomia**. Rio de Janeiro: OBA, 2007. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/historico%20da%20oba/RElatorio%20da%20X%20OBA.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.

CANALLE, J. B. G. *et al.* **XVI Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica**. Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. Rio de Janeiro: OBA, 2013. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Relatorio%20da%20XVI%20OBA%20-%202013.pdf. Acesso em: 20 set. 2021.

CANALLE, J. B. G. *et al.* **VXIII Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica**. Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. Rio de Janeiro: OBA, 2015. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Relatorio%20da%20XVIII%20OBA%20-%202015.pdf. Acesso em: 14 set. 2021

CANALLE, J. B. G. *et al.* **XX Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica**. Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. Rio de Janeiro: OBA, 2017. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Relatorio%20da%20XX%20OBA%20-%202017.pdf. Acesso em: 18 set. de 2021

CANALLE, J. B. G. *et al.* **XXII Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica**. Rio de Janeiro: OBA, 2019. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Relatorio.pdf Acesso em: 14 set. 2021.

CANALLE, J. B. G. *et al.* **23ª Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica**. Rio de Janeiro: OBA, 2020. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Relatorio%20da%20XXIII%20OBA%20-%202020.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

CARVALHO, T. G. de; RAMOS, J. E. F. A BNCC e o ensino de Astronomia: o que muda na sala de aula e na formação de professores. **Revista currículo & docência**. n. 2, v. 2, p. 83-101, 2020.

CRATO, N. **O educuês em discurso direto**: uma crítica da pedagógica romântica e construtivista. 11. ed. Lisboa: Gradiva, 2010.

CORRÊA, G. M.; SOUZA, F. R. F.; ABREU, A. S.; RAMOS, A. M.; SOUZA, M. C. Olimpíada Itacoatiarense de Química: um incentivo ao ensino de ciências no interior do Amazonas. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBQ, 2009.

COUTINHO, C. P. **Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas** - Teoria e Prática. 2. ed. Edições Almedina, 2015.

DELUCIA, J.; DA SILVA, M. M. da; ESTEVAM, B. C.; ALVES, G. C.; BÁRBARA, M. M.; TIERA, V. A.; GOIS, J. Olimpíada científica como influência formativa no ensino básico. **Revista Ciência & Ideias**, v. 8, n. 2, maio/ago., 2018, p. 177-194. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22407/2176-1477/2017v8i2.687>. Acesso em: 20 jan. 2022.

ERTHAL, J. P. C.; VIEIRA, A. S. Vinte anos de oba: uma análise da Evolução do exame ao longo dos anos. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 27, 35-54, 2019. DOI: <https://doi.org/10.37156/RELEA/2019.27.035>. Acesso em: 12 dez. 2020.

FACCIO, M. *et al.* Força e movimento: concepções alternativas no Ensino Superior. **Revista Educar Mais**, v. 3, n. 2, p. 173-191, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/1483>. Acesso em 27 jul. 2022

FERNANDES, C. S.; GALIAZZI, M. C. As olimpíadas de Química como exercício da prática pedagógica. In: FÓRUM DE ESTUDOS: LEITURAS DE PAULO FREIRE, 9., Rio Grande. **Anais...** Rio Grande: FURG, 2007.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3ª ed. Porto Alegre: ArtMed, 2009.

GADÉA, S. J. S.; AMANTES, A. Avaliando a aprendizagem de estudantes dos anos iniciais sobre flutuação em uma atividade investigativa. **Revista EDUCAmazônia** – Educação sociedade e Meio Ambiente, Humait, Amazonas, Brasil. Ano 12, Vol XXIII, Número 2, Jul.-Dez., 2019, p. 21-46.

GARRATINI, S. **Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica para o Ensino de Ciências no município de Curitiba**. 2021. Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25005> . Acesso em: 4 fev. de 2022.

GALVAO, M. C. B.; PLUYE, P.; RICARTE, I. L. M. Métodos de pesquisa mistos e revisões de literatura mistas: conceitos, construção e critérios de avaliação. InCID: **Revista de Ciência da Informação e Documentação**, v. 8, n. 2, p. 4-24, 2017. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/incid/article/view/121879>. Acesso em: 2 abr. 2018.

GOURLART, I. B. **Piaget: experiências básicas para utilização pelo professor**. 21. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005.

HELDER, R. R. **Como fazer análise documental**. Porto, Universidade de Algarve, 2006.

HOMS, O. Exit y fracas a Catalunya. Barcelona: CIEM. INCE. Instituto Nacional de Calidad y Evaluación. Resultados de la prueba de matemáticas de cuarto curso de la ESO. Resumen Informativo del INCE, 8, 1-7, 1995.

HOSOUME, Y.; LEITE, C.; del CARLO, S. Ensino de Astronomia no Brasil – 1850 a 1951 – um olhar pelo Colégio Pedro II. **Revista Ensaio**, v. 12, n. 2, p. 189-204, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/mGQ3Z65v9X7xRjixN7V3swt/?lang=pt> . Acesso em: 10 fev. 2022.

IACHEL, G. **Um estudo exploratório sobre o ensino de Astronomia na formação continuada de professores**. 2009. 229 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90887> . Acesso em 14 mar. 2022.

IACHEL, G. **Os caminhos da formação de professores e da pesquisa em ensino de Astronomia**. 2013. 203f Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/102005>. Acesso em: 20 ago. 2021.

INHELDER, B. PIAGET, J. **Da lógica da criança à lógica do adolescente**. São Paulo: Pioneira, 1976.

JONHSON, D. W.; JONHSON, R. T. Motivational process in cooperative, competitive and individualistic learning situation. In: AMES, C.; AMES, R. (Ed.). *Research on motivation in education*, v. 2: The Classroom Milieu. New York, Academic Press, p. 249-277, 1985.

KRIPKA, R. M. L.; SCHELLER, M. ; BONOTTO, D. de L. Pesquisa documental na pesquisa qualitativa: conceitos e caracterização. **Revista de investigaciones UNAD**, Bogotá, v. 14, n. 2, p. 55-73, jul./dez. 2015.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 4402, 2009. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/314402.pdf>. Acesso em 17 mar. 2022.

LANGHI, R.; NARDI, R. Formação de professores e seus saberes disciplinares em Astronomia Essencial nos anos iniciais do ensino fundamental. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.12, n.02, p.205-224, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/rBkGV5RCPZbFxfX6mBP5hgD/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 abr. 2022.

LA TAILLE, Y.; OLIVEIRA, M. K.; DANTAS, H. **Piaget Vygotsky Wallon: Teorias Psicogenéticas em discussão**. 26º ed. São Paulo: SUMMUS, 1992.

LAVOURAS, D. F. Relatório da I Olimpíada Brasileira de Astronomia, I OBA, 1998. Disponível em: http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Nascimento%20da%20OBA.pdf. Acesso em: 14 set. 2020.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Explorando a dimensão espacial na pesquisa em ensino de Astronomia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 8, n. 3, p. 797-811, 2009.

LEITE, A. C.; COLOMBO, P. D. J. Brazilian Astronomy Olympiad of High School: texts and contexts. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e237997092, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7092. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7092>. Acesso em: 2 mar. 2022.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. O professor de Ciências e sua forma de pensar a Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, v. 4, p. 47-68, 2007.

LÓPEZ R.; F., PALACIOS G.; BRINCONES, I.; SÁNCHEZ, J. Y; GARROTE, R. Evolución del nivel piagetiano de desarrollo cognitivo en alumnos de bachillerato. Un estudio longitudinal. **Revista de Psicología General y Aplicada**, 41 (5), 849-870, 1986.

MARIUZZO, P. Olimpíadas científicas estimulam estudantes e valorizam a atuação de professores na pesquisa. **Revista Ciência e Educação**, v. 62, n.2. São Paulo, 2010. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252010000200006#:~:text=Bons%20resultados%20podem%20estimular%20alunos,2007%20do%20Minist%C3%A9rio%20da%20Educa%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 27 fev. 2022.

MEZZAROBA, O.; MONTEIRO, C. S. **Manual de Metodologia da pesquisa em Direito**. São Paulo: Saraiva, 2003.

MENEGUELLO, C. Olimpíada nacional em História do Brasil – uma aventura intelectual. **Revista História Hoje**, v. 5, n. 14, 2011. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2012/historia_artigos/1meneguello_artigo.pdf. Acesso em 27 jan. 2022.

MENEZES, L.S.L. **A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica e sua contribuição para o ensino de astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental nas escolas da rede pública de São Bernardo do Campo**. 2018. 99f. Dissertação (Mestrado em Ensino e História das Ciências e Matemática) - Universidade Federal do ABC, São Paulo (SP), 2018. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFBC_3f632cec598aea1ef9146b2c524c5da8. Acesso em: 20 dez. 2021.

PASTORE, H. M; STRIEDER, D. M. Astronomia: do senso comum ao conhecimento científico. **O professor PDE e os desafios da escola Pública Paranaense**, v. 1, 2012.

PIAGET, J. **O nascimento da inteligência na criança**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.

PIAGET, J. **Epistemologia Genética**. Petrópolis: Vozes, 1970.

PIAGET, J. **A construção do real na criança**. 2ªed. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1975.

PIAGET, Jean. **Seis estudos de psicologia**. Tradução Maria Alice Magalhães D' Amorim e Paulo Sergio Lima Silva. 24 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2003.

PIAGET, J. **A representação do mundo na criança**. São Paulo: Ideias & Letras, 2005.

PIAGET, Jean. **A formação do símbolo na criança: Imitação, jogo e sonho imagem e representação**. 3º ed. Rio de Janeiro: LTC, 1964.

PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. **Estágio e docência** 3 ed. (Coleção docência em formação. Série saberes pedagógicos). São Paulo: Cortez Editora, 2008.

PÓLYA, G. **Mathematics and plausible reasoning: induction and analogy in mathematics**. New Jersey: Princeton University Press, 1954.

QUADROS, A. L., FÁTIMA, A., SILVA, D. C., ANDRADE, F. P., SILVA, G. F., ALEME, H. G. e OLIVEIRA, S. R. Aprendizagem e competição: a Olimpíada Mineira de Química na visão dos professores de Ensino Médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, p. 125-136, 2010. Disponível em: <https://www.periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4091> . Acesso em: 14 abr. 2022.

RAPPAPORT, C. R.; FIORI, W. da R.; DAVIS, C. **Psicologia do Desenvolvimento**. São Paulo: EPU, 1981.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. Olimpíadas de Ciências: uma prática em questão. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 18, n. 1, p. 245-256, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2510/251022206015.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2022.

ROBINSON, S. Coaching a High School Science Olympiad Team. **Academic Exchange**, v. Summer, p. 272-277, 2003.

REALE, M. **Filosofia do direito**. 20. ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

SANZOVO, T.; BALESTRA, D. J. M. A Astronomia apresenta no ensino de Ciências numa sala de aula. *Educação Pública*, v. 19, nº 17, 20 de agosto de 2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/17/a-astronomia-presente-no-ensino-de-ciencias-numa-sala-de-aula> . Acesso em: 21 mar. 2022.

SÁ-SILVA, J.; ALMEIDA, C. & GUINDANI, J. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, São Leopoldo, 2009. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/rbhcs/article/view/10351>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SASSERON, L. H. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a base nacional comum. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 18, p. 1-25, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831061>. Acesso em 18 mar. 2022.

SILVA, R. C. da. **O Estado da Arte das Publicações sobre as Olimpíadas de Ciências no Brasil**. 2016. 82 f. Dissertação. (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática)- Universidade Federal de Goiás, Goiânia (GO), 2016. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/6021>. Acesso em: 18 abr. 2022.

SILVA, J. A. da; FREZZA, J. S. Aspectos metodológicos e constitutivos do pensamento do adulto. **Educar em Revista**, n. 39. Curitiba. p. 191–205, abr. 2011.

SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M.A.; AXT, R. Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 2, p.187-194, 1992.

SOARES, J. P. **Elaboração de uma componente curricular eletiva nas escolas em tempo integral (EEMTIS) do Ceará com foco na Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA)**. Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5448>. Acesso em: 22 dez. 2020.

TREVISAN, R. H.; LATTAR, C. J. B.; CANALLE, J. B. G. Assessoria na avaliação do conteúdo de Astronomia dos livros de ciências do primeiro grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 14, n. 1, p. 7–16, abr. 1997.

TRINDADE, R. G. **Desenho infantil: contribuições da Educação Infantil para o desenvolvimento do pensamento abstrato sob a perspectiva da Psicologia Histórico-Cultural**. 2011. 272 f. Dissertação (Mestre em Educação) – Faculdade de Educação de São Paulo: São Paulo, 2011.

VILLAGRÁN, M. A.; GUZMÁN, J. I. N.; PAVÓN, J. M. L.; CUEVAS, C. A. Pensamiento formal y resolución de problemas matemáticos. **Psicothema**, v. 14, n. 2, p. 382-386, 2002.

ZÁRATE, J. D. B.; CANALLE, J. B. G.; SILVA, J. M. N. da. Análise e classificação das questões das dez primeiras olimpíadas brasileiras de Astronomia e astronáutica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 3, p. 609-624, dez. 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2009v26n3p609/11141>. Acesso em: 27 dez. 2020.

APÊNDICE A – CONTEÚDOS DE ASTRONOMIA NA BNCC

CONCEITOS E HABILIDADES DA BNCC UNIDADE TEMÁTICA TERRA E UNIVERSO PARA OS ANOS INICIAIS DO EF

Ano	Unidade temática	Objetos de conhecimento	Habilidades
1º	Terra e Universo	Escalas de tempo	(EF01CI05) Identificar e nomear diferentes escalas de tempo: os períodos diários (manhã, tarde, noite) e a sucessão de dias, semanas, meses e anos. (EF01CI06) Selecionar exemplos de como a sucessão de dias e noites orienta o ritmo de atividades diárias de seres humanos e de outros seres vivos.
2º	Terra e Universo	Movimento aparente do Sol no céu O Sol como fonte de luz e calor	(EF02CI07) Descrever as posições do Sol em diversos horários do dia e associá-las ao tamanho da sombra projetada. (EF02CI08) Comparar o efeito da radiação solar (aquecimento e reflexão) em diferentes tipos de superfície (água, areia, solo, superfícies escura, clara e metálica etc.).
3º	Terra e Universo	Características da Terra Observação do céu Usos do solo	(EF03CI07) Identificar características da Terra (como seu formato esférico, a presença de água, solo etc.), com base na observação, manipulação e comparação de diferentes formas de representação do planeta (mapas, globos, fotografias etc.). (EF03CI08) Observar, identificar e registrar os períodos diários (dia e/ou noite) em que o Sol, demais estrelas, Lua e planetas estão visíveis no céu. (EF03CI09) Comparar diferentes amostras de solo do entorno da escola com base em características como cor, textura, cheiro, tamanho das partículas, permeabilidade etc. (EF03CI10) Identificar os diferentes usos do solo (plantação e extração de materiais, dentre outras possibilidades), reconhecendo a importância do solo para a agricultura e para a vida.
4º	Terra e Universo	Pontos cardeais Calendários, fenômenos cíclicos e cultura	(EF04CI09) Identificar os pontos cardeais, com base no registro de diferentes posições relativas do Sol e da sombra de uma vara (gnômon). (EF04CI10) Comparar as indicações dos pontos cardeais resultantes da observação das sombras de uma vara (gnômon) com aquelas obtidas por meio de uma bússola. (EF04CI11) Associar os movimentos cíclicos da Lua e da Terra a períodos de tempo regulares e ao uso desse conhecimento para a construção de calendários em diferentes culturas.
5º	Terra e Universo	Constelações e mapas celestes	(EF05CI10) Identificar algumas constelações no céu, com o apoio de recursos (como mapas celestes e

		<p>Movimento de rotação da Terra</p> <p>Periodicidade das fases da Lua</p> <p>Instrumentos óticos</p>	<p>aplicativos digitais, entre outros), e os períodos do ano em que elas são visíveis no início da noite.</p> <p>(EF05CI11) Associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra.</p> <p>(EF05CI12) Concluir sobre a periodicidade das fases da Lua, com base na observação e no registro das formas aparentes da Lua no céu ao longo de, pelo menos, dois meses.</p> <p>(EF05CI13) Projetar e construir dispositivos para observação à distância (luneta, periscópio etc.), para observação ampliada de objetos (lupas, microscópios) ou para registro de imagens (máquinas fotográficas) e discutir usos sociais desses dispositivos.</p>
--	--	---	---

FONTE: Brasil (2018).

QUADRO 6- CONCEITOS E HABILIDADES DA BNCC UNIDADE TEMÁTICA TERRA E UNIVERSO PARA OS ANOS FINAIS DO EF

Ano	Unidade temática	Objetos de conhecimento	Habilidades
6º	Terra e Universo	Forma, estrutura e movimentos da Terra	<p>(EF06CI11) Identificar as diferentes camadas que estruturam o planeta Terra (da estrutura interna à atmosfera) e suas principais características.</p> <p>(EF06CI12) Identificar diferentes tipos de rocha, relacionando a formação de fósseis a rochas sedimentares em diferentes períodos geológicos.</p> <p>(EF06CI13) Selecionar argumentos e evidências que demonstrem a esfericidade da Terra.</p> <p>(EF06CI14) Inferir que as mudanças na sombra de uma vara (gnômon) ao longo do dia em diferentes períodos do ano são uma evidência dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol, que podem ser explicados por meio dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação de seu eixo de rotação em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol.</p>
7º	Terra e Universo	<p>Composição do ar</p> <p>Efeito estufa</p> <p>Camada de ozônio</p> <p>Fenômenos naturais (vulcões, terremotos e tsunamis)</p> <p>Placas tectônicas e deriva continental</p>	<p>(EF07CI12) Demonstrar que o ar é uma mistura de gases, identificando sua composição, e discutir fenômenos naturais ou antrópicos que podem alterar essa composição.</p> <p>(EF07CI13) Descrever o mecanismo natural do efeito estufa, seu papel fundamental para o desenvolvimento da vida na Terra, discutir as ações humanas responsáveis pelo seu aumento artificial (queima dos combustíveis fósseis, desmatamento, queimadas etc.) e selecionar e implementar propostas para a reversão ou controle desse quadro.</p> <p>(EF07CI14) Justificar a importância da camada de ozônio para a vida na Terra, identificando os fatores que aumentam ou diminuem sua presença na atmosfera, e discutir propostas individuais e coletivas para sua preservação.</p> <p>(EF07CI15) Interpretar fenômenos naturais (como vulcões, terremotos e tsunamis) e justificar a rara</p>

			<p>ocorrência desses fenômenos no Brasil, com base no modelo das placas tectônicas.</p> <p>(EF07CI16) Justificar o formato das costas brasileira e africana com base na teoria da deriva dos continentes.</p>
8º	Terra e Universo	Sistema Sol, Terra e Lua Clima	<p>(EF08CI12) Justificar, por meio da construção de modelos e da observação da Lua no céu, a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses, com base nas posições relativas entre Sol, Terra e Lua.</p> <p>(EF08CI13) Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais.</p> <p>(EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.</p> <p>(EF08CI15) Identificar as principais variáveis envolvidas na previsão do tempo e simular situações nas quais elas possam ser medidas.</p> <p>(EF08CI16) Discutir iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental a partir da identificação de alterações climáticas regionais e globais provocadas pela intervenção humana.</p>
9º	Terra e Universo	Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo Astronomia e cultura Vida humana fora da Terra Ordem de grandeza astronômica Evolução estelar	<p>(EF09CI14) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões).</p> <p>(EF09CI15) Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc.).</p> <p>(EF09CI16) Selecionar argumentos sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra, com base nas condições necessárias à vida, nas características dos planetas e nas distâncias e nos tempos envolvidos em viagens interplanetárias e interestelares.</p> <p>(EF09CI17) Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo no nosso planeta.</p>

FONTE: Brasil (2018).

APÊNDICE B – TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DAS PROVAS COM BASE NOS PCNS

CLASSIFICAÇÃO DAS PROVAS DE 2012 A 2017

Índices (Conteúdos do PCN)	Indicadores
Duração do dia em diferentes épocas do ano	Q4A2012, Q4B2012, Q12013, Q52014; Q52016
Nascimento e Movimento aparente do Sol e o tamanho das sobras ao longo do dia	Q12012, Q22012; Q2B2015; Q52015
Pontos cardeais	Q12012, Q72014; Q2A2015
Fases da Lua	Q22012, Q12013, Q22013; Q2A2014; Q2B2014; Q42014; Q92014; Q42015; Q42016; Q42017; Q5A2017; Q5B2017; Q5C2017; Q5D2017;
Concepção de Universo: informações sobre cometas, planetas e satélites e outros astros do Sistema Solar	Q5A2013; Q32014; Q92014; Q92015; Q12016; Q72016; Q9A2016; Q12017
Constituição da Terra e das condições existentes para a presença de vida	
Valorização dos conhecimentos de povos antigos para explicar os fenômenos celestes	
Noções de escala astronômica, distância entre Sol-Terra-Lua	Q92014; Q7B2017; Q9B2017
História da Astronáutica	
Desenvolvimento de equipamentos de observação tais como: Lunetas, telescópios, foguetes	Q6A2013; Q6B2013; Q82013; Q7B2013; Q8A2014; Q102014; Q8B2015; Q10A2015; Q10B2015; Q82016; Q102016; Q82017; Q102017
Constelação e seu movimento em relação ao horizonte	Q3C2012, Q62015
Identificação de constelações, estrelas e planetas no céu	Q3A2012; Q3B2012; Q3A2013; Q3B2013, Q12014; Q12015; Q62016; Q6A2017; Q6B2017; Q6C2017;
Atração gravitacional da Terra e fenômeno associados	
Estações do ano, Solstícios e equinócios;	Q22012, Q22013, Q2A2017; Q3A2017; Q3B2017; Q3C2017; Q3D2017
Teorias geocêntricas e heliocêntricas	
Estruturação da Terra	Q2A2016; Q2B2016; Q52014; Q32016; Q2B2017
Posição da Terra	Q52012

Valorização do conhecimento historicamente acumulados.	
--	--

FONTE: A autora (2022).

CONHECIMENTOS PRÉVIOS EXIGIDOS NA PROVA QUE NÃO ESTAM NO PCN DE ASTRONOMIA

Temas não presentes no PCn de Ciências	Indicadores
Astronáutica (Proporção entre frações ou regra de três)	Q6A2012, Q6B2012, Q5B2013;
Cálculo de diâmetro angular	Q7A2017
Ciclo de vida e características das estrelas	Q32015; Q7A2015; Q7B2015
Porcentagem	Q7C2012
Cálculos básicos (divisão, multiplicação, soma subtração)	Q8A2012, Q8A2012, Q8C2012, Q7A2013; Q8A2015; Q7A2012, Q7B2012, Q4A203, Q4B2013, Q6A2014, Q6B2014, Q6C2014
Semelhanças entre ângulos de um triângulo	Q5B2013;
Equação da velocidade média	Q6C2013; Q9C2017
Latitude e Longitude	Q9B2016; Q92017

FONTE: A autora (2022).

APÊNDICE C – TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DAS COM BASE NA BNCC

CLASSIFICAÇÃO DAS PROVAS DE 2018 A 2021

Índices (Conteúdos da BNCC)	Indicadores
Constelações e mapas celestes	Q6A2018;Q6B2018;Q6C2018;Q6D2018; Q132020;Q162021;Q192021P;Q12021;Q162021 Q42021; Q112022;
Forma, estrutura e movimentos da Terra	Q4A2018;Q4B2018; Q4C2018; Q4D2018 Q72020; Q162021P; Q32018; Q7B2020;Q7C2020; Q162021
Tipos de rocha e a relação com a formação de fósseis	-
Esfericidade da Terra	-
Movimento aparente do Sol	-
Composição do ar	-
Efeito estufa	-
Camada de Ozônio	-
Fenômenos naturais	-
Costas Brasileira	-
Eclipses	Q72019; Q72021
Fases da Lua	Q4A2019; Q132021; Q72021; Q162021;
Estações do ano	Q4E2018; Q7A2020; Q7D2020; Q7E2020; Q132022
Introdução a climatologia	-
Equilíbrio ambiental	-
Composição, estrutura e localização do Sistema Solar	Q13A2020; Q13B2020; Q13C2020; Q13D2020;Q12018; Q22018;Q32018; Q82018; Q72021; Q12021; Q42021
Arqueoastronomia	-
Vida fora da Terra	-
Ordem de grandeza astronômica	Q22019
Ciclo evolutivo do Sol	-

FONTE: A autora (2022).

Classificação de questões com tema não presentes na BNCC de Ciências do EF I e II

Índices	Indicadores
Operações básicas	Q8B2018; Q92018; Q9B2018; Q32019; Q82019; Q9A2019; Q10A2019; Q112020; Q152022; Q17A2022; Q172022
Cálculo de proporção	Q5A2018; Q7A2018; Q7B2018; Q172020
Cálculo com a Eq. Da velocidade média	Q5B2018; Q8C2018; Q28B2021
Características das estrelas (luminosidade, distância, temperatura e ciclo de vida)	Q12019; Q32019; Q6A2019; Q6B2019; Q12020; Q32020; Q52020; Q12021P; Q32021P; Q2020; Q12022; Q32022; Q92022
Cálculos com raiz ou expoente	Q3A2019; Q3B2019
Missões espaciais/ desenvolvimento de equipamentos/ Informação sobre satélites/	Q4A2019; Q4B2019; Q9B2019; Q152020; Q252021P; Q192022 Q10A2018; Q10B2018; Q9A2019; Q10A2019; Q152020; Q192020; Q28A2021; Q152022; Q9C2018; Q222021
Leis de Kepler	Q52019; Q6A2019; Q102020; Q102021; Q222021; Q72022
Noções de escala de imagem	Q82019;
Porcentagem	Q10B209