UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO, INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS,
INSTITUTO DE QUÍMICA E INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERUNIDADES EM ENSINO DE
CIÊNCIAS

ALINE MENDES GERALDI

**Relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o
desenvolvimento de argumentos por estudantes do ensino fundamental**

São Paulo

2017

ALINE MENDES GERALDI

Relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o desenvolvimento de argumentos por estudantes do ensino fundamental

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Educação, Instituto de Biociências, Instituto de Química e Instituto de Física, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências, na área de concentração de Ensino de Biologia.

Orientadora: Prof. Dra. Daniela Lopes Scarpa

São Paulo

2017

Autorizo a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Geraldi, Aline Mendes

Relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o desenvolvimento de argumentos por estudantes do ensino fundamental. São Paulo, 2017.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Daniela Lopes Scarpa

Área de Concentração: Biologia

Unitermos: 1. Biologia – Estudo e ensino; 2. Ensino e aprendizagem; 3. Métodos de ensino; 4. Linguagem científica; 5. Educação escolar básica.

USP/IF/SBI-013/2017

Nome: GERALDI, Aline Mendes

Título: Relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o desenvolvimento de argumentos por estudantes do ensino fundamental

Dissertação apresentada à Faculdade de Educação, Instituto de Biociências, Instituto de Química e Instituto de Física, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências, na área de concentração de Ensino de Biologia.

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir realizar mais um sonho.

À minha orientadora por me proporcionar uma oportunidade única e estar sempre presente, com conselhos e, muitas vezes, com “puxões de orelha” que me fizeram crescer e amadurecer.

Aos colegas do grupo de pesquisa BioIn, por ajudarem a qualificar sempre o meu trabalho e pelas reuniões semanais, cheias de muito conhecimento e guloseimas. Agradeço, principalmente, à Rena que, com toda a sua dureza e bom humor, deixava os meus textos repletos de críticas e sugestões tão importantes, e à Anna, companheira de disciplinas e trabalhos, que me fazia tanto rir e não desistir nas horas difíceis.

À escola que me acolheu e me faz uma professora cada dia melhor e que não cansa de aprender.

Aos meus alunos que me tornam um ser humano melhor diariamente.

Aos meus amigos, em especial à família Marcondes, escolhida por Deus para fazer parte da minha vida e torná-la mais feliz.

Também ao amigo Júlio, tão paciente ao construir e desconstruir os meus textos com tanto carinho.

À minha irmã Juliana, que está ao meu lado todos os dias mesmo a quilômetros de distância. “Só enquanto eu respirar, vou me lembrar de você.”

À minha família: pai, mãe e vovó por me aturarem em meio às crises de mau humor e estresse. Por me apoiarem diariamente com tanto amor e carinho. “Eu não existo longe de vocês.”

À minha segunda família, Ari, Rose e Marcos, pelo imenso amor com que me acolheram. Sei que posso contar com vocês em qualquer momento da minha vida.

Aos meus anjinhos de quatro patas, Sophie e Suzie, que diariamente alegram o meu dia e me deixam muito mais feliz.

Finalmente, ao meu grande amor e companheiro, Gabriel. Apoiando-me sempre, com muita paciência e dedicação. Inteligente, responsável, sempre de bom humor e ótimo profissional. Obrigada por me fazer tão feliz. “*You are only exception.*”

“Quando acordei hoje de manhã, eu sabia quem eu era, mas acho que já mudei muitas vezes desde então.”

Lewis Carroll - Alice no país das maravilhas

RESUMO

GERALDI, A.M. **Relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o desenvolvimento de argumentos por estudantes do ensino fundamental.** 2017. f. 114. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Instituto de Biociências, Instituto de Química e Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

O ensino de ciências por investigação representa um importante caminho para a promoção da alfabetização científica. A argumentação é uma das principais habilidades que podem ser desenvolvidas por meio dessa abordagem de ensino, e também aproximar os estudantes do processo da construção do conhecimento científico. O presente trabalho tem o objetivo de investigar relações entre diferentes graus de abertura de atividades investigativas e a qualidade de argumentos desenvolvidos ao longo desse processo. Ele foi realizado no contexto de Iniciação Científica Júnior, com estudantes do ensino fundamental II. Foram propostas duas aplicações das atividades investigativas: uma chamada de sequencial, respeitando a ordem sequencial proposta na literatura, dos graus 1 ao 3 de abertura; e outra, chamada de invertida, em que as atividades foram propostas dos graus 3 ao 1. As análises foram conduzidas com base em duas ferramentas: uma fundamentada no padrão argumentativo de Toulmin (TAP), proposta por Osborne, Erduran e Simon (2004), que caracteriza a qualidade estrutural dos argumentos, e outra, que avalia a qualidade do conhecimento científico utilizado para embasá-los, adaptada do trabalho de Zohar e Nemet (2002). As análises apontaram que os estudantes são capazes de desenvolver argumentos ao se envolverem em atividades investigativas. Porém, alguns fatores influenciaram na qualidade desses argumentos, como o grau de abertura das atividades e os comandos presentes em seus enunciados. Os argumentos construídos envolveram pelo menos dois componentes do TAP, principalmente nas atividades de maior grau de abertura. Porém, identificou-se a dificuldade de os estudantes introduzirem os seguintes elementos: qualificador e refutação. Nas duas formas de aplicação, tanto em relação à qualidade estrutural quanto à do conhecimento científico, os argumentos de mais qualidade foram identificados nas atividades de graus 2 e 3 de abertura, as quais fomentavam maior protagonismo dos estudantes. Logo, as atividades investigativas não proporcionam uma maior qualidade dos argumentos quando propostas de maneira gradual. Os resultados evidenciam a importância das atividades investigativas, em seus diferentes graus de abertura, como propostas que fomentam e qualificam a argumentação no ensino de ciências.

Palavras-chave: Argumento. Ensino de ciências. Ensino de ciências por investigação.

ABSTRACT

GERALDI, A.M. **Relations between levels of inquiry and the development of arguments by for middle school students.** 2017. f. 114. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Instituto de Biociências, Instituto de Química e Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

The inquiry-based science education represents an important way for the scientific literacy. Argumentation is one of the main skills that can be developed through this teaching approach, and also bring students closer to the process of building scientific knowledge. This study has the objective of investigating relations between different levels of inquiry activities and the quality of arguments developed throughout this process. It was carried out in the context of Scientific Initiation, with middle school students. Two methods of the investigative activities were proposed: one called “sequential”, respecting the sequential order proposed in the literature, from levels 1 to 3; and the other, called “reversed”, in which the activities were proposed from levels 3 to 1. The analyzes were conducted on the basis of two tools: one based on the Toulmin argumentative pattern (TAP), proposed by Osborne, Erduran and Simon (2004), that characterizes the structural quality of the arguments, and another, that evaluates the quality of the scientific knowledge used to support them, adapted from the work of Zohar and Nemet (2002). The analyzes pointed out that students are able to develop arguments by engaging in inquiry activities. However, some factors influenced the quality of these arguments, like the levels of inquiry and the commands present in their statements. The arguments developed by students involved at least two components of the TAP, mainly in the more open levels. However, we identified that it was difficult for students to introduce the elements qualifier and rebuttal. In both forms of application, in terms of structural quality and scientific knowledge, the highest quality arguments were identified in the levels 2 and 3 of inquiry, which provided more autonomy for the students. Therefore, inquiry activities do not provide a higher quality of arguments when proposed in a gradual manner. The results show the importance of inquiry based activities, in their different levels, to foment and qualify the argumentation in science education.

Keywords: Argument. Science education. Inquiry-based science education.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	10
1 – REFERENCIAIS TEÓRICOS	12
1.1 – <i>Por que o ensino por investigação?</i>	12
1.2 – <i>Quais as relações entre o ensino por investigação e as diferentes concepções do currículo de ciências?</i>	14
1.3 – <i>O ensino por investigação ocorre sempre da mesma maneira?</i>	18
1.4 – <i>O que nos dizem algumas das pesquisas atuais sobre os diferentes graus de abertura do ensino por investigação?</i>	21
1.5 – <i>Quais são as relações entre o ensino de ciências por investigação e a argumentação?</i>	25
2 – OBJETIVO E PROBLEMAS DE PESQUISA	28
3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
3.1 – <i>Caracterização metodológica</i>	29
3.2 – <i>Participantes e contexto da pesquisa</i>	31
3.3 – <i>Análise dos dados: ferramentas qualitativas</i>	33
3.3.1 – <i>Como identificar os componentes de um argumento?</i>	33
3.3.2 – <i>Como analisar a qualidade da estrutura dos argumentos produzidos pelos estudantes?</i> ...	36
3.3.3 – <i>Como analisar o conteúdo científico usado pelos estudantes na produção dos argumentos?</i>	38
3.4 – <i>Análise dos dados: ferramentas quantitativas</i>	39
3.5 – <i>Coleta e organização dos dados</i>	39
3.6 – <i>A escolha das atividades investigativas</i>	42
3.7 – <i>Caracterização das atividades</i>	43
4 – RESULTADOS	47
4.1 – <i>Quais foram as relações encontradas entre os graus de abertura, a ordem de aplicação das atividades e o desenvolvimento de argumentos?</i>	48
4.2 – <i>Há relação entre os graus de abertura, os tipos de aplicação e a qualidade dos argumentos?</i>	50
4.2.1 – <i>A qualidade da estrutura dos argumentos</i>	50
4.2.2 – <i>A qualidade do conhecimento científico dos argumentos</i>	55
4.3 – <i>Quais foram as principais combinações entre as características da qualidade da estrutura e do conhecimento científico nos argumentos desenvolvidos pelos estudantes?</i>	61
5 – DISCUSSÃO	65
5.1 – <i>Quais foram as relações encontradas entre os graus de abertura, a ordem de aplicação das atividades e o desenvolvimento de argumentos?</i>	65
5.2 – <i>Como os graus de abertura e os tipos de aplicação influenciaram na qualidade dos argumentos?</i>	67
5.2.1 – <i>A qualidade da estrutura dos argumentos</i>	67

5.2.2 – A qualidade do conhecimento científico dos argumentos	72
5.3 – Quais foram as principais combinações entre as características da qualidade da estrutura e do conhecimento científico nos argumentos desenvolvidos pelos estudantes?	75
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS.....	87
ANEXO A – Atividade de nível 1 – Confirmação.....	88
ANEXO B – Atividade de nível 2 – Investigação estruturada.....	90
ANEXO C – Atividade de nível 3 – Investigação guiada.....	93
APÊNDICES	94
APÊNDICE A – TERMO DE ASSENTIMENTO	95
APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	97
APÊNDICE C – mapa de caracterização da atividade 1	99
APÊNDICE D – mapa de caracterização da atividade 2.....	105
APÊNDICE E – mapa de caracterização da atividade 3	112

APRESENTAÇÃO

Devo iniciar este momento com palavras de Albert Einstein: “*O importante é não parar de questionar. A curiosidade tem sua própria razão de existir*”. Quem nos dera permanecer na tal fase “dos porquês” das crianças, afinal, o que nos move são nossos questionamentos e não as respostas que nos são dadas.

É por não parar de se questionar que os cientistas trabalham arduamente na busca de imensuráveis respostas, desde a cura de doenças até os mistérios envolvidos nos buracos negros. Assim como os cientistas, como fazer com que os estudantes não se acomodem com as respostas prontas recebidas diariamente? Que não percam o espírito de curiosidade da infância? Além disso, que saibam criticar e avaliar as informações veiculadas nos mais diversos meios de comunicação, a que eles têm acesso tão facilmente hoje em dia? São essas, e tantas outras questões, que me levam a lecionar ciências naturais, além de influenciarem diretamente na escolha dos meus temas de pesquisa: o ensino de ciências por investigação e a argumentação.

Para atender as demandas das novas gerações, intensamente questionadoras, a escola precisa desenhar-se como um espaço desafiador, que ultrapassa os limites das informações fornecidas pelas mídias atuais e redes sociais. Um ensino tradicional e passivo pode gerar conflitos e desinteresse por parte dos alunos. Atualmente, o educador deve proporcionar um ambiente de aprendizagem dinâmico e colaborativo, em que o protagonismo está na ação dos estudantes.

O ensino de ciências por investigação caracteriza-se por uma abordagem que desafia os estudantes a participarem da construção do conhecimento de maneira ativa, por meio de diversas ações: resolução de problemas; levantamento e análise de dados; construção de afirmações baseadas em evidências; comunicação e debate de resultados; além da promoção do desenvolvimento de habilidades argumentativas.

Essa abordagem de ensino representa um importante caminho para a promoção da Alfabetização Científica, a qual busca desenvolver, entre outros objetivos, a conscientização de que o conhecimento científico não é neutro nem imutável, desenvolvendo criticidade entre os estudantes, além de aproximá-los de alguns aspectos de natureza da ciência.

O ensino de ciências por investigação pode ocorrer em quatro diferentes níveis ou graus de abertura segundo Banchi e Bell (2008): (1) a confirmação (*confirmation inquiry*), na qual os estudantes confirmam um conhecimento que já foi construído, através de uma

atividade em que o resultado é conhecido; (2) a investigação estruturada (*structured inquiry*), em que os estudantes investigam um problema proposto pelo professor por meio da execução de um procedimento ou protocolo de experimentação; (3) a investigação guiada (*guided inquiry*), na qual o professor propõe o problema a ser investigado, mas os estudantes buscam os procedimentos para solucioná-lo; e por fim, (4) a investigação aberta (*open inquiry*), em que os estudantes propõem o problema de pesquisa e os procedimentos para investigá-lo.

A partir desses pressupostos, podemos nos questionar: como o ensino de ciências por investigação, em seus diferentes graus de abertura, relaciona-se com a construção de argumentos? Esse é o principal questionamento do nosso estudo.

A seguir, discutiremos os resultados obtidos em duas aplicações distintas de atividades investigativas de ciências, em seus diferentes graus de abertura. Esses resultados se baseiam na busca de relações entre essas aplicações e a qualidade dos argumentos desenvolvidos pelos estudantes.

O primeiro capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre a história do ensino por investigação nas diferentes concepções de currículo de ciências, além das relações entre essa abordagem de ensino e o desenvolvimento de argumentos. Seguimos, no segundo capítulo, esclarecendo nossos objetivos e nossas principais perguntas de pesquisa.

No terceiro capítulo, apresentamos o contexto da investigação, além de detalharmos os procedimentos metodológicos de coleta e análise dos dados, assim como os referenciais teóricos que embasam as metodologias escolhidas. Também explicamos nesse capítulo como foram organizados os mapas de episódios argumentativos utilizados na posterior categorização e análise dos resultados.

O quarto capítulo abarca tanto os resultados obtidos em nossa investigação, expostos por meio de gráficos e tabelas, quanto as explicações que esclarecem as análises qualitativas e quantitativas realizadas. No quinto capítulo retomamos os nossos resultados à luz dos trabalhos de outros pesquisadores da área, discutindo os pontos de convergência e divergência entre as pesquisas.

Por fim, o último capítulo, apresenta de forma sucinta as afirmações, limitações e possibilidades de futuras pesquisas a partir de nossos resultados e nossas interpretações. Incluímos na sequência as referências bibliográficas utilizadas, além dos apêndices e anexos. A maioria dos subtítulos dessa dissertação encontra-se na forma interrogativa, afinal, são os questionamentos que movem o fazer ciência.

1 – REFERENCIAIS TEÓRICOS

1.1 – Por que o ensino por investigação?

O ensino de ciências já apresentou diferentes objetivos considerando-se o período da segunda metade do século XIX até os dias atuais. Essa evolução se deve às mudanças que ocorreram na sociedade em seus diferentes estratos: político, histórico e filosófico. Dentre esses objetivos, podemos citar o ensino por investigação, ou *Inquiry-Based Science Education* (IBSE), que representa forte influência nos parâmetros curriculares americanos e europeus (DEBOER, 2006), no entanto, ainda não atingiu um impacto significativo na educação brasileira (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Não há uma definição geral e única para o ensino por investigação (BUNTERM et al., 2014; RÖNNEBECK; BERNHOLT; ROPOHL, 2016), mas é possível afirmar ser uma abordagem do ensino de ciências já defendida por Joseph Schwab desde meados de 1960 (NRC, 2000), e que apresenta suas raízes construtivistas baseadas nas teorias de Vygotsky, Piaget e Ausubel (MINNER; LEVY; CENTURY, 2010; ZION; MENDELOVICI, 2012; SCARPA; SILVA, 2013). A aprendizagem baseada nessa abordagem inclui atividades em que os estudantes trabalham mais ativamente, por isso, tendem a se motivar e engajar ao longo da construção dos conceitos científicos (MINNER; LEVY; CENTURY, 2010).

Um ensino de ciências investigativo baseia-se no princípio geral de que o currículo deve incluir aspectos de natureza da ciência: envolvimento dos estudantes em investigações semelhantes às dos cientistas e conscientização de que o conhecimento científico é questionável (DUSCHL, 1986). Em sala de aula, é possível envolver os estudantes em etapas investigativas, como resolução de um problema; levantamento de dados; busca por pesquisas já realizadas sobre um determinado assunto; controle de variáveis; construção e teste de hipóteses (DEBOER, 2006; SASSERON, 2013). Então, em sua essência, o ensino por investigação se caracteriza por uma abordagem ativa de aprendizagem, em que os estudantes buscam responder aos problemas propostos por meio da análise de dados (BELL; SMETANA; BINNS, 2005).

O ensino de ciências por investigação também é um caminho para se alcançar a alfabetização científica (NRC, 1996; DEBOER, 2006; CARVALHO, 2013; SCARPA; SILVA, 2013; SASSERON, 2013), que possibilita aos estudantes refletirem sobre as melhores decisões a serem tomadas diante de problemas, tanto em seu cotidiano quanto na

sociedade (SASSERON, 2013, 2015), para isso deverão ser capazes de avaliar e aplicar os seus conhecimentos científicos (DAWSON; VENVILLE, 2009). Ao engajarem-se em investigações, podem se tornar cidadãos críticos, capazes de olhar para trás e compreender como as informações recebidas cotidianamente foram constituídas, como as ideias foram testadas, se os dados foram suficientes para construí-las, e se há explicações alternativas para esses dados (GOTT; DUGGAN, 2007).

Cada vez mais um bom ensino e aprendizagem de ciências estão associados ao termo *Inquiry* (ANDERSON, 2002). É uma maneira potencial de serem desenvolvidas habilidades investigativas e internalização de novos conhecimentos ao longo da busca por soluções aos problemas propostos. Também se caracteriza por uma abordagem que proporciona aos estudantes participar mais ativamente do processo de aprendizagem, o que amplia a autoestima (BEVINS; PRICE, 2016). Além disso, as investigações promovidas durante o aprendizado de ciências envolvem uma série de atividades e processos mentais que buscam ampliar o conhecimento humano sobre o mundo natural (NRC, 2000).

Essa abordagem tem sido usada tanto como um meio quanto como um fim do ensino de ciências. Como um meio (ou investigação na ciência), refere-se às questões que ajudam os estudantes a compreenderem os conteúdos científicos, ou seja, o fim ou resultado do processo. Já o seu uso como um fim, (ou investigação sobre ciências) refere-se à investigação como um resultado do processo de aprendizagem: os estudantes aprendem a fazer investigações no contexto do conteúdo científico e a desenvolver compreensões epistemológicas. Estas versam sobre a natureza da ciência, a evolução do conteúdo científico, e o desenvolvimento de habilidades relevantes, entre as quais se destacam: identificação de problemas; formulação de perguntas de pesquisa; planejamento e realização de investigações; e construção e defesa de hipóteses, modelos e explicações (ABD-EL-KHALICK et al., 2004).

Segundo o documento *Inquiry and the National Science Education Standards* (2000, pp. 37 e 38), algumas das principais características de uma abordagem investigativa para o ensino de ciências são:

1. Levantamento de questões investigativas;
2. Desenvolvimento e utilização de modelos;
3. Planejamento e realização de investigações;
4. Análise e interpretação de dados;
5. Uso da matemática e do raciocínio computacional;
6. Construção de explicações;
7. Desenvolvimento de argumentos baseados em evidências;
8. Obtenção, avaliação e comunicação das informações construídas.

Ao optar pela utilização de atividades investigativas, o educador exige do estudante uma atividade intelectual mais ativa, contrária ao ensino transmissivo e tradicional (ZÔMPERO; LABURÚ, 2010). Ou seja, o protagonismo no processo de construção do conhecimento científico passa a ser do estudante, enquanto o educador age como mediador e problematizador, muitas vezes, até mesmo questionando os resultados obtidos nas investigações realizadas em sala de aula (SCARPA; SILVA, 2013).

1.2– Quais as relações entre o ensino por investigação e as diferentes concepções do currículo de ciências?

A ideia de ensinar ciências por meio de uma abordagem investigativa não é recente. Desde a primeira metade do século XX, John Dewey argumentava que os cidadãos deveriam participar ativamente na construção da sociedade e para isso a escola deveria desenvolver habilidades que possibilitassem a formulação de problemas significativos e caminhos para resolvê-los de maneira democrática e cooperativa (DEBOER, 2006).

Barrow (2006) afirma que Dewey (1910) incentivou os professores de ciências a utilizarem-se da investigação como estratégia de ensino, com a proposta de um método científico um tanto quanto rígido, composto de seis etapas: identificação de situações-problema, esclarecimento do problema, formulação de uma hipótese experimental, teste da hipótese, revisão com testes rigorosos e atuação na solução do problema. Neste modelo, o aluno estava ativamente envolvido e o professor tinha um papel de facilitador e guia.

Já em 1944, Dewey modificou a interpretação anterior de método científico, incorporando ideias de um pensamento mais reflexivo e propôs outras etapas para a investigação: apresentação do problema, formulação da hipótese, coleta de dados e construção de uma conclusão. Ainda nessa reformulação, os problemas propostos deveriam estar relacionados com as experiências dos estudantes e de acordo com suas capacidades intelectuais, caracterizando os alunos como aprendizes ativos na busca por suas respostas (BARROW, 2006).

Essas propostas de Dewey surgiram na perspectiva de uma educação escolar que possibilitasse a construção de uma sociedade mais humanizada e democrática, em um contexto em que as desigualdades e os conflitos sociais, nos e dos EUA, eram silenciados pelos interesses econômicos e capitalistas (ANDRADE, 2011).

Em contraposição ao que era proposto por Dewey, cientistas, educadores e líderes industriais, em 1950, argumentaram que o ensino de ciências tinha perdido o seu rigor acadêmico e não possibilitava o desenvolvimento intelectual dos alunos, já que enfatizava aspectos de relevância social. Para eles, a educação científica, naquele período, estava centrada demais no aluno e, por isso, havia perdido o rigor acadêmico, e, assim, o contexto social passou a não ter espaço nas propostas de ensino de ciências (DEBOER, 2006).

Já em 1957, o lançamento do satélite artificial soviético *Sputnik* influenciou de maneira significativa novas reformas educacionais no ensino de ciências e matemática do currículo norte-americano (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009). Tal acontecimento incentivou a *National Science Foundation* (NSF) a inovar o currículo de física, e posteriormente das demais ciências, com ênfase no pensar como cientista e em habilidades individuais, como observar, classificar, inferir, controlar variáveis etc. (BARROW, 2006).

Portanto, nesse período, o foco dos currículos de ciências americano e inglês encontrava-se na metodologia científica como objetivo central de ensino. Aqui no Brasil, essa metodologia exerceu influência nas ações curriculares de algumas instituições, como por exemplo, os centros de Ciências e o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBCEC) (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Ainda na segunda metade do século XX, Joseph Schwab (1962) defendeu que os alunos deveriam ver a ciência como uma série de estruturas conceituais a serem continuamente revistas quando uma nova informação ou evidência é descoberta. Schwab considerou que o ensino de ciências deveria se dar de maneira condizente à forma como a ciência moderna opera, por isso encorajou professores de ciências a usarem o laboratório como espaço de construção, pelos alunos, de conceitos científicos (BARROW, 2006).

Na década de 1970, com as reflexões sobre os danos causados ao meio ambiente pelo ser humano, o ensino de ciências recebeu a influência do movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e passou novamente a ter a preocupação de propor uma educação que levasse em conta os aspectos sociais relativos ao desenvolvimento científico e tecnológico. As atividades investigativas eram utilizadas para ajudar os estudantes a pesquisarem sobre problemas sociais e impactos ao meio ambiente. Assim, ensinar ciências envolvia o entendimento dos conteúdos, dos valores culturais, da tomada de decisões relativas ao cotidiano e à resolução de problemas (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

No final da década de 80 e início da década de 90, houve revalorização da investigação como prática de ensino de ciências que se perpetua até os dias atuais. Essa retomada se instituiu em um segundo movimento de reformas curriculares nos EUA e na

Inglaterra. Importantes documentos foram publicados, como o intitulado *Science For All Americans* (EUA) e o *Public Understanding of Science* (Inglaterra), ambos com intuito de alfabetizar cientificamente a população, a fim de que os indivíduos compreendessem um mundo no qual a ciência e a tecnologia cada vez mais influenciavam e sofriam influência de aspectos políticos, econômicos e sociais (ANDRADE, 2011).

Em 1996, houve a publicação de outro importante documento americano - *National Science Education Standards* - influenciado fortemente pelas perspectivas de ensino de ciências de Joseph Schwab e baseado em alguns princípios (NRC, 1996, p. 2):

- A ciência é para todos;
- A aprendizagem de ciências é um processo ativo;
- A ciência escolar deve refletir aspectos culturais e sociais de seu entorno;
- A qualidade da educação científica é atingida por meio de uma reforma educacional sistêmica.

O documento também enfatizou a importância do processo de alfabetização científica. Os indivíduos tornam-se alfabetizados cientificamente através de diversos caminhos, sempre influenciados por seus conhecimentos prévios e vivências, portanto, esse processo se expande para além do ambiente escolar. Mas, os valores e atitudes desenvolvidos na escola, principalmente, nos primeiros anos do ensino de ciências, influenciam fortemente a formação de um adulto crítico, que sabe se posicionar diante das informações recebidas cotidianamente (NRC, 1996).

Em continuidade a esse movimento, um novo documento americano é publicado – *Inquiry and the National Science Education Standards* (2000) – um documento que esclareceu todos os objetivos de ensinar ciências por meio de investigação, apresentou embasamentos importantes para que os professores construíssem suas aulas de maneira investigativa, além de ter sido fortemente influenciado pelas ideias de Schwab, que repensava o ensino de ciências, defendendo o uso do laboratório nas aulas dessa disciplina (NRC, 2000).

O ensino por investigação é considerado “o coração” desses documentos. Por meio dessa abordagem o professor auxilia o estudante a compreender que a ciência é uma construção humana, a participar do processo de construção de conceitos, a refletir sobre a resolução de problemas científicos, e ainda, a conhecer o trabalho dos pesquisadores, o que poderá influenciar em sua futura escolha profissional (NRC, 2000).

Mais recentemente, em 2012, foi lançada uma proposta para a educação científica - *A framewok for K-12 Science Education: practices, crosscuting, and core ideas* - com o

objetivo de qualificar o aprendizado dos estudantes nas áreas de ciências, engenharia e tecnologia. Segundo o documento, a posição dos Estados Unidos na economia global estaria em declínio, principalmente porque os trabalhadores norte-americanos não estariam dominando tais áreas. A proposta foi projetada para ajudar a concretizar uma visão de educação em ciências e engenharia a qual os estudantes, ao longo dos vários anos da escola, participem ativamente nas práticas científicas e de engenharia, aplicando conceitos transversais para aprofundar a compreensão das ideias centrais nesses domínios (NRC, 2012).

As propostas mais recentes do ensino de ciências por investigação no Brasil também possuem relações próximas com as reformas curriculares dos EUA e Inglaterra. Os documentos oficiais americanos estão presentes como referência bibliográfica na grande maioria das pesquisas brasileiras em ensino de ciências por investigação (ANDRADE, 2011).

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino de ciências (BRASIL, 1998), é possível identificarmos aspectos relacionados ao desenvolvimento de habilidades que podem ser alcançadas por meio de um ensino investigativo. Um dos objetivos elencados no início do documento é:

questionar a realidade formulando-se problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica, selecionando procedimentos e verificando sua adequação (BRASIL, 1998, p. 8).

A resolução de problemas é uma importante etapa do ensino por investigação. Na medida em que os estudantes são desafiados nas aulas de ciências e adquirem habilidades investigativas, eles podem se sentir motivados a resolver problemas cada vez mais complexos. Esse processo tende a ser muito gratificante para educadores e alunos (NRC, 2000).

O documento brasileiro retrata, ainda, procedimentos de aprendizagem que se caracterizam pelo modo de buscar, organizar e comunicar os conhecimentos. Diversas habilidades investigativas estão previstas para a realização desses procedimentos: observação; experimentação; comparação; elaboração de hipóteses e o debate sobre elas; estabelecimento de relações entre fatos, fenômenos e ideias; elaboração de questões para enquetes; organização de informações por meio de gráficos, tabelas e textos; e, por fim, confronto entre as suposições e os dados obtidos por meio de investigações (BRASIL, 1998).

A proposta da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2016), ainda não aprovada, insere “*Processos e Práticas de Investigação*” como um de seus eixos norteadores. Segundo o documento, esse eixo está relacionado à:

identificação de questões e problemas de investigação que estimulem a observação de fenômenos, suas interpretações, a busca de informações, o

fazer perguntas, o estabelecimento de comparações, de relações causais, a investigação e propostas de conclusões (BRASIL, 2016, p. 437).

O documento também enfatiza a importância dos estudantes compreenderem a construção do conhecimento científico a partir de uma leitura articulada do mundo e propõe como um importante objetivo do ensino de ciências:

buscar, avaliar, selecionar e fazer uso de informações, de procedimentos de investigação com vistas a propor soluções para questões que envolvem conhecimentos científicos (BRASIL, 2016, p.439).

Apesar de identificarmos algumas características do ensino por investigação nesses documentos oficiais, isso não reflete o cotidiano das aulas de ciências da maioria das escolas brasileiras. São necessárias ações efetivas para sua implantação, como, formação contínua dos professores e parcerias com pesquisadores da área de ensino de ciências, na busca por um ensino de ciências de qualidade e na formação de estudantes alfabetizados cientificamente.

Apesar da crescente demanda das pesquisas sobre o ensino de ciências por investigação, segundo Rönnebeck e seus colaboradores (2016), ainda existe discordância não apenas sobre a real influência dessa abordagem na aprendizagem do estudante, mas também sobre as principais características que a definem. Esse dado reflete a importância dos investimentos em pesquisas na área, somados à aproximação dessas pesquisas ao trabalho docente na educação básica.

1.3 – O ensino por investigação ocorre sempre da mesma maneira?

Diferentes níveis de investigação fazem parte do cotidiano dos cientistas. Ora eles utilizam protocolos já prontos e consolidados; ora desenvolvem novas formas de investigar um determinado assunto (MUNFORD; LIMA, 2007). No ensino de ciências por investigação isso não é diferente.

Segundo o *National Science Education Standards* (2000), J. Schwab, por volta de 1960, já sugeria que os professores apresentassem diferentes propostas de investigação para os estudantes, utilizando-se em alguns momentos de livros-texto de laboratório e, em outros momentos, propondo problemas abertos para esses resolverem. Com isso, seriam proporcionados aos estudantes espaços de discussão sobre a pesquisa científica e sobre a maneira como o conhecimento científico é construído. Para o pesquisador, dessa maneira o laboratório poderia ser facilmente transformado em um ambiente investigativo (TAMIR; LUNETTA, 1981).

Logo, as primeiras variações do ensino por investigação foram propostas no contexto do laboratório de ciências, que tinham como principal objetivo colocar o estudante no papel de descobridor (DEBOER, 2006). Além disso, desde as pesquisas de Schwab (1962), foi possível identificar na literatura diferentes propostas de níveis ou graus de liberdade para as atividades investigativas (PELLA, 1969; HERRON, 1971; TAMIR, 1977; CIURANA, 1995; BELL; SMETANA; BINNS, 2005; BANCHI; BELL, 2008; BUCK; BRETZ; TOWNS, 2008; CAMPOS; NIGRO, 2009; CARVALHO, 2012), as quais o protagonismo do estudante varia de acordo com o contexto de aula.

Em 1981, Tamir e Luneta verificaram as tendências das mudanças nas aulas de laboratório, transformando-o em um ambiente de investigação. Porém, encontraram um desacordo entre os objetivos declarados e o que realmente ocorria nas aulas.

Os autores utilizaram uma escala proposta por Herron (1971) para avaliar os níveis de abertura das atividades propostas nos currículos de ciência (física, química e biologia). A maior parte dos manuais e livros utilizados pelos professores, encontravam-se em um nível zero de investigação, ou seja, as atividades foram avaliadas como altamente estruturadas. Logo, os autores já apontavam uma tendência vivenciada até hoje na educação científica.

Eles ainda afirmaram que os estudantes agiam como técnicos, seguindo instruções explícitas, impossibilitando o desenvolvimento de habilidades investigativas e a construção de um delineamento experimental por parte dos estudantes. Essas atividades também não proporcionavam momentos de reflexão pós-laboratório e análise dos resultados obtidos.

Portanto, faz-se necessário refletirmos sobre o grau de protagonismo proporcionado por atividades caracterizadas como investigativas. Pesquisas atuais continuam investindo no desenvolvimento e validação de ferramentas que avaliam o potencial investigativo de materiais didáticos de ciências (YANG; LIU, 2016).

Segundo Tamir (1977), o nível das investigações realizadas em laboratório é determinado pelo comportamento real dos professores e dos estudantes. Por exemplo, em atividades de verificação, o professor identifica o problema que será investigado, relaciona a atividade a trabalhos anteriores, conduz as demonstrações e fornece comandos diretos; enquanto os alunos repetem as instruções do professor ou do protocolo de experimentação. Por outro lado, num ambiente investigativo, o professor pede aos alunos que formulem problemas; relacionem a pesquisa a trabalhos anteriores; façam as previsões dos resultados; construam os procedimentos; e realizem a investigação.

Atualmente, sabe-se que uma investigação pode ocorrer em qualquer tipo de atividade que se realize em sala de aula, não estando condicionada a acontecer somente em aulas

experimentais e/ou de laboratório. Não importa a forma da atividade que será proposta, o mais relevante é que haja um problema a ser resolvido e que a atividade dê suporte à resolução desse problema (SASSERON, 2013).

Banchi e Bell (2008) classificaram as atividades investigativas em quatro níveis, caracterizados na tabela 1: nível 1 ou confirmação (*confirmation inquiry*), nível 2 ou investigação estruturada (*structured inquiry*), nível 3 ou investigação guiada (*guided inquiry*) e nível 4 ou investigação aberta (*open inquiry*). As atividades baseadas nesses níveis podem variar desde altamente dirigidas pelo professor até altamente centralizadas no estudante, com base na quantidade de informações que são fornecidas aos alunos. A característica marcante do modelo proposto pelos autores é a pergunta: “quanta informação é dada aos alunos?”.

Tabela 1 – Níveis de abertura para o ensino por investigação

Níveis de abertura	Questão	Procedimentos	Solução
1 – Confirmação: Estudantes confirmam um princípio baseados em resultados que já conheciam anteriormente.	✓	✓	✓
2 – Investigação estruturada: Estudantes investigam uma questão por meio dos procedimentos propostos pelo professor.	✓	✓	
3 – Investigação guiada: Estudantes investigam a questão apresentada pelo professor, construindo e selecionando os procedimentos.	✓		
4 – Investigação aberta: Estudantes investigam questões que eles mesmos formularam. Eles também elaboram os procedimentos.			

Fonte: traduzido e adaptado de Banchi e Bell (2008).

No primeiro nível, ou confirmação, os estudantes confirmam um princípio através de uma atividade na qual os resultados já são conhecidos com antecedência. São exemplos os experimentos propostos em livros, ao final dos capítulos, reafirmando conceitos já conhecidos. No segundo nível, ou investigação estruturada, os estudantes investigam uma questão de pesquisa a partir de procedimentos propostos pelo professor. No terceiro nível, ou investigação guiada, apenas a questão de pesquisa é proposta pelo professor e os estudantes precisam elaborar os procedimentos de investigação. No quarto nível, ou investigação aberta, os estudantes elaboram a questão de pesquisa e os procedimentos para investigá-la.

Em outro trabalho, Bell, Smetana e Binns (2005), indicaram que atividades tradicionais, propostas em livros ou manuais de laboratório, podem ser facilmente adaptadas aos diferentes níveis de investigação. Basta que os professores se qualifiquem e se preparem para tal proposta.

Na presente pesquisa, utilizamos o termo “grau de abertura” para caracterizar as variações do protagonismo dos estudantes nas atividades investigativas. Essa adaptação foi realizada por a palavra “nível” ter sido empregada nas ferramentas de análise que serão apresentadas posteriormente, evitando, assim, conflito linguístico. A caracterização “grau de abertura” foi adaptada de Pella (1969) e Carvalho (2012) que utilizaram os termos “grau de liberdade” com o mesmo objetivo: classificar atividades investigativas de acordo com as informações que são fornecidas aos estudantes.

1.4 – O que nos dizem algumas das pesquisas atuais sobre os diferentes graus de abertura do ensino por investigação?

Em 2010, Minner, Levy e Century analisaram 138 artigos relacionados ao ensino por investigação, do período de 1984 a 2002. Os autores constataram que, em 50% das pesquisas analisadas, o ensino por investigação proporcionou um impacto positivo sobre a aprendizagem dos conteúdos pelos estudantes. Eles concluíram que esses resultados vão ao encontro das perspectivas construtivistas de aprendizagem, já que os estudantes participaram de forma ativa da construção do conhecimento. Além disso, eles verificaram que uma das principais limitações ao realizarem as análises dos artigos selecionados foi referente ao rigor metodológico dos estudos, o que os fez levantar preocupações a respeito da confiabilidade dos dados gerados nas pesquisas, principalmente, em relação às análises qualitativas desses estudos.

Podemos concluir, então, que as pesquisas que investigam o ensino por investigação não apresentam de maneira clara as análises realizadas, principalmente, as de caráter qualitativo, isto indica um importante investimento para futuras pesquisas na área.

Em relação aos diferentes graus de abertura do ensino por investigação, Blanchard e seus colaboradores (2010), compararam os resultados obtidos em atividades de investigação guiada (classificada como de nível 2) e de verificação (classificada como de nível 0), de acordo com a avaliação de conceitos científicos, procedimentos investigativos e aspectos de natureza da ciência. Os autores verificaram um melhor desempenho dos estudantes de ensino médio que vivenciaram a investigação guiada, porém as diferenças não foram mais

significativas devido ao fato de que nem todos os professores seguiram corretamente as instruções do programa de formação, concluindo que o investimento na formação dos educadores se faz essencial para implementação de um ensino baseado em investigações.

Ainda em relação a esse estudo, os autores também verificaram que os estudantes não estão habituados a participarem de investigações guiadas e, apresentaram dificuldades em trabalhar com mais protagonismo ao longo da aula. Concluíram também que os instrumentos utilizados nesse tipo de pesquisa podem não aferir com qualidade o desempenho procedimental dos estudantes, representando vantagens na avaliação do desempenho dos estudantes que participaram de atividades de verificação, nas quais as instruções dos professores foram mais explícitas e diretas, sem proporcionar momentos de reflexão por parte dos estudantes.

Já Sadeh e Zion, em 2009 e em 2012, realizaram uma comparação entre a investigação guiada e a investigação aberta, na área de ensino de Biologia, com estudantes de ensino médio, em Israel. Em 2009, analisaram o envolvimento dos estudantes em investigações abertas (nível 4) e guiadas (nível 3). Nos dois níveis de investigação não foi possível perceber diferenças significativas em relação à identificação de uma questão; construção de hipóteses; análise de resultados e construção de conclusões. Porém, os autores verificaram que a participação em uma investigação aberta permitiu aos estudantes lidarem melhor com o dinamismo de suas pesquisas, ou seja, esses reconheceram as mudanças que podem ocorrer ao longo de uma investigação, além do fato de que uma pesquisa não precisa seguir com rigor uma única metodologia, e também, que resultados inesperados podem surgir.

Esses estudantes também se destacaram em relação à compreensão processual, ou seja, no uso de aparelhos, como a leitura de um termômetro, por exemplo, não apenas como um dado coletado, mas enxergando a evidência que esse dado representa. Segundo os autores, isso ocorre devido à necessidade dos alunos de lidar com as dificuldades e problemas que surgem durante o processo de investigação mais aberto.

Em 2012, Sadeh e Zion continuaram pesquisando as diferenças entre a investigação guiada e a investigação aberta. Desta vez coletaram dados por meio de questionários aplicados aos estudantes que participaram dos dois contextos investigativos. Concluíram que os estudantes que participaram da investigação aberta estavam mais satisfeitos, além de reconhecerem os benefícios de participar de uma investigação com maior protagonismo. Benefícios da investigação aberta também foram constatados em relação ao trabalho em equipe e autonomia entre os estudantes.

Segundo Bunterm et al. (2014), as pesquisas que investigam os graus de abertura, geralmente, comparam-nos às propostas tradicionais de ensino de ciências como, por exemplo, os protocolos completos, utilizados nas aulas práticas de laboratório. Mas, em seus estudos, os autores compara a investigação estruturada (nível 2) e a investigação guiada (nível 3), na área de ensino de Física, em três escolas tailandesas.

Eles identificam as vantagens da investigação guiada em aspectos como, as atitudes científicas (os autores avaliaram seis atitudes: curiosidade; agir segundo a razão; responsabilidade e perseverança; organização e cuidado; honestidade; disposição em ouvir as opiniões de outras pessoas), além da qualidade do conhecimento científico apresentado pelos estudantes no desenvolvimento das atividades propostas. Os autores concluem, então, que investigações mais abertas trouxeram mais benefícios à aprendizagem dos estudantes. Além disso, assim como Blanchard e seus colaboradores (2010), os autores enfatizam a importância de se investir na formação dos professores, para que se preparem para esse tipo de abordagem de ensino.

Já Katchevich, Hofstein e Mamlok-Naaman (2013) analisaram os diferentes níveis de qualidade da composição de argumentos produzidos por estudantes de química, no ensino médio, em Israel, comparando experimentos de confirmação e experimentos abertos em laboratório. Nas atividades investigativas mais abertas, os estudantes construíram mais argumentos e de maior qualidade, incluindo refutações em sua composição. Já nas atividades de confirmação, em nenhum dos argumentos surgiram refutações, componente importante na construção de argumentos de maior qualidade (OSBORNE; ERDURAN; SIMON, 2004). Os autores concluem, então, que a quantidade e a qualidade dos argumentos produzidos pelos estudantes sofrem influência do grau de abertura das atividades propostas.

Koksal e Berberoglu (2014) investigaram o efeito da investigação guiada no desempenho, nas habilidades processuais e nas atitudes em relação à ciência, com estudantes de ensino fundamental, na Turquia. Para investigar o desempenho dos estudantes no tema “reprodução, desenvolvimento e crescimento dos seres vivos”, os pesquisadores usaram questões abertas e de múltipla escolha, retiradas de avaliações nacionais e internacionais, que enfatizavam as habilidades de compreensão. As habilidades processuais investigadas pelos pesquisadores foram: observação, classificação, levantamento de hipótese, controle e manipulação de variáveis e formulação de modelos. Finalmente, um terceiro instrumento foi usado para investigar as atitudes dos alunos em relação à ciência, como confiabilidade no conhecimento científico; o quanto eles se interessam em aprender ciência; a utilidade dos

conceitos científicos para a compreensão de fenômenos naturais; e a pretensão da ciência como um campo profissional no futuro.

Os autores obtiveram resultados positivos sobre a eficácia da investigação guiada, em relação a um grupo controle que não se envolveu com esse processo, principalmente, nos aspectos habilidades processuais e atitudes em relação à ciência. Eles ainda destacam a importância da investigação guiada, tanto para educadores quanto para estudantes, como um ponto de partida para um ensino de ciências por investigação, até atingir o protagonismo necessário para a realização de uma investigação aberta por parte dos estudantes.

Por fim, destacamos que Zion e Mendelovici (2012), introduziram um modelo para implementar um currículo de ensino de ciências por investigação. O modelo proposto baseia-se no fato de que os estudantes devem passar por uma experiência gradual ao longo dos graus de abertura, fato que também já era defendido por Bell e seus colaboradores em 2005.

Os autores destacam a importância de se investir em programas de formação continuada dos professores para que haja sucesso na implementação desse novo currículo, além da ação direta de líderes no programa; construção de bases de dados para os docentes; e, monitoramento e avaliação das ações e dos resultados. Eles concluem que a aprendizagem por meio de investigações é essencial para a formação de cidadãos cientificamente alfabetizados, além de criticamente pensantes. Para isso, defendem ser importante a experiência gradual ao longo dos graus de abertura do ensino por investigação.

No Brasil, o número de artigos publicados especificamente sobre o tema ensino por investigação em periódicos nacionais ainda é pouco significativo (SÁ; LIMA; AGUIAR JR, 2011). Porém, é possível verificar o crescente interesse de alguns pesquisadores brasileiros sobre o assunto (AZEVEDO, 2004; CARVALHO, 2004; MUNFORD; LIMA, 2007; CAMPOS; NIGRO, 2009; ANDRADE, 2011; CARVALHO, 2013; SCARPA; SILVA, 2013; SASSERON, 2015; TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015).

Apesar do crescente interesse em pesquisar o ensino por investigação, pesquisas que investiguem e contrastem, de maneira empírica, mais de dois graus de abertura, ainda não foram encontradas. Essa lacuna confirma a importância de se realizar pesquisas que os investiguem, em busca de diferenças mais significativas e abrangentes. Além disso, esse cenário ainda não é explorado de forma significativa em pesquisas nacionais.

1.5 – Quais são as relações entre o ensino de ciências por investigação e a argumentação?

O fazer ciência é guiado pelo falar ciência. Todas as afirmações, argumentos e raciocínios declarados pelos cientistas estão baseados no diálogo entre eles mesmos, e com os outros ao seu redor (LEMKE, 1990). Logo, a argumentação representa a estrutura fundamental da linguagem científica (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015).

A linguagem argumentativa da ciência também deve estar presente na educação científica. Segundo o *National Science Education Standards* (1996), a alfabetização científica é um dos principais objetivos do ensino por investigação. E, essa, por sua vez, implica também em apresentar e avaliar argumentos baseados em evidências, contribuindo para a formação de um cidadão crítico.

Portanto, a argumentação representa uma importante aproximação entre a cultura escolar e a cultura científica (SCARPA, 2009, 2015). Além disso, o desenvolvimento das habilidades argumentativas é de extrema relevância porque muitos dos raciocínios estabelecidos pelas pessoas em situações cotidianas são de natureza argumentativa (KUHN, 1993).

Segundo dados levantados por Lin e seus colaboradores (2014), entre 1998 e 2002, os dez artigos mais citados na área de ensino de ciências estavam relacionados ao tema argumentação. Já entre 2008 e 2012, a argumentação continuou sendo um tema relevante, e o termo investigação científica (*scientific inquiry*) também se tornou influente nas pesquisas da área.

De uma maneira geral, o padrão argumentativo de Toulmin, ou TAP, caracteriza-se pelo referencial teórico mais utilizado nas pesquisas em ensino de ciências (ERDURAN, 2008; SASSERON; CARVALHO, 2011, 2014), além de, mais especificamente, destacar-se nas pesquisas que investigam a argumentação no ensino por investigação, tanto como embasamento teórico, quanto como ferramenta analítica (RÖNNEBECK; BERNHOLT; ROPOHL, 2016).

O modelo proposto pelo TAP, permite ao pesquisador da área compreender como os argumentos são estruturados ao longo do processo do ensino de ciências. Segundo Toulmin (2006), a maneira como são organizadas as estruturas que constituem um argumento reflete em sua validade ou invalidade. Ele propõe uma estrutura básica para que as fontes de validade do argumento fiquem evidentes. Esse modelo será apresentado na seção “Procedimento metodológicos” da presente pesquisa.

Diferentes autores concordam com a ideia de que uma abordagem de ensino investigativa pode servir de suporte para a argumentação (DUSCHL, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2009; PUIG; TORIJA; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2012; SCARPA; SILVA, 2013; KATCHEVICH; HOFSTEIN; MAMLOK-NAAMAN, 2013; SASSERON, 2015; TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015; SCARPA, 2015). Um exemplo é o fato de que ao longo das investigações, os estudantes buscam explicações para as transformações de dados em evidências (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015), que geram afirmações, e essas, podem fazer parte de argumentos (GOTT; ROBERTS, 2008). Mais um aspecto convergente é o engajamento na resolução de problemas, importante ponto de partida tanto para promover a argumentação, quanto para iniciar as propostas de ensino por investigação (SASSERON, 2015).

Portanto, o ensino de ciências por investigação promove o desenvolvimento de habilidades argumentativas como, formular conclusões, justificar a partir de dados coerentes, contra-argumentar, refutar etc., que serão úteis aos estudantes dentro e fora do contexto escolar (MENDONÇA; CORREA; JUSTI, 2009).

As ideias de Schwab foram resgatadas por Osborne, Erduran e Simon (2004), que afirmam que a argumentação e a investigação são uma “via de mão dupla”, um contribui para a promoção do outro. Ou seja, ensinar os estudantes a argumentar é um meio de contribuir para uma visão mais informada sobre a natureza da ciência, e o ensino por investigação contribui ao desenvolvimento de habilidades argumentativas.

Esse processo também pode aproximar os estudantes da educação básica da realidade do trabalho dos cientistas. Já que, quando o cientista defende seus resultados por meio da publicação de artigos científicos, ele faz uso da linguagem argumentativa (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; SILVA, 2011).

Logo, o ensino de ciências por investigação, em seus diferentes graus de abertura, poderá estimular o desenvolvimento de habilidades argumentativas por estudantes da educação básica, além de promover o contato com aspectos importantes de natureza da ciência, e da realidade do trabalho do cientista.

A única pesquisa encontrada que relaciona diretamente níveis de abertura de ensino por investigação à produção de argumentos foi a de Katchevich e seus colaboradores (2013). Como já citado anteriormente, os autores analisaram os diferentes níveis de qualidade da composição de argumentos, comparando experimentos de confirmação e experimentos abertos em laboratório. Portanto, há uma escassez de pesquisas que relacionem os graus de

abertura do ensino por investigação ao desenvolvimento de argumentos, caracterizando-se como mais uma importante justificativa ao presente estudo.

2 – OBJETIVO E PROBLEMAS DE PESQUISA

O objetivo geral deste estudo é buscar relações entre os graus de abertura de ensino por investigação e a produção de argumentos por estudantes de ciências do ensino fundamental. Mais especificamente, o objetivo é responder às seguintes perguntas:

1. Há produção de argumentos escritos por estudantes em atividades investigativas de diferentes graus de abertura?
2. Qual é a qualidade da estrutura dos argumentos escritos produzidos por estudantes em atividades investigativas de diferentes graus de abertura?
3. Qual é a qualidade do conteúdo científico dos argumentos escritos produzidos por estudantes em atividades investigativas de diferentes graus de abertura?
4. Há interferência da ordem de aplicação de atividades investigativas de diferentes graus de abertura na produção e na qualidade de argumentos escritos produzidos pelos estudantes?

Acreditamos que os estudantes argumentam com mais qualidade ao terem mais protagonismo durante atividades investigativas. Isso devido ao fato de que coletam e analisam os dados ao longo da atividade, buscando transformar dados em evidências, que embasarão seus argumentos escritos. Além disso, essas ações ocorrem de maneira coletiva, proporcionando momentos de discussão, debate de ideias e mais qualidade na construção dos argumentos.

Em relação à ordem de aplicação das atividades, acreditamos que propor os graus de abertura de maneira sequencial proporciona aos estudantes engajarem-se gradativamente com o processo investigativo, contribuindo para uma argumentação de maior qualidade. Esse fato é defendido por Bell e seus colaboradores (2005) e Zion e Mendelovici (2012). Os graus de menor abertura podem proporcionar mais segurança quando os estudantes se deparam com a resolução de um problema, como é o caso do grau 3 de abertura, por exemplo.

3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 – Caracterização metodológica

O presente estudo se enquadra, essencialmente, nas abordagens qualitativas de pesquisa. A compreensão e a interpretação da realidade social é uma das principais motivações da pesquisa qualitativa (BRYMAN, 1988) e os métodos qualitativos são utilizados para abordar questões de pesquisa que requerem explicações para fenômenos sociais e seus contextos, os quais ocorrem ao longo do tempo (SNAPE; SPENCER, 2003).

O termo pesquisa qualitativa também é utilizado para caracterizar pesquisas na área de ensino, em suas diferentes abordagens. Moreira (1990) e outros autores, como Erickson (2012), optam por utilizar o termo “interpretativa” para tais abordagens da pesquisa em ensino. A preocupação essencial da pesquisa interpretativa é a particularização ao invés da generalização (ERICKSON, 2012).

Levando em conta que um determinado evento pode apresentar diferentes significados dentro de uma mesma cultura, ou quando comparado com outras culturas, é possível inferir que essa diversidade de interpretações se faz presente na microcultura da sala de aula. Portanto, o contexto assume importante papel nas pesquisas da área de ensino, pois seus significados e ações são contextuais. Os significados diferentes para os diferentes contextos são analisados criticamente pela pesquisa interpretativa (MOREIRA, 1990).

A presente pesquisa se caracteriza, em sua essência, como pesquisa interpretativa por analisar um contexto de estudantes inseridos em um projeto de Iniciação Científica Júnior. Além disso, será aplicada uma combinação entre métodos qualitativos e quantitativos de pesquisa com o objetivo de enriquecer a análise dos dados coletados nesse contexto específico.

Segundo Johnson e Onwuegbuzie (2004), o pluralismo epistemológico e metodológico deve ser incentivado nas pesquisas em educação, promovendo pesquisas mais eficazes. Os pesquisadores qualitativos devem ser livres para usar métodos quantitativos, e estes devem ser livres para usar métodos qualitativos. Um exemplo de combinação entre os métodos é a análise mista de dados (*mixed analysis*) que utiliza técnicas de análise qualitativa e quantitativa em uma mesma pesquisa (ONWUEGBUZIE; COMBS, 2011).

Há diferentes finalidades e propósitos ao se realizar uma pesquisa mista. Neste trabalho é possível identificar como principal objetivo a *expansão*, ou seja, a ampliação do escopo e do foco do estudo (GREENE; CARACELLI; GRAHAM, 1989). Para isso, lançamos

mão de uma abordagem qualitativa na escolha das ferramentas de análise e na interpretação dos fenômenos aqui estudados; e para expandir as interpretações qualitativas, um tratamento dos dados que promove uma visão mais quantitativa dos resultados que foram obtidos ao longo da pesquisa (GREENE; CARACELLI; GRAHAM, 1989).

O método qualitativo foi definido a priori, com a escolha das ferramentas de análise; já o caráter quantitativo da pesquisa se encontra na organização dos dados coletados para complementar as análises qualitativas, contribuindo para a transformação dos dados em evidências. Essa combinação torna-se um caminho para responder às perguntas de pesquisa deste estudo, já que para investigar as relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e a construção de argumentos pelos estudantes, torna-se relevante caracterizar a qualidade dos argumentos por meio das ferramentas qualitativas. Assim como se torna relevante analisar se os graus de abertura também influenciaram na quantidade de argumentos construídos e, ainda, comparar esses dados quantitativos obtidos de acordo com a ordem em que os graus de abertura foram propostos.

A tradução de dados qualitativos em dados numéricos, que podem ser analisados de maneira quantitativa, ou com aplicação de testes estatísticos, é chamada de *quantização* (*quantitizing*) (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014) - um dos objetivos da análise mista do presente estudo. Segundo Miles, Huberman e Saldaña (2014), habitualmente na pesquisa qualitativa os números são ignorados, mas quando um padrão é identificado, ou quando se realiza uma generalização, mesmo que de maneira inconsciente, verifica-se se um determinado elemento aparece mais que outro, ou se certo elemento é mais importante do que outro. Os autores destacam também haver três razões para recorrer a números em pesquisas qualitativas: analisar com mais agilidade uma grande quantidade de dados; testar um palpite ou hipótese; e proteger a pesquisa contra um possível viés.

Ainda, em uma perspectiva qualitativa de pesquisa, podemos caracterizar o presente estudo como uma análise de conteúdo (AC): metodologia que pretende responder a questionamentos sobre “o que expressa um texto” (MORAES; GALIAZZI, 2007). Para Minayo (2006), a análise de conteúdo significa mais do que um procedimento técnico, mas faz parte de uma histórica busca teórica e prática na área das investigações sociais. A autora também afirma que historicamente a AC tem oscilado entre o rigor da suposta objetividade dos números e a fecundidade da subjetividade. Conclui também que essa abordagem possui a mesma lógica das metodologias quantitativas para buscar a interpretação cifrada do material de natureza qualitativa (MINAYO, 2006).

Em uma perspectiva quantitativa, a análise de conteúdo tem uma preocupação mais explicativa de testes de hipóteses e de verificação de relações de variáveis, e busca analisar tanto o que está explícito quanto o implícito, ou seja, ora se concentra no manifesto ora se concentra no oculto. Nesse tipo de análise as categorias podem ser definidas a priori para investigar os fenômenos escolhidos, e esses fundamentos servirão tanto para ampliar a compreensão quanto para introduzir criticidade, ainda que este não seja o foco principal da análise de conteúdo (MORAES; GALIAZZI, 2007).

Este estudo lança mão de teorias definidas previamente, assumindo tanto um caráter quantitativo - aproximando-se de um estudo dedutivo-verificatório em que a teoria escolhida previamente serve para a dedução das hipóteses; quanto um caráter qualitativo – no qual as teorias escolhidas servem para a interpretação dos resultados, de maneira mais compreensiva (MORAES; GALIAZZI, 2007). Podemos afirmar, então, que há um ponto de encontro entre o qualitativo e o quantitativo no presente estudo, buscando a compreensão dos fenômenos aqui estudados, com diferentes olhares, mas com o mesmo objetivo: compreender a relação entre os graus de abertura de atividades investigativas e a construção de argumentos.

3.2 – Participantes e contexto da pesquisa

Este projeto foi autorizado pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo e tem registro CAAE 55609816.2.0000.5464.

A pesquisa foi realizada em um colégio particular de educação básica do interior de São Paulo que desenvolve um projeto de Iniciação Científica Júnior, para o qual estudantes do ensino fundamental II são convidados a participar de acordo com o seu desempenho escolar, principalmente na área de ciências. As aulas do projeto ocorrem semanalmente no laboratório de ciências. O principal objetivo do projeto é proporcionar aos estudantes a vivência de práticas científicas que envolvem a construção do conhecimento na ciência, para que eles possam aplicar de maneira prática seus conhecimentos prévios e os que são construídos em suas aulas regulares.

Os estudantes, de faixa etária entre 11 e 12 anos, cursavam o 6º e o 7º ano do ensino fundamental. Os pais e os estudantes foram esclarecidos sobre a pesquisa e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para a autorização do estudo (Apêndices A e B). Suas imagens e nomes foram preservados.

Alguns estudantes do 7º ano já participavam do projeto desde o 6º ano, outros, iniciavam no ano da presente pesquisa. Todos os estudantes do 6º ano eram iniciantes no projeto. Ao longo das aulas anteriores do projeto os estudantes realizavam experimentos e pesquisas de diversos temas de ciências, envolvendo conhecimentos das áreas da física, da química e da biologia, porém ainda não haviam presenciado propostas em diferentes graus de abertura.

O ensino da argumentação não estava presente de maneira explícita nas aulas do projeto de iniciação científica ou nas aulas regulares de ciências. Os estudantes entram em contato de maneira mais explícita com a argumentação apenas nas séries finais do ensino fundamental II (8º e 9º anos), principalmente nas aulas de língua portuguesa.

Os estudantes foram divididos em pequenos grupos de trabalho. A aplicação de a metodologia descrita a seguir foi realizada em dois momentos, com dois grupos de estudantes distintos: primeiramente, com um grupo cujas atividades investigativas foram propostas na ordem do menor grau de abertura para o de maior grau de abertura (grau 1 de abertura ao grau 3); posteriormente, com um grupo de estudantes cujas atividades investigativas foram propostas do grau de maior abertura ao grau de menor de abertura (grau 3 de abertura ao grau 1). As aplicações foram chamadas de sequencial (seguindo a ordem progressiva dos graus de abertura) e invertida (sem levar em consideração a ordem progressiva dos graus de abertura).

Participaram 10 estudantes em cada aplicação com atividades investigativas propostas semanalmente; em um semestre, foi realizada a aplicação sequencial, e no outro, a aplicação invertida. As características dos dois grupos de estudantes que participaram das duas formas de aplicação eram as mesmas, como já descritas anteriormente.

Os dados foram coletados por meio dos registros escritos nos diários de bordo dos estudantes. O diário de bordo é um instrumento de registro importante entre os estudantes do projeto de Iniciação Científica Júnior. Nele, os estudantes registram as atividades propostas ao longo das aulas, as análises de experimentos realizados, coletas de dados e reflexões sobre as evidências encontradas.

Para a presente pesquisa, o diário de bordo serviu apenas como instrumento para coleta dos registros escritos das respostas às questões propostas nas atividades investigativas. As atividades eram propostas pela professora e os estudantes trabalhavam com protagonismo nos pequenos grupos. As orientações eram dadas quando solicitadas pelos grupos de alunos e as respostas das atividades eram socializadas e discutidas de maneira coletiva ao final das aulas ou na aula seguinte quando não havia mais tempo.

Ao longo dos graus de abertura propostos durante o projeto, ao realizarem pesquisas com maior protagonismo, no grau de abertura 4, o diário de bordo se torna um instrumento essencial em todas as etapas da pesquisa realizada pelos estudantes. Quando os estudantes das séries superiores, como 8º e 9º ano do ensino fundamental, participam de feiras de ciências externas aos eventos do colégio, o diário de bordo se torna um dos registros analisados pelos avaliadores selecionados por esses eventos. Portanto, é um documento de registro muito valorizado entre os projetos de Iniciação Científica Júnior e pode ser utilizado como objeto de estudo de pesquisas em ensino de ciências.

Devemos salientar que o grau 4 de abertura não foi utilizado para as análises da presente pesquisa. Isso devido ao fato de que os planos e relatórios de pesquisa se tratavam de outras formas de registro que poderiam proporcionar dificuldades em contrastar os resultados para os diferentes graus de abertura das atividades utilizadas.

Também é relevante esclarecer que o foco da presente investigação foi na ação dos estudantes e em seus registros escritos; não foram analisadas as ações e orientações docentes ao longo das atividades, já que a presente pesquisadora é que atuava como professora ao longo das atividades propostas.

3.3 – Análise dos dados: ferramentas qualitativas

3.3.1 – Como identificar os componentes de um argumento?

No processo de educação para o pensar, o fomento da capacidade argumentativa assume importante papel (VELASCO, 2010). Toulmin apresentou os elementos básicos que formam um argumento e as relações existentes entre eles. O autor parte do pressuposto de que uma asserção feita defende uma alegação. Os fatos que dão apoio a esta alegação são os dados (D) e servem de fundamento com os quais se constrói suporte à conclusão (C) que se busca defender (TOULMIN, 2006; SASSERON; CARVALHO, 2011).

Também existem outros elementos que atuam como informações adicionais para relacionar D e C. Estas informações adicionais são, para Toulmin, as garantias (W), e permitem entender de que modo o argumento passou dos dados à conclusão (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Segundo Toulmin (2006), as garantias são regras ou princípios, mas não podem ser informações novas. São, portanto, afirmações gerais, hipotéticas; e são as garantias que nos permitem fazer o caminho dos dados às conclusões (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Toulmin ainda se preocupa com casos em que dado, garantia e conclusão não são suficientes para tornar o argumento aceito. Nesses casos, um qualificador modal (Q) surge e oferece “força” à conclusão; esse é representado por um advérbio que dá aval à conclusão obtida (TOULMIN, 2006). Alguns exemplos são: necessariamente, certamente, presumivelmente, talvez, com toda a probabilidade, muito provável e pelo visto (TOULMIN; RIEKE; JANIK, 1984).

Contrariamente ao que é defendido na conclusão, a refutação (R) explicita suas condições de exceção, além de fazer com que a garantia perca força, contestando as suposições por ela criadas (SASSERON; CARVALHO, 2011). O último elemento do TAP aqui exposto é o apoio ou conhecimento básico (B), que dá suporte à garantia do argumento e pode, de fato, expressar-se na forma de afirmações categóricas (TOULMIN, 2006). As figuras 1 e 2 apresentam o modelo de argumento proposto por Toulmin, com todos esses componentes:

Figura 1 – Representação esquemática do padrão de Toulmin para a construção do argumento

Fonte: Toulmin (2006).

Figura 2 – Exemplo de argumento segundo o padrão argumentativo de Toulmin

Fonte: adaptado e traduzido de Toulmin, Rieke e Janik (1984).

Muitos pesquisadores da área de ensino de ciências utilizaram os componentes do argumento proposto por Toulmin ou suas modificações (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004, SÁ; QUEIROZ, 2007; TEIXEIRA et al., 2010; EVAGOROU; JIMENEZ-ALEIXANDRE; OSBORNE, 2012; SOUZA; ARROIO, 2013; SCARPA; SILVA; TRIVELATO, 2013). A definição teórica de argumento proposta por Toulmin (2006) pode dar origem a diferentes abordagens metodológicas, que podem contribuir para o conhecimento no campo da educação científica (ERDURAN, 2008).

Segundo Sasseron e Carvalho (2013), o educador, ao avaliar a construção de argumentos pelos estudantes, deverá avaliar não somente a resolução final do problema em questão, mas também: os critérios utilizados para a elaboração das hipóteses e possíveis resoluções; o descarte de outras resoluções possíveis; e a relação entre o conhecimento empírico e o conhecimento científico adquirido ao longo do processo.

As autoras ainda defendem que o uso isolado do padrão de argumento de Toulmin não é suficiente para analisar a construção da argumentação em sala de aula, pois ele analisa apenas a estrutura final do argumento construído. Seriam necessárias outras ferramentas para uma análise completa de todo o processo e da qualidade do produto final. Partindo desse contexto, a presente pesquisa utilizará o TAP para caracterizar os componentes dos argumentos produzidos pelos estudantes, mas outras ferramentas de análise serão utilizadas buscando caracterizar também a qualidade dos argumentos produzidos e do conhecimento científico utilizado pelos estudantes.

Para o presente estudo foram identificados os principais elementos do TAP: dado, conclusão, justificativa e refutação. O uso do termo justificativa engloba as funções dos

elementos garantia e conhecimento básico propostos por Toulmin. Esse termo é utilizado por pesquisadores da área de ensino de ciências que reconhecem a complexidade de se diferenciarem estes elementos do TAP (ZOHAR; NEMET, 2002; ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004; JIMENEZ-ALEIXANDRE, 2014). Também devemos levar em consideração que a refutação é um dos componentes mais complexos de se incluir no argumento (KUHN, 1993) e se não estiver claramente solicitada nas atividades propostas, dificilmente serão incluídas pelos estudantes (DAWSON; VENVILLE, 2009; BERLAND; MCNEILL, 2010), principalmente os de ensino fundamental, como é o caso da presente pesquisa.

3.3.2 – Como analisar a qualidade da estrutura dos argumentos produzidos pelos estudantes?

Uma das principais questões presentes na análise de argumentos é o que define ser um argumento melhor que outro. Para responder a essa questão Osborne, Erduran e Simon (2004) construíram, baseados no padrão argumentativo de Toulmin, um quadro de análise para os níveis de qualidade dos argumentos (tabela 2).

Segundo essa ferramenta de análise, o primeiro nível de qualidade do argumento ou os argumentos mais simples, expressam apenas uma afirmativa seguida de uma oposição, ou ainda, uma afirmativa comparada à outra afirmativa. Os argumentos mais complexos e completos são compostos por uma conclusão seguida de mais de um dos elementos propostos pelo TAP, como dado ou justificativa, incluindo refutações ou contra-argumentos, como podemos observar na tabela 2 (OSBORNE; ERDURAN; SIMON, 2004). Embora outros pesquisadores, como Zohar e Nemet (2002), não consideram simples afirmações como objetos de estudo para a argumentação, Osborne, Erduran e Simon (2004) afirmam tratar-se de um primeiro passo para iniciar o processo de estabelecimento das diferenças entre os componentes de um argumento. Sua justificativa se pauta no fato de os professores serem qualificados para identificar e indicar aos seus alunos a falta de embasamentos na produção de seus argumentos, fazendo-os avançar nessa produção. Refletir sobre a complexidade das habilidades argumentativas, a partir da análise crítica de argumentos mais simples, torna-se uma estratégia para estimular a construção de argumentos de melhor qualidade nos mais variados níveis de ensino.

Apesar do reconhecimento de todos os componentes do TAP contruibuírem para o desenvolvimento de um argumento, ainda assim, adotamos o nível 1 de qualidade do

argumento como é proposto por estes pesquisadores. Essa escolha se deve, principalmente, por se tratar de um nível de ensino em que os alunos não têm consciência sobre os tipos de informações por eles usadas para embasar as suas conclusões, quer sejam conclusões já estabelecidas, dados empíricos ou justificativas (OSBORNE; ERDURAN; SIMON, 2004).

Tabela 2 – Qualidade do argumento segundo a sua composição

Nível 1	O argumento é composto simplesmente pela conclusão <i>versus</i> uma oposição, ou conclusão <i>versus</i> outra conclusão.
Nível 2	O argumento é composto de conclusão seguida por dado e/ou justificativa, e não apresenta uma refutação.
Nível 3	O argumento é composto por conclusão seguida de dado e/ou justificativa; ocasionalmente, apresenta uma fraca refutação.
Nível 4	O argumento apresenta a conclusão seguida de dado e justificativa, além de uma refutação claramente identificável.
Nível 5	O argumento apresenta a conclusão seguida de dado e justificativa, além de propor mais de uma refutação; apresenta uma discussão mais extensa.

Fonte: adaptado e traduzido de Osborne, Erduran e Simon (2004).

Outros autores adaptaram essa ferramenta, ora considerando uma conclusão sem justificativa como de nível 0, enquanto o nível 1 são argumentos que usam justificativas para embasar as suas conclusões (SADLER; FOWLER, 2006). Já Dawson e Venville (2009) e Katchevich e colaboradores (2013, 2014) consideraram os argumentos compostos apenas por conclusões como de nível 1.

A habilidade de utilizar refutações se constitui no nível mais complexo de argumentação (KUHN, 1993), em que um indivíduo deve incluir exceções à conclusão ou condições que podem torná-la não verdadeira (GOTT; DUGGAN, 2007). Para Osborne, Erduran e Simon (2004), as refutações servem de parâmetro para reconhecer os argumentos de melhor qualidade, ou seja, estão presentes nos níveis mais elevados das habilidades argumentativas.

Levando-se em consideração a complexidade da inclusão de refutação em argumentos escritos, também foi realizada a análise detalhada dos componentes do TAP presentes nos argumentos construídos pelos estudantes. Principalmente, pelo fato de o nível 2 de qualidade

proposto pelos autores possibilitar a combinação de dois ou mais componentes do modelo de Toulmin, apesar da ausência de uma refutação.

3.3.3 – Como analisar o conteúdo científico usado pelos estudantes na produção dos argumentos?

Como já citado anteriormente, o ensino por investigação pode ajudar o estudante a desenvolver habilidades científicas importantes e promover o contato com alguns aspectos epistemológicos da natureza da ciência. Além disso, segundo Minner, Levy e Century (2010) e Bunterm et al., (2014), o ensino por investigação influencia na qualidade do conteúdo científico construído pelo aluno. Portanto, um questionamento relevante é: como analisar o conteúdo científico utilizado nos argumentos construídos pelos estudantes em atividades investigativas?

Para buscar respostas à essa questão nos embasamos na pesquisa de Zohar e Nemet (2002), que analisaram argumentos construídos por estudantes em atividades que envolviam dilemas sociocientíficos na área de genética e encontraram padrões no uso do conhecimento de biologia, criando categorias de análise. Essas categorias foram traduzidas e adaptadas na presente pesquisa para a verificação do conhecimento científico utilizado pelos estudantes nas atividades investigativas propostas (tabela 3). Com o objetivo de facilitar as análises nos mapas de episódios argumentativos e no tratamento dos dados, foram atribuídas letras para cada nível de qualidade do conhecimento científico, como observado na tabela 3.

Tabela 3 – Ferramenta de análise da qualidade do conteúdo científico

Nível	Caracterização
A	A resposta do estudante não inclui nenhuma consideração ao conhecimento científico.
B	A resposta do estudante inclui conhecimentos científicos considerados como incorretos.
C	A resposta do estudante inclui conhecimentos científicos que não são específicos para a pergunta realizada.
D	A resposta do estudante inclui conhecimentos científicos considerados como corretos.

Fonte: adaptado e traduzido de Zohar e Nemet (2002).

Nas pesquisas em ensino de ciências e argumentação, são encontradas poucas ferramentas que analisam o conteúdo científico dos argumentos (CLARK; SAMPSON, 2008; RÖNNEBECK; BERNHOLT; ROPOHL, 2016).

3.4 – Análise dos dados: ferramentas quantitativas

Segundo Moreira e Rosa (2008), os procedimentos estatísticos podem se tornar indispensáveis à pesquisa em ensino, auxiliando os pesquisadores na construção de inferências, na busca por relações de causa e efeito e na transposição de dados em evidências que respondem à sua pergunta de pesquisa. Neste presente estudo, foram aplicados testes estatísticos utilizando o *website* www.socscistatistics.com, que possibilita a aplicação de análises estatísticas em pesquisas das ciências sociais.

Foram utilizados testes de hipóteses, como o *test-t Student*, sugerido pelo próprio programa. Esse tipo de teste pode ser utilizado para comparar médias de amostras pequenas e os escores que são de populações distribuídas segundo a distribuição normal (MOREIRA; ROSA, 2008).

Com esse teste foi possível verificar o nível de significância (normalmente 0,05 ou 0,01) para a refutação da hipótese nula (valor de p), em nosso caso, de que não haveria diferenças significativas entre a quantidade e a qualidade dos argumentos construídos nas duas formas de aplicação.

3.5 – Coleta e organização dos dados

Ao final do semestre e da aplicação de todas as atividades, os diários de bordo dos estudantes foram recolhidos para a posterior transcrição literal dos registros escritos de todas as atividades. Esses registros foram posteriormente organizados em mapas de episódios argumentativos, em arquivos do *Microsoft Word*.

Antes da organização dos mapas com os registros escritos dos alunos, um mapa geral para a caracterização de cada uma das atividades foi construído, contemplando os seguintes aspectos: quais perguntas solicitavam a construção de argumentos; quais argumentos poderiam ser construídos; quais eram os possíveis componentes desses argumentos segundo o padrão argumentativo de Toulmin (TAP) (TOULMIN, 2006); até que nível de qualidade da composição do argumento essas perguntas permitiam ao estudante desenvolver (OSBORNE;

ERDURAN; SIMON, 2004) e quais conteúdos científicos seriam articulados pelos estudantes na construção dos argumentos (Apêndices C, D e E). A figura 3 representa um trecho do mapa de caracterização da atividade, construído para a atividade de grau 2 de abertura.

Para os mapas de episódios argumentativos foram organizadas as respostas individuais dos alunos para todas as perguntas das atividades, e quando as respostas eram caracterizadas como argumentos, analisaram-se: os componentes segundo o padrão argumentativo de Toulmin (TOULMIN, 2006); o nível de qualidade da composição do argumento (OSBORNE; ERDURAN; SIMON, 2004) e a qualidade do conteúdo científico articulado durante as respostas, segundo o estudo de Zohar e Nemet (2002).

Para identificar os elementos do argumento segundo o TAP nas respostas dos estudantes, foi utilizada uma legenda com cores diferentes para cada elemento: **Conclusão/Dado/Justificativa/Refutação**. Quando a resposta não foi caracterizada como argumento, a cor vermelha foi utilizada como legenda; quando o estudante não apresentava o registro de determinada questão, a cor cinza foi utilizada. A figura 4 representa um trecho do mapa de episódios argumentativos construído para a atividade de grau 2 de abertura, na aplicação invertida.

Análise da atividade 2 e possibilidades de argumentos						
Pergunta	Dados	Justificativas	Conclusões	Refutação	Argumento	Nível
1) O que foi possível observar após o tempo de exposição à luz?	Início da liberação de bolhas no tubo de ensaio.				NÃO. Questão para organização dos dados obtidos.	
2) O volume no tubo de ensaio permaneceu o mesmo, antes e após o experimento? Explique.	O volume da água no tubo de ensaio diminuiu ao longo do experimento.	Ao realizar a fotossíntese as plantas utilizam gás carbônico e água. Os produtos desse processo são glicose, água e oxigênio. Para que o processo ocorra os vegetais dependem de luz e da clorofila para captá-la. Ao mesmo tempo as plantas respiram, consumindo oxigênio e liberando gás carbônico.	As plantas utilizam a água presente no ambiente para realizar a fotossíntese, também consomem gás carbônico e liberam oxigênio ao longo do processo.		O volume de água no tubo de ensaio diminuiu ao longo do experimento, pois a planta está liberando gases que também ocupam o espaço do tubo. Ao realizar a fotossíntese as plantas utilizam gás carbônico e água. Os produtos desse processo são glicose, água e oxigênio. Para que o processo ocorra os vegetais dependem de luz e da clorofila para captá-la. Ao mesmo tempo as plantas respiram, consumindo oxigênio e liberando gás carbônico.	Até o nível 3. Uma refutação não é claramente solicitada.

Possibilidades de construção de argumentos de acordo com as questões propostas (mapa de caracterização completo no Apêndice D).

Fonte: autoria própria.

Figura 4 – Trecho do mapa de episódios argumentativos da atividade de grau 2 de abertura

Pergunta	Respostas	Dados	Justificativas	Conclusões	Refutação	Argumento	Nível	Conhecimento científico
Hipóteses	A1: Hipótese: a Elodea vai fazer a fotossíntese, pois ela vai absorver o gás carbônico da água com bicarbonato e vai liberar gás oxigênio, o qual vai ocupar o lugar da água no tubo de ensaio, assim, a água diminuirá.	X	X	X		Dado, conclusão e justificativa	2	D
	N: Hipóteses: A Elodea vai fazer a fotossíntese, pois ela vai absorver o gás carbônico da água com bicarbonato e vai liberar gás oxigênio, o qual vai ocupar o lugar da água no tubo de ensaio, assim, a água diminuirá.	X	X	X		Dado, conclusão e justificativa	2	D
	S: Hipótese: A Elodea vai fazer fotossíntese, pois ela vai absorver o gás carbônico da água com bicarbonato e liberar gás oxigênio, o qual vai ocupar espaço da água no tubo de ensaio, ou seja, a água vai diminuir.	X	X	X		Dado, conclusão e justificativa	2	D
1) O que foi possível observar após o tempo de exposição à luz?	A1: Observação: a água do tubo de ensaio está diminuindo, conforme nossa hipótese.					Não	-	-
	1) Sem registros.					Não	-	-
	N: Observações: a água do tubo de ensaio está diminuindo, conforme a nossa hipótese. 1) A planta absorveu o gás carbônico do bicarbonato e liberou gás oxigênio, ou seja, fez fotossíntese.	X		X		Dado e conclusão	2	D
	S: Observações: as bolhas							

Exemplos de argumentos da atividade de grau 2 de abertura na aplicação invertida.

Fonte: autoria própria.

3.6 – A escolha das atividades investigativas

O ensino por investigação proporciona ao estudante a construção do conhecimento de forma ativa, por ser baseado na resolução de problemas, na integração e organização de informações, desenvolvendo um pensamento ativo (MINNER; LEVY; CENTURY, 2010). Outra característica fundamental do ensino baseado em investigação é a aprendizagem cooperativa, incluindo pequenos grupos para discussões o que aumenta a interação entre os estudantes durante o processo de investigação - momento em que eles esclarecem as suas próprias ideias e as comunicam aos demais integrantes (CHANG; MAO, 1998). É possível identificar, assim, aspectos de uma abordagem construtivista no ensino de ciências por investigação (MINNER; LEVY; CENTURY, 2010), proposição de um aprendizado baseado em resolução de problemas (PIAGET, 1976) e a presença de uma perspectiva sociocultural de ensino (VIGOTSKY, 1984).

Os aspectos explicitados acima serviram como embasamento para a elaboração ou a escolha das atividades (quando retiradas da literatura) que foram propostas (Anexos), além de se levar em consideração os fundamentos do ensino por investigação e seus graus de abertura (BANCHI; BELL, 2008) e a possibilidade da construção de argumentos baseados em evidências.

A atividade de grau 1 de abertura - retirada de Trivelato e Silva (2011), retirada e adaptada, por sua vez, de Jiménez-Aleixandre et al. (2009) - abordava a possível influência das fases da lua no desenvolvimento vegetal, a partir de dados coletados por um grupo fictício de estudantes. Para a construção do mapa geral de análise da atividade, a referência original também foi consultada, em busca das possibilidades de argumentos que poderiam ser construídos baseados nas evidências fornecidas pela atividade (Anexo A). Essa atividade foi classificada como de grau 1 de abertura, pois fornecia aos estudantes o problema, os procedimentos, os dados coletados e as conclusões de uma investigação já realizada (BELL; SMETANA; BINNS, 2005; BANCHI; BELL, 2008).

A atividade de grau 2 de abertura foi desenvolvida com o objetivo dos estudantes coletarem dados a partir de um problema proposto e um experimento sobre evidências da fotossíntese realizada pela planta aquática *Elodea* sp. (Anexo B). Antes de realizar as atividades práticas os estudantes levantaram hipóteses sobre o que acreditavam que aconteceria ao longo dessa investigação, e podemos observar exemplos das hipóteses levantadas pelos alunos na figura 2. Essa proposta foi assim classificada, pois disponibilizava aos estudantes o problema e os procedimentos. Os estudantes deveriam executar o

experimento e coletar os dados, gerando as suas próprias conclusões (BELL; SMETANA; BINNS, 2005; BANCHI; BELL, 2008).

Por fim, a atividade de maior grau de abertura utilizada nesse estudo fornecia apenas o problema, aos estudantes caberia buscar as soluções e as respostas para as questões da atividade; por isso, caracterizada como grau 3 de abertura (BELL; SMETANA; BINNS, 2005; BANCHI; BELL, 2008). Nessa atividade um problema vivenciado ao longo das aulas foi utilizado como motivador: o fato de os peixes do aquário do laboratório terem morrido após um curto tempo de vida. Os estudantes poderiam coletar os dados no próprio laboratório, realizar possíveis análises da água do aquário, levantar hipóteses e pesquisar na internet ou em livros da biblioteca (Anexo C).

3.7 – Caracterização das atividades

Durante a construção de nossa metodologia de trabalho, o termo “nível de abertura” (HERRON, 1971; BELL; SMETANA; BINNS, 2005; BANCHI; BELL, 2008; BUNTERM et al., 2014) foi substituído por “grau de abertura”. Essa adaptação foi realizada por a palavra “nível” ter sido empregada para caracterizar a variação da qualidade dos argumentos produzidos pelos estudantes, evitando, assim, conflito linguístico. A caracterização “grau de abertura” foi adaptada de Pella (1969) e Carvalho (2012) que utilizaram os termos “grau de liberdade” com o mesmo objetivo: classificar atividades investigativas de acordo com as informações que são fornecidas aos estudantes.

Ao analisar as atividades investigativas propostas, foi possível identificar que nem todas as questões a que os estudantes deveriam responder solicitavam justificativas, explicações ou a construção de conclusões, e isso dificultaria a presença de um argumento em suas respostas; portanto, para essas questões já não era esperada a construção de argumentos. Esses dados estão resumidos na tabela abaixo. A atividade que mais possibilitava a construção de argumentos era a de grau 1 de abertura, na qual 75% das questões solicitavam justificativas, explicações ou a construção de conclusões.

Tabela 4 – Caracterização das atividades investigativas

Grau de abertura	Total de questões	Questões que possibilitavam argumento	Porcentagem	Até que nível de qualidade
Grau 1	4	3	75%	Nível 4
Grau 2	6	4	66,60%	Nível 3
Grau 3	4	2	50%	Nível 3

Apenas a atividade de grau 1 de abertura incluía duas questões que solicitavam a construção de uma refutação, por isso possibilitava o nível 4 de qualidade do argumento, em que uma refutação é claramente identificada (caracterizações apresentadas na tabela 2). As questões das demais atividades não solicitavam uma refutação. Então, os estudantes poderiam ou não incluir ao menos uma fraca refutação (nível 3 de qualidade).

Também, a partir da organização dos mapas de caracterização das atividades propostas (Apêndices C e D), foi possível construir exemplos de argumentos esperados para as atividades de graus 1 e 2 de abertura, além de identificar seus componentes segundo o TAP e o nível máximo de qualidade do argumento que os estudantes poderiam atingir de acordo com os comandos das perguntas. Para a atividade de grau 3 de abertura apenas foi analisado o nível de qualidade do argumento que as questões possibilitavam, pois se tratavam de questões abertas, em que os estudantes poderiam percorrer diversos caminhos para respondê-las e construir seus argumentos (Apêndice E).

Os principais argumentos esperados nas atividades de graus 1 e 2 de abertura estão descritos a seguir:

- Exemplo de argumento geral esperado na atividade 1:

Os dados obtidos não são suficientes para afirmar a influência da lua no desenvolvimento vegetal (conclusão), pois nas fases de lua crescente e de lua cheia não foram todas as plantas que germinaram (dados). Apesar de o crescimento ter sido maior nas fases de lua cheia e lua nova (refutação), a germinação também faz parte do desenvolvimento vegetal (justificativa). As amostras vegetais estavam sob as mesmas condições de água e substrato (dado), mas outras variáveis, como luz e temperatura podem também ter influenciado no processo e precisam ser controladas ao longo do experimento

(refutação). Muitos fatores abióticos podem influenciar no crescimento vegetal (justificativa) e é necessário um novo desenho experimental para que se possa isolar apenas a possível influência do ciclo lunar (conclusão).

O exemplo acima integra e resume as respostas das perguntas propostas ao longo da atividade em um único argumento. É possível identificar os componentes essenciais do que é proposto pelo TAP: dado, conclusão, justificativa e refutação. De acordo com as questões propostas nesta atividade, o nível máximo de qualidade da composição do argumento que os estudantes poderiam atingir seria o nível 4, segundo a classificação de Osborne, Erduran e Simon (2004), descrita na tabela 2. Em relação ao conteúdo científico, os estudantes poderiam utilizar um conjunto de dados apresentado e relacioná-los aos conceitos de fotossíntese já construídos desde o ensino fundamental I, afinal, eram estudantes que estavam cursando o 6º e 7º anos.

- Exemplo 1 de argumento geral esperado na atividade 2:

O volume de água no tubo de ensaio diminuiu ao longo do experimento (dado) e ocorreu liberação de bolhas dentro do tubo (dado), então a planta estava respirando e realizando fotossíntese (conclusão). As plantas modificam o ambiente em que se encontram (conclusão) devido às trocas gasosas que ocorrem e a liberação de vapor de água no ambiente (justificativa). Os gases utilizados e liberados estão presentes na atmosfera. A água é liberada ao final do processo em forma de vapor, deixando o ambiente mais fresco e úmido (justificativa).

- Exemplo 2 de argumento geral esperado na atividade 2:

O azul de bromotimol funciona como um indicador da composição química do meio (conclusão) e ao longo do experimento o frasco 1 ficou verde (dado), pois permaneceu neutro (conclusão), o frasco 2 ficou azul (dado), indicando um meio básico (conclusão) e o frasco 3 ficou amarelo (dado), indicando um meio ácido (conclusão). O frasco 1 serve como grupo controle para comparações com os demais. O frasco 2 ficou azul (dado) pois a planta realizou fotossíntese (conclusão). Ela retira o gás carbônico (ácido) do meio para realizar a fotossíntese tornando o meio básico (justificativa). No frasco 3 a cor amarela indica um

meio ácido (dado), pois ao assoprar ocorre a liberação de gás carbônico (conclusão) e formação de ácido carbônico (justificativa). A cor azul do meio presente no frasco 2 (dado) pode ser uma evidência de que a planta realizou fotossíntese (conclusão), pois a concentração de gás carbônico foi reduzida (conclusão) e este foi utilizado pela planta ao longo do processo (justificativa), deixando o meio básico e alterando a cor do indicador de pH (conclusão).

Os exemplos acima correspondem aos dois argumentos gerais da atividade de grau 2 de abertura. Nenhuma das questões solicitava uma refutação de forma clara, portanto, o máximo que os estudantes poderiam atingir na qualidade da composição de seus argumentos seria o nível 3, segundo Osborne, Erduran e Simon (2004) e a tabela 2. Nessa atividade os estudantes realizaram o levantamento dos dados por meio de dois experimentos, ou seja, eles não conheciam os resultados, como ocorreu na atividade de grau 1 de abertura. O conteúdo científico deveria ser articulado de modo a responder às questões de interpretação dos resultados dos experimentos e relacioná-los a conceitos básicos sobre fotossíntese, ecologia e princípios básicos de química. Deve ser enfatizado aqui, mais uma vez, o contexto em que as atividades foram realizadas: estudantes que já participavam de um projeto de iniciação científica semanalmente e, portanto, alguns termos e conceitos importantes para a resolução das atividades já lhes eram familiares, além da articulação entre os conhecimentos prévios e dos construídos nas aulas de ciências do ensino regular.

Como é possível verificar na figura 2 as respostas de cada aluno foram analisadas individualmente, apesar de as atividades terem sido propostas em grupos. São nas interações sociais que avançamos na construção do conhecimento, principalmente na relação com outro par mais avançado intelectualmente (VIGOTSKY, 1984). O ensino de ciências baseado nessa perspectiva social possibilita aos estudantes momentos para falar e defender as suas ideias, afinal, “aprendemos a falar aprendendo a estruturar os enunciados” (BAKHTIN, 1979, p.302). Ou seja, a proposta do trabalho em pequenos grupos é muito importante. Porém, a aprendizagem da ciência é reelaborada individualmente, englobando a vivência de cada estudante ao longo desse processo (TRIVELATO; SILVA, 2011). Por isso, a escolha de análise individual das construções dos alunos.

4 – RESULTADOS

No capítulo anterior foram apresentados os métodos de coleta e análise de dados utilizados para alcançar o objetivo de buscar as possíveis relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o desenvolvimento de argumentos por estudantes que participavam de um projeto de Iniciação Científica Júnior.

Todas as respostas dos estudantes foram transcritas de maneira literal e organizadas nos mapas de episódios argumentativos. Para as respostas caracterizadas como argumentos foram identificados seus componentes, de acordo com o padrão argumentativo de Toulmin, além do nível de qualidade segundo a sua estrutura (tabela 2) e segundo os conhecimentos científicos utilizados (tabela 3).

Também é importante lembrar que as atividades foram aplicadas em dois momentos: uma aplicação chamada de sequencial (graus 1 ao 3 de abertura), outra chamada de invertida (graus 3 ao 1 de abertura).

O presente capítulo foi dividido em três seções principais que buscam responder de maneira integrada as nossas quatro perguntas de pesquisa:

1. Há produção de argumentos escritos por estudantes em atividades investigativas de diferentes graus de abertura?
2. Qual é a qualidade da estrutura dos argumentos escritos produzidos por estudantes em atividades investigativas de diferentes graus de abertura?
3. Qual é a qualidade do conteúdo científico dos argumentos escritos produzidos por estudantes em atividades investigativas de diferentes graus de abertura?
4. Há interferência da ordem de aplicação de atividades investigativas de diferentes graus de abertura na produção e na qualidade de argumentos escritos produzidos pelos estudantes?

Ao longo da exposição dos resultados, alguns exemplos de argumentos desenvolvidos pelos estudantes nas duas formas de aplicação são utilizados para demonstrar como as análises foram realizadas.

4.1 – Quais foram as relações encontradas entre os graus de abertura, a ordem de aplicação das atividades e o desenvolvimento de argumentos?

Ao analisar a relação entre o total de respostas dos estudantes nas atividades investigativas e o total de argumentos desenvolvidos, foi possível verificar que na aplicação sequencial, de 131 respostas transcritas, 71 delas foram caracterizadas como argumentos, representando 54,2% do total de respostas.

Ainda na aplicação sequencial, ao analisarmos cada uma das atividades, no grau 1 de abertura, 70% das respostas foram caracterizadas como argumentos (27 respostas e 19 argumentos); no grau 2, 57% (68 respostas e 39 argumentos); e no grau 3, 36,11% (36 respostas e 13 argumentos). Esses dados podem ser observados de maneira mais clara na figura 5.

Em relação ao total de respostas, o grau 1 de abertura - caracterizado pela atividade que fornecia o problema, os procedimentos, os resultados e as conclusões - permitiu o desenvolvimento de uma maior quantidade de argumentos (70% do total de respostas). Porém, em relação ao total de argumentos desenvolvidos nas três atividades, a que proporcionou a construção de mais argumentos foi a de grau 2 de abertura (39 argumentos), na qual os estudantes receberam apenas o problema e os procedimentos; a coleta e a análise dos dados foram realizadas por eles.

Já na aplicação invertida, foram transcritas 124 respostas e 68 dessas foram caracterizadas como argumentos, representando 54,83% do total. Em relação aos dados obtidos em cada grau de abertura, no grau 1, 70% das respostas foram identificadas como argumentos (30 respostas e 21 argumentos); no grau 2, 56,25% (64 respostas e 36 argumentos); e, por fim, no grau 3, 36,6% (30 respostas e 11 argumentos).

Assim como na aplicação sequencial, na invertida, a maior quantidade de argumentos em relação ao total de respostas foi observada na atividade de grau 1 de abertura (70% do total). Além de a maior quantidade de argumentos desenvolvidos ter ocorrido no grau 2 de abertura (36 argumentos), também semelhante aos dados obtidos na aplicação sequencial. Esses dados estão evidenciados no gráfico que se segue (figura 6).

Tanto na aplicação sequencial, quanto na invertida, no grau de abertura 3, observamos a menor quantidade de argumentos desenvolvidos (13 argumentos na aplicação sequencial e 11 argumentos na aplicação invertida). Todos os dados descritos estão evidenciados com mais clareza nas figuras 5 e 6.

Ao compararmos a aplicação sequencial e a aplicação invertida, em relação à quantidade de argumentos construídos, não ocorreu uma diferença significativa, tanto na análise do total de argumentos ($p = 0.489$), quanto em cada um dos graus de abertura ($p = 0.477$). Esses dados estão organizados na tabela 5.

Figura 5 – Relação entre as respostas e os argumentos na aplicação sequencial

O gráfico permite estabelecer a relação entre o total de respostas transcritas e as que foram caracterizadas como argumentos. Fonte: autoria própria.

Figura 6 – Relação entre as respostas e os argumentos na aplicação invertida

O gráfico permite estabelecer a relação entre o total de respostas transcritas e as que foram caracterizadas como argumentos. Fonte: autoria própria.

Tabela 5 – Total de argumentos desenvolvidos nas atividades investigativas

Aplicações/Graus de abertura	Sequencial		Invertida	
	N	%	N	%
Grau 1	19	26,76	21	30,88
Grau 2	39	54,93	36	52,94
Grau 3	13	18,3	11	16,17
Total	71	100	68	100

*Diferenças não significativas entre as formas de aplicação: $p < 0.05$ (teste-*t* Student)*

Os dados obtidos nos indicam que a atividade de grau 2 de abertura permitiu o desenvolvimento de uma maior quantidade de argumentos em relação ao total de argumentos desenvolvidos nas três atividades, tanto na aplicação sequencial, quanto na invertida. Ou seja, independentemente da ordem em que foram propostos os graus de abertura, quando aos estudantes foram fornecidos apenas o problema e os procedimentos, foi construída uma maior quantidade de argumentos.

Outro dado a ser destacado foi o desenvolvimento de argumentos na atividade de grau 1 de abertura nas duas aplicações, evidenciando que atividades investigativas que contemplam a interpretação de dados e evidências, sem necessariamente apresentar experimentos ou práticas, também permitem a argumentação. Na próxima seção vamos verificar a qualidade desses argumentos, tanto do ponto de vista estrutural, quanto dos conceitos científicos utilizados para embasá-los.

4.2 – Há relação entre os graus de abertura, os tipos de aplicação e a qualidade dos argumentos?

4.2.1 – A qualidade da estrutura dos argumentos

No geral, ao longo da análise dos argumentos construídos nas duas aplicações, destacaram-se argumentos caracterizados como de nível 2 de qualidade, ou seja, argumentos compostos por conclusão seguida de dado e/ou justificativa, representando 76,05% do total de argumentos na aplicação sequencial e 75% do total na invertida. Os argumentos de nível 1 de qualidade (conclusão *versus* conclusão ou oposição) representaram 19,72% do total da aplicação sequencial e 25% da invertida. Argumentos de nível 3 de qualidade, ou seja, que

apresentavam ao menos uma fraca refutação, foram identificados apenas na aplicação sequencial, representando 4,22% de todos os argumentos construídos. Podemos observar esses dados na tabela 6.

Em relação a cada um dos graus de abertura, a atividade de grau 1 permitia a produção de argumentos até o nível 4 de qualidade de sua estrutura, ou seja, argumentos que relacionassem a conclusão com dados e/ou justificativas e que apresentassem uma refutação (mesmo que fraca, no caso do nível 3) pois, como citado anteriormente, essa atividade apresentava questões às quais uma refutação era necessária para respondê-las corretamente. Contudo, tanto na aplicação sequencial quanto na invertida, foi identificada uma maior quantidade de argumentos de nível 1 de qualidade nesse grau de abertura, ou seja, argumentos compostos apenas por duas conclusões ou conclusão *versus* oposição (tabela 2) e apenas três argumentos de nível 3 de qualidade na aplicação sequencial.

Para o grau 2 de abertura, foi possível verificar a redução da quantidade de argumentos mais simples (nível 1 de qualidade), além do destaque para os argumentos de nível 2 de qualidade, ou seja, argumentos constituídos de conclusão seguida por dado e/ou justificativa, e ausência de refutação (tabela 2). Este dado foi verificado tanto na aplicação sequencial (38 argumentos de nível 2 e apenas um de nível 1) quanto na invertida (33 argumentos de nível 2 e apenas três de nível 1).

Para o grau 3 de abertura, também verificou-se o destaque de argumentos de nível 2 de qualidade, tanto na aplicação sequencial (13 argumentos de nível 2 no total), quanto na invertida (10 argumentos de nível 2 e um argumento de nível 1). Esses dados evidenciam que na atividade de grau 2 de abertura os estudantes articularam mais componentes do TAP em seus argumentos, quando comparada às outras atividades (graus 1 e 3 de abertura). Esses dados estão representados nas figuras 7 e 8.

Considerando os dados evidenciados na seção anterior deste capítulo, podemos concluir que a atividade de grau 2 de abertura permitiu a construção de uma maior quantidade de argumentos, a articulação de mais componentes do TAP, relacionando a conclusão a dados e/ou justificativas e, por fim, a redução de argumentos mais simples, caracterizados como de nível 1 de qualidade. Essas evidências foram observadas em ambas as aplicações.

Tabela 6 – Análise geral da qualidade estrutural dos argumentos

	Sequencial		Invertida	
Qualidade da estrutura	N (total)	%	N (total)	%
Nível 1	14 (71)	19,72	17 (68)	25
Nível 2	54 (71)	76,05	51 (68)	75
Nível 3	3 (71)	4,22	0 (68)	0

Diferenças não significativas entre as formas de aplicação: $p < 0.05$ (teste-t Student)

Outro destaque foi a redução da quantidade de argumentos mais simples (nível 1 de qualidade) ao longo do aumento dos graus de abertura, tanto na aplicação sequencial quanto na aplicação invertida, como é possível verificar nos gráficos abaixo. Desse modo, independentemente da ordem em que as atividades foram propostas, as de maior grau de abertura proporcionaram o desenvolvimento de argumentos mais completos do ponto de vista estrutural, considerando os componentes do padrão argumentativo de Toulmin (figuras 7 e 8).

Figura 7 – Análise geral da quantidade e qualidade da estrutura dos argumentos na aplicação sequencial

O gráfico permite verificar a redução da quantidade de argumentos de nível 1 ao longo dos graus de abertura e o destaque para os argumentos de nível 2 de qualidade.

Fonte: autoria própria.

Figura 8 – Análise geral da quantidade e qualidade da estrutura dos argumentos na aplicação invertida

O gráfico permite verificar a redução da quantidade de argumentos de nível 1 ao longo dos graus de abertura e o destaque para os argumentos de nível 2 de qualidade.

Fonte: autoria própria.

Vale ainda ressaltar que se analisássemos o gráfico 8 temporalmente, ou seja, na sequência de aplicação (invertida), poderíamos verificar o aumento da quantidade de argumentos de nível 1 ao longo das atividades e não seu declínio. Porém, ao organizarmos da maneira exposta no gráfico, verificamos com mais clareza que a qualidade do argumento relacionou-se com a atividade proposta e seu grau de abertura, independentemente da ordem de aplicação, uma vez que se tratavam das mesmas atividades nas duas formas de aplicação.

A seguir, destacamos alguns exemplos dos argumentos escritos pelos estudantes na atividade de grau 1 de abertura, nas duas formas de aplicação e as caracterizações segundo a qualidade estrutural:

Aplicação sequencial

Pergunta: Vocês acreditam que é possível extrair alguma (s) conclusão (ões) a partir desses dados?

Resposta: *Podemos concluir que algumas plantas testadas não germinaram, pois essas plantas não precisam de tanta luz lunar (**conclusão**), já que a maioria delas não cresceu na lua crescente e na lua cheia (**dado**). E, além disso, tivemos a seguinte hipótese: as plantas testadas não germinaram pela quantidade de água (**necessitam de mais ou de menos água**) (**fraca refutação**).*

O exemplo acima é de um argumento de **nível 3** de qualidade, pois ele apresenta dado, conclusão e uma fraca refutação em sua composição. A refutação foi considerada como fraca, pois na atividade havia sido explicitado que os estudantes que realizaram o experimento utilizaram a mesma quantidade de água em todos os testes, ou seja, outros fatores deveriam ser atribuídos ao longo da refutação.

Aplicação invertida

Pergunta: Vocês acreditam que é possível extrair alguma (s) conclusão (ões) a partir desses dados?

Resposta: *A lua cheia faz as plantas crescerem mais rápido (conclusão), devido à presença de luz na lua cheia do que nas demais (dado) e que outras não se adaptaram na terra (conclusão).*

O exemplo acima é de um argumento de **nível 2** que associou apenas dado e conclusão.

Dentre os componentes do padrão argumentativo de Toulmin, diferentes associações entre os mesmos ocorreram na constituição dos argumentos desenvolvidos pelos estudantes. Uma das principais motivações para esta análise se dá ao fato de no nível 2 de qualidade da estrutura do argumento haver a possibilidade de estarem presentes dois ou mais componentes do TAP. Além de o fato de que a ferramenta analítica utilizada atribuiu a presença de refutação como o principal parâmetro para argumentos de mais qualidade, nos níveis 3, 4 e 5 (OSBORNE; ERDURAN; SIMON, 2004).

As siglas utilizadas foram: C: conclusão; D: dado; Q: qualificador; J: justificativa; R: refutação. A ocorrência das possíveis associações entre os elementos do TAP estão explicitadas na tabela abaixo (tabela 7). Não houve diferenças significativas entre os dados obtidos nas duas formas de aplicação ($p = 0.363$).

Tabela 7 – Associações entre os elementos do TAP presentes nos argumentos analisados

	C + C	C+C+ Q	C+D+ Q	C + D	C+J	C+D+J	C+D+R	C+D+J+R
Aplicação sequencial	13	1	2	29	4	19	3	0
Aplicação invertida	17	0	0	38	0	13	0	0
Total	30	1	2	67	4	32	3	0

Diferenças não significativas entre as formas de aplicação: $p < 0.05$ (teste-t Student)

Podemos verificar que a associação entre dado e conclusão destacou-se nas duas formas de aplicação, indicando a estrutura de argumento mais utilizada pelos estudantes. Segue-se a associação entre conclusão, dado e justificativa à qual os estudantes aplicaram os conceitos científicos para embasar as suas conclusões. Porém, logo após essas associações, apareceram os argumentos mais simples, constituídos apenas de conclusões ou conclusão e oposição.

A inclusão de um qualificador ocorreu apenas em três argumentos, durante a aplicação sequencial: um na atividade de grau 1, e os outros dois, na de grau 2 de abertura. O qualificador “possivelmente” foi utilizado nesses argumentos, pelo (a) mesmo (a) estudante. A seguir, podemos observar um exemplo de argumento da atividade de grau 2 de abertura, na aplicação sequencial, em que ocorreu a inclusão de um qualificador:

Aplicação sequencial

Pergunta: O volume no tubo de ensaio permaneceu o mesmo, antes e após o experimento? Explique.

Resposta: *Depois de ficar exposta ao Sol a água diminuiu (dado), possivelmente (qualificador) ela evaporou ou foi absorvida pela Elodea (conclusão).*

O exemplo acima é de um argumento de **nível 2** de qualidade, pois relacionou dado e conclusão. Ainda é possível identificar o uso de um qualificador, a palavra *possivelmente*. Esse componente é valorizado no TAP, mas não é contemplado na ferramenta proposta por Osborne, Erduran e Simon (2004), utilizada nesta pesquisa.

Da mesma maneira, a inclusão de uma refutação ocorreu em apenas três argumentos durante a aplicação sequencial. A associação entre todos os elementos do TAP (C+D+J+R) não ocorreu em nenhuma das aplicações.

Todos os argumentos que incluíram dois ou mais elementos do TAP, na ausência de um refutador, foram classificados anteriormente como de nível 2 de qualidade estrutural. Mas esses ocorreram em quatro variações, indicando as diferentes possibilidades de associação entre dado, conclusão e justificativa, ainda com a eventual presença de refutador e/ou qualificador. Esse fato indica a importância de se realizarem análises mais detalhadas dos argumentos desse nível, mesmo que, na ausência de um refutador, tenham ocorrido variações de qualidade estrutural dentro do mesmo nível de argumento.

4.2.2 – A qualidade do conhecimento científico dos argumentos

Como já descrito no capítulo anterior, a análise estrutural do argumento não é suficiente para verificar a sua qualidade. Dado que um argumento é válido do ponto de vista estrutural e possui premissas efetivamente verdadeiras, segue que ele é correto (VELASCO, 2010).

Um argumento é chamado de incorreto se, e somente se, é inválido e/ou possui ao menos uma premissa falsa, ou seja, um argumento inválido com premissas falsas é incorreto; um argumento inválido com premissas verdadeiras também o é. Da mesma maneira que é

incorreto um argumento válido com premissas falsas (VELASCO, 2010). Portanto, um argumento pode ser de um nível maior de qualidade estrutural, mas, no entanto, não estar correto do ponto de vista conceitual.

Logo, somando-se às análises anteriores, na presente seção, serão apresentados os dados obtidos em relação à qualidade do conhecimento científico utilizado nos argumentos construídos nas duas formas de aplicação (sequencial e invertida). Para tal, utilizamos a ferramenta adaptada e traduzida de Zohar e Nemet (2002), descrita no capítulo 4 (tabela 3), que vai do nível A ao nível D de qualidade.

Em uma análise geral, na aplicação sequencial, do total de 71 argumentos construídos, mais da metade deles (52,11%) foram caracterizados como de nível B, ou seja, incluíam conhecimentos científicos considerados incorretos. Já os argumentos de nível D, ou seja, que apresentavam apenas conhecimentos considerados corretos, representaram 42,25% do total de argumentos. Em menor proporção, apareceram argumentos de nível A (4,22%), em que os conhecimentos científicos não foram incluídos, além de argumentos de nível C (1,4%), que apresentaram conhecimentos científicos que não correspondiam às questões da atividade (tabela 8).

Já na aplicação invertida, o destaque foi para os argumentos que incluíam conhecimentos científicos considerados corretos (nível D), representando 53% do total. Os argumentos de níveis B e A representaram, respectivamente, 28% e 19% de todos os argumentos construídos. Nenhum argumento foi identificado como de nível C nessa aplicação, ou seja, aquele que incluiria um conhecimento científico não específico para a pergunta realizada (tabela 8).

Tabela 8 – Análise geral da qualidade do conhecimento científico dos argumentos

Qualidade do conhecimento	Sequencial		Invertida	
	N (total)	%	N (total)	%
A	3 (71)	4,22	13 (68)	19
B	37 (71)	52,11	19 (68)	28
C	1 (71)	1,40	0 (68)	0
D	30 (71)	42,25	36 (68)	53

Diferenças não significativas entre as formas de aplicação: $p < 0.05$ (teste-t Student)

Concluímos, então, que na aplicação invertida, iniciando-se pela atividade de maior grau de abertura (grau 3), a maior quantidade de argumentos foi caracterizada como de nível D (com conceitos científicos corretos). Já na aplicação sequencial, a maior quantidade de argumentos foi caracterizada como de nível B (incluíam conceitos científicos incorretos). Porém, na aplicação invertida uma maior quantidade de argumentos de nível A (que não apresentavam conhecimentos científicos) foi identificada ao compararmos com a aplicação sequencial, ou seja, uma maior quantidade de estudantes não articularam conceitos científicos para embasar seus argumentos, mesmo que esses estivessem corretos do ponto de vista estrutural, relacionando, ao menos, duas conclusões ou dado e conclusão.

Também foi possível verificar uma pequena quantidade de argumentos de nível C: apenas um na aplicação sequencial e nenhum na aplicação invertida. Logo, os estudantes compreenderam os comandos das questões em todas as atividades e não articularam conceitos que não correspondiam ao que era questionado.

Apesar de haver diferenças entre as duas aplicações, essas não foram significativas estatisticamente ($p = 0.456$). Ainda que as atividades de maior grau de abertura tenham sido propostas anteriormente (aplicação invertida) em relação às que forneciam uma maior quantidade de orientações aos estudantes (aplicação sequencial), esses foram capazes de articular conceitos científicos corretos em seus argumentos.

A seguir exemplificamos um argumento construído na atividade de grau 1 de abertura, na aplicação sequencial, caracterizado como de nível 1 de qualidade estrutural e de nível D de qualidade conceitual:

Aplicação sequencial

Pergunta: Vocês fariam o experimento de outro modo? Justifique.

Resposta: *Nesse experimento eu utilizaria as mesmas plantas e utilizaria maior quantidade de água (conclusão), pois se fossem da mesma espécie (conclusão), possivelmente (qualificador), cresceriam igual (conclusão).*

No exemplo acima, podemos verificar a relação entre duas conclusões, caracterizando-se como de **nível 1**. Na segunda conclusão, o (a) estudante inclui um qualificador entre as duas afirmações, pois acredita que se todas as plantas utilizadas no teste forem da mesma espécie, essas cresceriam de maneira semelhante.

O conteúdo foi considerado como de **nível D**, ou seja, correto. Pois, ocorreu o reconhecimento da importância da variável presença de água no desenvolvimento vegetal, além da proposta de padronizar a espécie vegetal utilizada no desenho experimental.

Ao analisarmos a qualidade do conhecimento científico dos argumentos, em cada um dos graus de abertura, na aplicação sequencial, tanto na atividade de grau 1, quanto na de grau 2, a maior parte dos argumentos foram caracterizados como de nível B, ou seja, incluíam conceitos científicos considerados incorretos. Já na atividade de grau 3 de abertura, todos os argumentos foram caracterizados como de nível D, apresentando apenas conceitos científicos corretos.

Logo, na aplicação sequencial, ainda que a atividade de grau 2 de abertura tenha permitido a construção de uma maior quantidade de argumentos e de maior qualidade do ponto de vista estrutural (componentes do TAP), o mesmo não ocorreu ao analisarmos o conhecimento científico utilizado pelos estudantes, em razão de a maioria dos argumentos estarem classificados como de nível B. Argumentos de maior qualidade estrutural, nem sempre apresentam conhecimentos científicos corretos para embasá-los.

Na aplicação invertida, na atividade de grau 1 de abertura, a maioria dos argumentos foram classificados como de nível A, ou seja, os estudantes não articularam conceitos científicos em suas respostas. Diferente do que foi observado na aplicação sequencial, na atividade de grau 2 de abertura a maioria dos argumentos foram caracterizados como de nível D e apresentavam conceitos científicos corretos.

Já na atividade de grau 3 de abertura, semelhante ao que observamos na aplicação sequencial, a maioria dos argumentos foram classificados como de nível D, e apenas um argumento foi caracterizado como de nível A. Ou seja, independentemente da forma como foram aplicadas as atividades, a proporção de argumentos de melhor qualidade em relação ao uso do conhecimento científico ocorreu na atividade de maior grau de abertura (grau 3), na qual foi apresentado aos estudantes apenas o problema, e esses deveriam buscar os procedimentos e as soluções. Todos esses dados estão evidenciados nos gráficos a seguir (figuras 9 e 10):

Figura 9 – Análise geral da quantidade e qualidade do conhecimento científico utilizado nos argumentos da aplicação sequencial

O gráfico permite verificar a redução da quantidade de argumentos de nível B na atividade de grau 3 de abertura. Fonte: autoria própria.

Figura 10 – Análise geral da quantidade e qualidade do conhecimento científico utilizado nos argumentos da aplicação invertida

O gráfico permite verificar a redução da quantidade de argumentos de nível B na atividade de grau 3 de abertura. Fonte: autoria própria.

Ainda em relação aos dados dos gráficos apresentando nas figuras 9 e 10, diferentemente da aplicação sequencial, na aplicação invertida, a atividade de grau 2 de abertura apresentou a maior quantidade de argumentos classificados como de nível D (mais de

70% do total). Somando-se aos dados da seção anterior, nesse grau de abertura, a maior parte dos argumentos apresentaram mais qualidade tanto em relação à estrutura quanto em relação ao conhecimento científico.

Outro dado relevante foi o fato de que tanto na aplicação sequencial, quanto na invertida, ocorreu o aumento da proporção de argumentos de nível D (com conceitos científicos corretos) ao longo dos graus de abertura, evidenciando que o aumento do grau de abertura, independentemente da maneira como foram aplicados, permitiu uma maior proporção de argumentos de mais qualidade em relação ao conhecimento científico utilizado para embasá-los.

Mais uma evidência importante foi a redução da proporção de argumentos de nível B (compostos de conceitos científicos considerados incorretos) ao longo do aumento dos graus de abertura. Na aplicação sequencial, passou de 68,42% no grau 1, para 61,53% no grau 2, e, por fim, no grau 3, nenhum argumento foi caracterizado como de nível B. Na aplicação invertida, também foi possível observar essa redução: de 42,85% no grau 1 de abertura, para 27,77% no grau 2, e, finalmente, no grau 3, de maneira semelhante à aplicação sequencial, nenhum argumento foi caracterizado como de nível B.

A seguir exemplificamos argumentos construídos no grau 3 de abertura, nas duas formas de aplicação e as caracterizações segundo a estrutura e os conceitos científicos utilizados:

Aplicação sequencial

Pergunta: Qual é a solução encontrada pelo grupo? Vocês conseguiram desvendar o problema? Justifiquem as suas afirmações.

Resposta: *O pH, a alimentação e a temperatura não estavam adequados para os tipos de peixes existentes (conclusão). A temperatura estava baixa, a alimentação de alguns peixes não incluía ração, o pH que os peixes necessitavam eram diferentes (dados). O pH natural do habitat era diferente do aquário porque alguns eram mais alcalinos, outros menos. A temperatura era tropical e no aquário estava mais frio (justificativa).*

O exemplo acima foi caracterizado como de **nível 2** por ser composto de conclusão, dado e justificativa. Os conceitos científicos foram considerados corretos, logo, o argumento caracterizou-se como de **nível D**. Um procedimento importante e realizado pela maioria dos grupos foi a verificação do pH da água, que contribuiu para buscarem informações para justificar seus argumentos.

Aplicação invertida

Pergunta: Qual é a solução encontrada pelo grupo? Vocês conseguiram desvendar o problema? Justifiquem as suas afirmações.

Resposta: *Nós descobrimos que pode existir na água alguns microrganismos que fizeram apodrecer a cauda do peixe (dado), pela grande quantidade de peixes (dado) pode ter ocorrido brigas por alimento (conclusão) um peixe procurou comida na válvula (conclusão) e ficou preso (dado), o peixe mais forte sobreviveu (dado). Quando o aquário fica muito tempo sem uso, o nitrato fica acumulado, pode gerar algo prejudicial aos peixes (justificativa), um peixe nasceu com resistência (conclusão) e viveu mais (dado).*

A resposta acima foi identificada como um argumento de **nível 2**, composto por dado, conclusão e justificativa. O último trecho “e viveu mais” foi caracterizado como dado, pois se tratava uma informação fornecida pela atividade, a qual apenas um dos peixes havia sobrevivido no aquário do laboratório.

Os conceitos foram considerados corretos, caracterizando um argumento de **nível D**. Na aplicação invertida, o uso da característica pH da água também mostrou-se relevante nos embasamentos dos argumentos.

4.3 – *Quais foram as principais combinações entre as características da qualidade da estrutura e do conhecimento científico nos argumentos desenvolvidos pelos estudantes?*

Outra interpretação relevante deste estudo analisou as combinações entre as características da qualidade do argumento segundo a sua estrutura com a qualidade do conhecimento científico utilizado. Ou seja, foi possível encontrar padrões nas combinações entre o nível de qualidade da estrutura do argumento e o nível de qualidade dos conceitos científicos?

As possíveis combinações que poderiam ser observadas envolveram os níveis de qualidade da estrutura do argumento atingidos ao longo das atividades (níveis 1, 2 e 3) e os níveis de qualidade do conhecimento científico (níveis A, B, C e D). As combinações realizadas, em cada uma das aplicações, encontram-se na figura 11.

Figura 11 – Combinações entre os níveis de qualidade da estrutura e do conhecimento científico dos argumentos

O gráfico retrata o destaque da combinação 2-D nos dois tipos de aplicação.
Fonte: autoria própria.

Podemos verificar que na aplicação sequencial, as combinações que se destacaram foram as 2-B e 2-D, ou seja, argumentos que contemplavam dois ou mais dos componentes do padrão argumentativo de Toulmin, sem apresentar refutações. E, em relação ao conhecimento científico, esses argumentos apresentaram conceitos incorretos e corretos, respectivamente. Essas combinações apareceram na mesma proporção nesse tipo de aplicação, cerca de 38% do total em cada uma das combinações.

Já na aplicação invertida, a combinação que apareceu em maior proporção foi apenas a 2-D, representando quase 50% do total de argumentos. Em seguida, apareceu a combinação 2-B, representando cerca de 23,5%. Logo, ao iniciar a sequência de atividades pela de maior grau de abertura, os estudantes desenvolveram argumentos de maior qualidade, tanto do ponto de vista estrutural, quanto do ponto de vista conceitual.

Analisando-se os resultados obtidos ao longo das duas aplicações, a combinação 2-D representou cerca de 43% do total de 139 argumentos analisados, um valor considerável de argumentos que relacionaram dois ou mais componentes do TAP a conceitos científicos caracterizados como corretos.

A seguir podemos observar um exemplo de argumento da atividade de grau 2 de abertura, aplicação invertida, caracterizado como de nível 2 de qualidade estrutural e de nível D de qualidade conceitual:

Aplicação invertida

Pergunta: O volume no tubo de ensaio permaneceu o mesmo, antes e após o experimento? Explique.

Resposta: *A água do tubo de ensaio após o experimento reduziu (dado) pois a planta realizou a fotossíntese (conclusão), que soltou bolhas de oxigênio, que aos poucos subia e ocupava o lugar da água (justificativa).*

Esse exemplo foi classificado como de **nível 2**, pois associou dado, conclusão e justificativa, na ausência de refutadores. Também foi caracterizado como de **nível D** em relação ao conhecimento científico, por apresentar conceitos considerados como corretos.

Ainda se faz relevante citar que para responder a essa questão os estudantes discutiam e se baseavam também em um experimento realizado anteriormente em suas aulas regulares de ciências: o experimento da vela acesa que é coberta, em um refratário com água, a qual o resultado se mostrou inverso ao que observavam durante a atividade de grau 2 de abertura, mas contribuiu para a construção de suas conclusões.

Desse total de argumentos de combinação 2-D, nas duas formas de aplicação, nenhum foi construído na atividade de grau 1 de abertura; cerca de 60% na atividade de grau 2; e, o restante, desenvolvido na atividade de grau 3 de abertura. Portanto, nas atividades de maior grau de abertura (graus 2 e 3), nas quais os próprios estudantes buscaram as soluções aos problemas, os argumentos apresentaram mais qualidade estrutural e conceitual.

Um ponto ainda a ser destacado é o fato de que, como já revelado anteriormente, apenas na atividade de grau 1, na aplicação sequencial, foram identificados argumentos de nível 3 de qualidade, ou seja, que apresentaram uma fraca refutação. Porém, ao analisarmos o conhecimento científico desses argumentos, eles foram caracterizados como incorretos (nível B). Apesar de essas respostas apresentarem uma estrutura de maior qualidade em relação ao TAP, a qualidade conceitual não foi atingida.

Além disso, esses argumentos não foram construídos como respostas às questões que indicavam o uso de uma refutação e foram construídos apenas por um grupo de estudantes. Ou seja, mesmo nas questões em que os estudantes poderiam incluir refutações, segundo os comandos dos enunciados, esses não conseguiram incluí-las em seus argumentos.

Portanto, verificamos a dificuldade de os estudantes desenvolverem argumentos mais complexos do ponto de vista estrutural, incluindo refutações, mesmo que consideradas fracas (nível 3 de qualidade).

É importante salientar que em alguns casos, mesmo em questões que não permitiam o desenvolvimento de argumentos, ou ainda, no momento inicial da atividade, em que os estudantes levantaram as suas hipóteses acerca dos experimentos, foi possível verificar o desenvolvimento de argumentos.

Também foi possível observar que em alguns grupos, mesmo com trabalho em equipe ao longo de toda a atividade, alguns estudantes construíram respostas totalmente diferentes de seus colegas, e, em alguns casos, não caracterizadas como um argumento.

Ao analisarmos os exemplos citados ao longo do texto, verificamos a dificuldade de os estudantes organizarem as suas respostas, relacionando as suas conclusões com dados e/ou justificativas de maneira mais clara e coerente. Esse fato nos leva a refletir sobre a importância de promover atividades investigativas nas aulas de ciências que fomentem a argumentação. Porém, deixaremos as reflexões e debates para o capítulo que se segue: a discussão de nossos resultados.

5 – DISCUSSÃO

Novamente retomaremos as nossas perguntas de pesquisa, buscando respondê-las de maneira mais direta, nesse primeiro momento, a partir dos resultados explicitados na seção anterior.

As primeiras perguntas questionavam a qualidade estrutural e a qualidade conceitual dos argumentos construídos ao longo das atividades de diferentes graus de abertura. Podemos, então, afirmar que os graus de abertura, assim como as demais características das atividades propostas, influenciaram tanto na qualidade estrutural, quanto na conceitual dos argumentos. Em uma análise geral, atividades de maior grau de abertura permitiram argumentos de maior qualidade.

A nossa quarta pergunta de pesquisa questionava se existem relações entre o desenvolvimento de argumentos e a ordem em que os graus de abertura são propostos aos estudantes. Logo, nas duas formas de aplicação foi possível verificar o desenvolvimento de argumentos em quantidade e qualidade muito semelhantes, sem diferenças significativas estatisticamente. Ou seja, as características das atividades influenciaram diretamente na qualidade dos argumentos construídos, independentemente da ordem de aplicação.

Nas próximas seções deste capítulo apresentamos uma discussão detalhada dos resultados obtidos na presente pesquisa em relação à literatura encontrada nas áreas de ensino por investigação e argumentação no ensino de ciências.

5.1 – Quais foram as relações encontradas entre os graus de abertura, a ordem de aplicação das atividades e o desenvolvimento de argumentos?

Como já citado anteriormente, no ensino de ciências por investigação um dos seus elementos chave é o desenvolvimento de argumentos a partir de evidências (NRC, 2012). Diferentes autores também concordam com a ideia de que uma abordagem de ensino investigativa pode servir de suporte para a argumentação (DUSCHL, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2009; PUIG; TORIJA; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2012). Portanto, já era esperado que os estudantes desenvolvessem argumentos ao longo das atividades propostas. Por isso nos propusemos a investigar a influência dos graus de abertura dessas atividades na construção dos argumentos e a sua qualidade.

Do total de respostas desenvolvidas pelos estudantes, tanto na aplicação sequencial, quanto na aplicação invertida, 54% foram caracterizadas como argumentos, ou seja, os estudantes apresentaram argumentos em mais da metade de suas respostas. Além disso, não foi encontrada diferença significativa na quantidade de argumentos construídos nas duas formas de aplicação, ou seja, independentemente da ordem em os graus de abertura foram propostos, a quantidade de argumentos construídos foi muito semelhante.

Logo, foi possível verificar que as atividades investigativas utilizadas no presente estudo possibilitaram a construção de argumentos. Contudo, verificamos diferenças nas quantidades de argumentos construídos de acordo com os seus graus de abertura.

Em relação à proporção de respostas e argumentos, nas duas formas de aplicação, na atividade de confirmação, ou grau 1 de abertura, verificou-se que 70% das respostas foram caracterizadas como argumento. Assim, como esse tipo de atividade fornecia uma maior quantidade de informações e explicitava um experimento já realizado, com suas possíveis conclusões, uma maior quantidade de argumentos em relação ao total de respostas foi desenvolvida. Porém, como discutiremos adiante, esses argumentos não atingiram os maiores níveis de qualidade.

Analisando-se o total de argumentos desenvolvidos, tanto na aplicação sequencial, quanto na invertida, notou-se que a maior quantidade de argumentos foi desenvolvida na atividade de grau 2 de abertura, ou investigação estruturada, em que os estudantes recebiam o problema e os procedimentos de pesquisa, buscando com seus colegas de trabalho as resoluções e conclusões. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de os estudantes terem coletado e interpretado os dados ao longo dessa atividade, fases também muito relevantes para o desenvolvimento de novos conhecimentos na ciência, em que os dados coletados são interpretados como evidências para responder a uma pergunta (GOTT; DUGGAN, 2007).

Na atividade de grau 3 de abertura, ou investigação guiada, os estudantes apresentaram maior dificuldade na construção dos argumentos, visto que nessa atividade observamos menor quantidade de argumentos em relação ao total de argumentos das três atividades. Possivelmente, esse fato relaciona-se à maior abertura da atividade, em que os estudantes deveriam elaborar os procedimentos para resolver o problema fornecido pelo professor. Portanto, acreditamos ser no nível intermediário de protagonismo que os estudantes desse nível de ensino se sentem mais seguros para argumentar baseando-se em evidências. Esse fato pode estar relacionado à etapa de coleta de dados realizada pelos próprios estudantes no caso da atividade de grau 2 de abertura.

Além disso, os comandos das questões da atividade de grau 3 de abertura poderiam não ser tão claros quanto das outras atividades, interferindo na estrutura das respostas elaboradas pelos estudantes. Todavia, como já apresentamos na seção anterior e discutiremos a seguir, os argumentos identificados nessa atividade foram caracterizados como de maior qualidade estrutural e conceitual; consideramos, então, não apenas a quantidade de argumentos construídos, mas também a sua qualidade.

Apesar de se tratar de um contexto de aulas de laboratório de química, Katchevich e colaboradores (2013) verificaram resultados semelhantes: a atividade experimental chamada de aberta (semelhante ao que denominamos de grau 2) - na qual os estudantes conduziam as investigações e interpretavam os resultados obtidos - permitiu o desenvolvimento de uma maior quantidade de argumentos em relação à atividade experimental de confirmação, na qual os estudantes não tinham abertura para discutir os resultados e nem buscar novas questões de pesquisa. É possível concluir que o maior protagonismo dos estudantes ao longo das atividades influenciou positivamente a argumentação.

Tanto a investigação quanto a argumentação estão presentes no cotidiano do cientista (GOTT; DUGGAN, 2007; MARTIN; HAND, 2009; SASSERON, 2015). Mesmo que não idênticas à ciência, também são práticas utilizadas na sala de aula, correspondendo, portanto, a elementos da cultura científica e da cultura escolar (SCARPA, 2009; SASSERON, 2015; SCARPA, 2015). Martin e Hand (2009), investigaram a implementação dessas e outras práticas, de acordo com as reformas propostas pelo *National Research Council*, e, concluíram que, à medida que o professor mudava a sua postura, centralizando as aulas na voz dos estudantes, esses argumentavam melhor. Ou seja, o maior protagonismo dos estudantes também afetou de maneira positiva o processo de argumentação.

Concluimos, então, que atividades que permitem a participação mais efetiva dos estudantes contribuem para o desenvolvimento de uma maior quantidade de argumentos, em relação às atividades de menor grau de abertura, ao compararmos os graus 1 e 2, por exemplo. Nas próximas seções, a ênfase será na discussão sobre a qualidade desses argumentos.

5.2 – Como os graus de abertura e os tipos de aplicação influenciaram na qualidade dos argumentos?

5.2.1 – A qualidade da estrutura dos argumentos

Entendemos que o desenvolvimento dos argumentos observados na presente pesquisa condiz com os principais objetivos da alfabetização científica. Esses argumentos foram desenvolvidos por meio de atividades investigativas, as quais aproximaram os estudantes de algumas práticas científicas. Segundo Sasseron (2015), quando a argumentação e a investigação são utilizadas como ferramentas didáticas, os estudantes compreendem o papel da ciência, e, concomitantemente essas práticas servem como meios para discussão de conceitos e modelos científicos pelos estudantes.

Além de evidenciar a construção de argumentos ao longo de atividades investigativas, pretendemos discutir a qualidade desses argumentos. Em relação à qualidade da estrutura, verificamos o destaque para argumentos de nível 2, nos quais houve associação entre a conclusão e dados e/ou justificativas, tanto na aplicação sequencial, quanto na invertida. Esse foi o tipo de argumento em que os estudantes apresentaram maior facilidade em construir, já que se destacaram ao longo das atividades, em seus diferentes graus de abertura.

O destaque para a construção de argumentos de nível 2 também foi observado por outros pesquisadores, apesar de apresentarem diferentes contextos de pesquisa (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004; OSBORNE; ERDURAN; SIMON, 2004; DAWSON; VENVILLE, 2009; KATCHEVICH; HOFSTEIN; MAMLOK-NAAMAN, 2013). Por exemplo, Erduran e seus colaboradores (2004) verificaram que argumentos de nível 2 de qualidade se mantinham em destaque mesmo após o processo de intervenção docente. Logo, os autores observaram a preocupação dos estudantes em fundamentar os seus argumentos, relacionando dois ou mais componentes do TAP.

Identificar a presença de argumentos de maior qualidade (nível 2), ao longo dos diferentes graus de abertura, leva-nos a identificar uma melhora significativa no oferecimento de dados e justificativas por parte dos estudantes para embasar seus argumentos. Basta refletir sobre os resultados apresentados, nos quais, tanto na aplicação sequencial quanto na invertida, esse nível de qualidade do argumento representou mais de 90% nas atividades de graus 2 e 3 de abertura.

Portanto, as atividades de maior grau de abertura, em comparação à de grau 1 (confirmação), permitiram, com mais eficiência, o estabelecimento de relações entre as variáveis observadas, encontrando padrões entre os dados para a construção de suas próprias conclusões, caracterizando-se como processo básico para responder a uma pergunta de pesquisa (GOTT; DUGGAN, 2007).

Ainda, nas duas formas de aplicação, foi possível observar a redução da quantidade de argumentos mais simples, de nível 1 - compostos apenas por conclusões - ao longo dos graus

de abertura. De maneira semelhante, na pesquisa de Katchevich e colaboradores (2013), as atividades de confirmação proporcionaram a construção de uma maior quantidade de argumentos que eram compostos apenas por conclusões, e essa quantidade foi reduzida de quase 60% para 20% nas atividades investigativas de maior grau de abertura. No nosso caso, o que chama a atenção é o fato de não importar a sequência em que as atividades de diferentes graus de abertura foram aplicadas.

Em relação à composição dos argumentos, apesar de alguns pesquisadores, como Zohar e Nemet (2002), não reconhecerem conclusões sem justificativas como um argumento, ou de manter a estrutura dado e conclusão como o mínimo para se considerar um argumento (JIMÉNEZ; BUSTAMANTE, 2003; SASSERON; CARVALHO, 2013), considerar a relação entre duas conclusões ou conclusão e oposição como um primeiro nível de argumento teve um papel importante na presente pesquisa. Afinal, na atividade de grau 1 de abertura a maior parte dos argumentos produzidos pelos estudantes foram caracterizados como desse primeiro nível e também permitiu verificar a evolução da qualidade dos argumentos à medida que se aumentava o grau de abertura.

De maneira semelhante, o uso do nível 1 para qualificar os argumentos representou resultados positivos para outros pesquisadores (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004; DAWSON; VENVILLE, 2009; KATCHEVICH; HOFSTEIN; MAMLOK-NAAMAN, 2013; KATCHEVICH; MAMLOK-NAAMAN; HOFSTEIN, 2014). Segundo Erduran e seus colaboradores (2004), a utilização do nível 1 permitiu verificar que esses argumentos mais simples reduziram-se ao longo das intervenções docentes, encorajando docentes e pesquisadores a investirem em propostas que objetivam a qualificação da argumentação em sala de aula.

Também se faz relevante discutirmos o fato de não terem ocorrido diferenças significativas na quantidade e na qualidade da estrutura dos argumentos construídos ao longo das duas formas de aplicação. Tanto iniciando-se pelo menor grau de abertura, quanto pelo maior grau de abertura, os resultados foram semelhantes no contexto da presente pesquisa. Isso nos leva a pensar que talvez as características da atividade, incluindo também os conteúdos científicos abordados por elas, sejam mais relevantes do que a ordem em que elas sejam aplicadas.

Em contraposição aos nossos resultados, Bell e seus colaboradores (2005) afirmam que os graus de abertura devem ser implementados por meio de uma escala contínua. Os estudantes progredem gradualmente de níveis mais baixos para os mais altos ao longo do ano letivo. Da mesma maneira, Zion e Mendelovici (2012), na proposta de implementação de um

currículo baseado em ensino por investigação, também afirmam que os estudantes devem vivenciar uma experiência gradual através de todos os níveis de investigação.

Esse resultado pode estar vinculado ao nosso contexto de pesquisa: o fato de os estudantes já participarem de um projeto de Iniciação Científica e, também a familiaridade com os conteúdos das atividades propostas. Contudo, as duas formas de aplicação abrangeram grupos de estudantes com características muito semelhantes, fator que contribui para reafirmarmos que não foram encontradas diferenças significativas entre as formas de aplicação.

Nas pesquisas em ensino de ciências a análise da argumentação destaca-se até os dias atuais (LIN; LIN; TSAI, 2014; ERDURAN; OZDEM; PARK, 2015). Mais especificamente, uma grande porcentagem dessas pesquisas, envolvendo atividades caracterizadas como investigativas, analisaram o desenvolvimento de argumentos, e utilizaram o padrão argumentativo de Toulmin como referencial teórico ou ferramenta de análise (RÖNNEBECK; BERNHOLT; ROPOHL, 2016).

A argumentação se faz presente em nosso cotidiano, mesmo que de maneira informal (KUHN, 1993; ZOHAR; NEMET, 2002; TOULMIN, 2006; WALTON, 2012; SCARPA, 2015). Além disso, torna-se uma maneira de promover o contato dos estudantes com uma das principais linguagens da ciência (LEMKE, 1990), a linguagem argumentativa (SASSERON; CARVALHO, 2014; TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015). Portanto, a argumentação torna-se uma meta de aprendizagem essencial na educação científica (BERLAND; MCNEILL, 2010; MCNEILL et al., 2016).

Pensando em todas essas motivações e na relevância dos trabalhos de Toulmin para as pesquisas em ensino de ciências, decidimos analisar as associações que ocorreram entre os elementos do TAP nos argumentos escritos pelos estudantes.

A associação mais presente nos argumentos analisados ocorreu entre conclusão e dado (C+D), seguida da associação entre conclusão, dado e justificativa (C+D+J), nas duas formas de aplicação. A inclusão de dados nos argumentos indica que os estudantes preocuparam-se em embasá-los, utilizando os dados fornecidos e/ou coletados ao longo das atividades, transformando-os em evidências. Em outros contextos de pesquisa, essas associações também se destacaram (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004; SILVA, 2011; KATCHEVICH; HOFSTEIN; MAMLOK-NAAMAN, 2013), confirmando a tendência de os estudantes incluírem ao menos dois elementos do TAP em seus argumentos.

Porém, a associação entre conclusões (C+C) também destacou-se nas duas formas de aplicação, evidenciando mais uma vez a dificuldade apresentada pelos estudantes de desenvolverem argumentos mais complexos e de qualidade estrutural. A introdução de uma refutação ocorreu em apenas três argumentos, e, ainda foi caracterizada como fraca. Além disso, apenas um(a) estudante incluiu qualificadores em apenas três de todos os 139 argumentos analisados.

O uso de refutações é a habilidade mais complexa no desenvolvimento de um argumento (KUHN, 1993). Todavia, representa um importante componente do TAP (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004; TOULMIN, 2006). Afinal, ao longo do processo argumentativo, também é relevante ficarem evidentes as condições de exceção que podem refutar uma conclusão, principalmente na linguagem científica, possibilitando a compreensão de que o conhecimento científico não é estático, e a construção de contra-argumentos que darão mais força às conclusões desenvolvidas ao longo de uma pesquisa.

A dificuldade em incluir qualificadores e refutação em argumentos também foi identificada por outros autores, em seus diferentes contextos de pesquisa (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004; DAWSON; VENNVILLE, 2009; SILVA, 2011; KATCHEVICH; HOFSTEIN; MAMLOK-NAAMAN, 2013). Esse dado pode estar relacionado ao contexto instrucional oferecido aos estudantes nas aulas de ciências, além de sua faixa etária – em nosso caso, estudantes das séries iniciais do ensino fundamental II – pois esses podem ainda não apresentar as habilidades necessárias para desenvolver argumentos em atividades de maior protagonismo.

Por exemplo, o contexto instrucional da pesquisa de Osborne, Erduran e Simon (2004) permitiu o desenvolvimento de argumentos até o nível 5 de qualidade, por se tratar de atividades de diálogo entre os estudantes, proporcionando o uso de réplicas nos momentos de discussão entre eles. Portanto, o contexto instrucional das atividades investigativas que fomentam a argumentação se caracteriza como um importante fator no desenvolvimento de argumentos de qualidade.

Também destacamos a importância da análise do diálogo nos grupos de trabalho, já que na presente pesquisa foi possível verificar que alguns integrantes desenvolveram respostas totalmente diferentes das apresentadas por sua equipe de trabalho, não apresentando, inclusive, nenhuma característica argumentativa em sua composição. Isso pode ser explicado por diversos fatores, como a dificuldade de alguns estudantes em trabalhar em equipe, principalmente por não ser um hábito em suas aulas do ensino regular, e a ausência de atitudes que valorizem o ato de ouvir as diversas opiniões dos colegas e discutí-las ou aceitá-las na construção de seus argumentos. Por isso, defendemos a importância de sempre se levar em consideração o contexto em que os argumentos são produzidos, as produções em grupo e as produções individuais dos estudantes, a fim de se obter uma visão ampla do cenário investigado.

Na próxima seção serão discutidos os resultados referentes à qualidade do conteúdo científico utilizado pelos estudantes para embasar os argumentos construídos.

5.2.2 – A qualidade do conhecimento científico dos argumentos

Um argumento pode ser considerado válido do ponto de vista estrutural, porém, incorreto do ponto de vista conceitual; logo, esse será incorreto (VELASCO, 2010; SILVA, 2011). Analisar apenas a estrutura do argumento não se faz suficiente no campo do ensino de ciências (SASSERON; CARVALHO, 2013), portanto, reafirmamos a importância de se analisar o conteúdo científico presente nos argumentos. Segundo Clark e Sampson (2008), poucas pesquisas nesse campo propõem ferramentas que identificam a qualidade conceitual dos argumentos.

Em uma análise geral, verificamos que na aplicação invertida, os argumentos foram caracterizados como de maior qualidade em relação à sequencial: na aplicação sequencial mais da metade dos argumentos foi caracterizada como de nível B (apresentaram conceitos científicos incorretos); já na aplicação invertida, a maioria foi caracterizada como de nível D (apresentaram conceitos científicos corretos).

Portanto, mais uma vez, verificamos que as atividades investigativas não proporcionam maior qualidade dos argumentos quando propostas de maneira gradual. Esses resultados contradizem a nossa hipótese inicial e o que é proposto por alguns pesquisadores, como Bell e seus colaboradores (2005) e Zion e Mendelovici (2012), de que os graus de

abertura devem ser propostos de maneira sequencial. Pelo menos, em relação à qualidade da argumentação, essa hipótese foi refutada.

Podemos pensar que em atividades mais abertas, os estudantes devem se sentir mais seguros e confiantes com relação ao significado dos conceitos que utilizam em seus argumentos. Em atividades menos abertas, pode ser que os estudantes utilizem, de forma mais mecânica para explicar os fenômenos, conceitos que ainda não incorporaram corretamente. Isso poderia explicar as diferenças encontradas. Ressaltamos que esses resultados podem estar vinculados ao nosso contexto de pesquisa e aos conteúdos abordados nas atividades, porém também reconhecemos que são evidências relevantes às pesquisas da área.

Ainda em relação às duas formas de aplicação, foi possível verificar que na aplicação sequencial, na atividade de grau 2 de abertura, a maioria dos argumentos foram caracterizados como incorretos (nível B) do ponto de vista conceitual. Porém, esses argumentos atingiram o nível 2 de qualidade da estrutura, evidenciando a dificuldade de os estudantes articularem corretamente os conceitos científicos, apesar de conseguirem relacionar dois ou mais componentes do TAP. Salvo o contexto da pesquisa, resultados semelhantes foram evidenciados por Silva (2011), nos quais muitos dos argumentos identificados foram invalidados por apresentarem erros conceituais em seus embasamentos.

Já na aplicação invertida, verificamos que no grau 2 de abertura a maioria dos argumentos apresentaram conceitos considerados corretos (nível D). Portanto, nessas condições, a atividade de grau 2 de abertura proporcionou o desenvolvimento de uma maior quantidade de argumentos válidos do ponto de vista estrutural, e corretos do ponto de vista conceitual. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que os estudantes, nessa forma de aplicação, iniciaram por uma atividade de maior abertura (grau 3), na qual tiveram oportunidade de encontrar o melhor caminho para responder ao problema de pesquisa proposto, buscando a solução por meio de pesquisas na internet e/ou biblioteca da escola, representando maior protagonismo por parte deles.

Mais uma evidência relevante foi o fato de que, assim como na análise da estrutura do argumento, o número dos argumentos de menor qualidade conceitual (nível B) se reduziu à medida que aumentava o grau de abertura. De tal maneira que, na atividade de grau 3 de abertura, nenhum argumento foi caracterizado como de nível B, nas duas formas de aplicação. Novamente o maior protagonismo do estudante representou resultados positivos, independentemente da ordem de aplicação.

Devemos lembrar que na atividade de grau 3 de abertura os estudantes tiveram acesso a meios de pesquisa para buscar as soluções ao problema e embasar as suas respostas, por

isso, poderiam estar susceptíveis ao erro nas escolhas dos conceitos mais adequados. Porém, esses conseguiram escolher os conceitos corretos para embasar os argumentos.

Também destacamos que, apesar de a atividade de grau 2 de abertura representar a maior quantidade de argumentos desenvolvidos das três atividades, foi na atividade de grau 3 de abertura que os argumentos atingiram maior qualidade em relação à estrutura e em relação aos conceitos científicos. Outros pesquisadores, em outros contextos de pesquisa, também verificaram a vantagem da investigação guiada (grau 3) em relação à investigação estruturada (grau 2) (SADEH; ZION, 2009, 2012; BUNTERM et al., 2014); além de maior qualidade na avaliação conceitual em atividades de grau 3 de abertura (BLANCHARD et al., 2010; BUNTERM et al., 2014).

Uma possível crítica ao nosso trabalho se relaciona à caracterização dos graus de abertura das atividades investigativas. É possível que pesquisadores da área de ensino de ciências não considerem o grau 1 de abertura (confirmação) como atividade investigativa, pelo fato de todas as etapas serem fornecidas pelo professor, e, inclusive, por ter como um de seus principais objetivos a confirmação de algo já conhecido pelos estudantes. Foi pensando nisso que alguns pesquisadores reorganizaram os níveis de investigação e consideraram como de grau 0 de abertura as atividades de confirmação (HERRON, 1971; BUCK; BRETZ; TOWNS, 2008; CAMPOS; NIGRO, 2009; BLANCHARD et al., 2010).

Desse modo, é relevante considerarmos o contexto no qual os níveis de investigação foram propostos originalmente (PELLA, 1969; SCHWAB, 1962; TAMIR, 1977), ou seja, as atividades de laboratório tradicionais que envolviam exclusivamente os experimentos, mas que já começavam a considerar a possibilidade de os estudantes desenvolverem suas pesquisas e experimentos com mais protagonismo.

A adaptação desses níveis, de acordo com o contexto da sala de aula ou da pesquisa em ensino de ciências, é relevante, principalmente, nos lugares em que o ensino por investigação é usado de maneira mais consolidada nas aulas de ciências. Esse não é o caso do nosso contexto. No Brasil, ainda temos que avançar nas pesquisas sobre o ensino de ciências por investigação. Começar considerando o nível de confirmação como atividade investigativa pode servir de fator motivador para introduzir atividades investigativas nas aulas de ciências. Além do fato de a atividade de confirmação já fomentar o desenvolvimento de argumentos, mesmo que mais simples, como foi observado nesta pesquisa, contribuindo para se alcançar os objetivos da alfabetização científica.

Segundo Zohar e Nemet (2002), as escolas oferecem pouca ou nenhuma oportunidade de os estudantes desenvolverem habilidades argumentativas. Quando ocorrem, o discurso geralmente parte do professor, e os estudantes não são convidados a dialogar e construir argumentos. Podemos concluir, então, que as atividades investigativas, em seus diferentes graus de abertura, são oportunidades para promover o protagonismo dos estudantes nas aulas de ciências e o desenvolvimento de habilidades argumentativas.

5.3 – Quais foram as principais combinações entre as características da qualidade da estrutura e do conhecimento científico nos argumentos desenvolvidos pelos estudantes?

Em nosso estudo também analisamos as combinações que ocorreram entre a qualidade da estrutura e a qualidade do conhecimento científico dos argumentos desenvolvidos ao longo das atividades propostas. Mais uma vez foi possível verificar a importância de se analisarem outras características do argumento, além de sua estrutura (ZOHAR; NEMET, 2002; CLARK; SAMPSON, 2008; BERLAND; MCNEILL, 2010; CARVALHO, 2013).

Na aplicação invertida a combinação 2-D destacou-se em relação à aplicação sequencial, ou seja, argumentos mais complexos do ponto de vista estrutural e com conceitos científicos corretos apareceram em maior quantidade. Verificamos então, mais uma vez, que a aplicação invertida destacou-se na qualidade dos argumentos construídos.

Em relação aos graus de abertura das atividades, 60% desses argumentos caracterizados como 2-D foram desenvolvidos na atividade de grau 2 de abertura e nenhum foi identificado na de grau 1. Esse dado evidencia, novamente, a importância do maior protagonismo dos estudantes para a qualidade dos argumentos construídos.

Apenas três argumentos, na aplicação sequencial, foram caracterizados como de nível 3, apresentando em sua estrutura uma fraca refutação. Porém, esses argumentos não atingiram a qualidade conceitual e foram caracterizados como incorretos (nível B). Além disso, esses argumentos não foram construídos nas questões que acreditávamos que fomentariam o uso de refutações, evidenciando não apenas a dificuldade de os estudantes incluírem refutações, mas também de serem propostas atividades que proporcionem a inclusão de refutações nos argumentos.

Esse fato nos faz refletir tanto sobre a complexidade do desenvolvimento de argumentos de maior qualidade, quanto a importância de se levar em conta o contexto instrucional das atividades propostas, ou seja, não é possível exigir o desenvolvimento de

argumentos de todos os níveis de qualidade se as atividades propostas não o permitem (BERLAND; MCNEILL, 2010).

Dificuldades de estudantes atingirem níveis mais elevados da estrutura do argumento também foram identificadas por outros pesquisadores (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004; OSBORNE; ERDURAN; SIMON, 2004; CLARK; SAMPSON, 2008; DAWSON; VENNVILLE, 2009; SILVA, 2011; KATCHEVICH; HOFSTEIN; MAMLOK-NAAMAN, 2013). Por exemplo, na pesquisa de Silva (2011), os estudantes apresentaram dificuldades em incluir qualificadores e refutações em seus argumentos, além de incluírem uma quantidade considerável de erros conceituais, tornando-os incorretos.

Já na pesquisa de Katkevich e colaboradores (2013), a proposta de atividade investigativa proporcionou a inclusão de refutações em seus argumentos, mesmo que representando apenas 14% do total de argumentos. Porém, na atividade de confirmação, nenhum argumento apresentou refutação em sua composição, evidenciando a relevância do tipo de atividade proposta quando o objetivo é qualificar o processo de argumentação em sala de aula.

Tais evidências também servem para refletirmos e discutirmos a respeito do ensino explícito da argumentação nas aulas de ciências, com o objetivo de promover a aprendizagem da estrutura mínima necessária para um bom argumento, além da qualidade do conhecimento científico utilizado para embasá-lo (ZOHAR; NEMET, 2002). Esse não é o foco de discussão do nosso trabalho, mas é um fato já amplamente discutido nas pesquisas em ensino de ciências e argumentação.

Segundo Rönnebeck e colaboradores (2016), as pesquisas da área de ensino de ciências que investigam a instrução explícita dos componentes de argumentos na sala de aula representam mais de 70% das pesquisas desenvolvidas no período de 1998 a 2013. Essas pesquisas podem representar um futuro contraste aos resultados aqui obtidos, possibilitando ricas discussões para a área.

Também verificamos a construção de argumentos em algumas questões da atividade de grau 2 de abertura que acreditávamos que não permitiam o seu desenvolvimento, além do momento de levantamento de hipóteses antes da realização dos experimentos. Isso nos leva a refletir sobre a importância da linguagem argumentativa em nosso cotidiano, mesmo que não ocorra sempre de forma complexa e formal (KUHN, 1993; TOULMIN, 2006; VELASCO, 2010; WALTON, 2012; SCARPA, 2015). E ainda, sobre o fato de como analisar se a argumentação desenvolvida nas aulas de ciências são resultado do processo pedagógico ou do que é vivido no cotidiano dos estudantes. Mais uma questão relevante para futuras pesquisas.

Segundo McNeill e colaboradores (2016), os recursos didáticos que são implementados nos currículos de ciências podem aumentar a confiança dos professores no ensino da argumentação. Logo, as atividades investigativas, em seus diferentes graus de abertura, caracterizam-se como um desses recursos, além de representarem um caminho para a promoção de um ensino de ciências em que os estudantes participem de forma ativa na construção do conhecimento.

Com base em tudo o que foi acima mencionado, é possível concluir que o ensino de ciências por investigação deve continuar a ter um impacto significativo no domínio da educação científica e nas pesquisas em ensino de ciências, e deve permitir o desenvolvimento de habilidades argumentativas, pois estas são úteis tanto para o contexto escolar quanto para o a ela externo, permitindo a formação de cidadãos que não aceitam sempre de forma passiva as informações cotidianas recebidas.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada neste estudo nos leva a relatar que promover atividades investigativas, independentemente de seu grau de abertura, estimula o desenvolvimento de argumentos por parte dos estudantes de ciências. O professor, diante de seu planejamento, poderá introduzir atividades investigativas que contemplem diversos objetivos, inclusive o de promover a qualificação da argumentação de seus estudantes, contribuindo para uma das principais metas do ensino de ciências: a alfabetização científica.

Verificamos, ao longo de nossas análises, que os estudantes são capazes de desenvolver argumentos ao se envolverem em atividades investigativas. Porém, ao longo de nossas investigações, notamos que alguns fatores influenciaram na qualidade desses argumentos, como o grau de abertura das atividades e os comandos presentes em seus enunciados. Vimos, por exemplo, que segundo os comandos das questões da atividade de grau 1 de abertura, era esperado que os estudantes atingissem níveis mais elevados de argumentação, visto que duas questões sugeriam o uso de refutação. Todavia, foram nas atividades com maior grau de abertura (graus 2 e 3) que os estudantes atingiram níveis mais elevados de qualidade estrutural em seus argumentos, apesar de terem apresentado dificuldades de incluir refutações em todos os graus de abertura. Logo, faz-se relevante a organização prévia dos docentes e pesquisadores ao selecionarem ou desenvolverem atividades que fomentem a argumentação.

De uma maneira geral, os argumentos construídos envolveram pelo menos dois componentes do padrão argumentativo de Toulmin, principalmente nas atividades de maior grau de abertura. Porém, identificamos a dificuldade de os estudantes introduzirem alguns elementos, como qualificador e refutação. Fato que pode estar diretamente relacionado ao contexto instrucional das atividades e ao contexto de pesquisa. Por exemplo, se as questões não solicitavam o uso de justificativas, já não era esperada a construção de argumentos. Outro fator pode ter sido em decorrência de a pesquisa ter sido realizada com estudantes dos anos iniciais do ensino fundamental II, que podem ainda não terem desenvolvido as habilidades argumentativas necessárias para a escrita de argumentos, principalmente, tratando-se desse tipo de atividade.

Além disso, analisando-se os conceitos científicos utilizados no embasamento dos argumentos, verificamos que esses foram apresentados com mais qualidade nos graus de abertura 2 e 3, ou seja, quando foi possível aos estudantes realizarem a coleta e a análise de dados, atuando com maior protagonismo. Logo, a qualidade dos argumentos apresentou-se

diretamente relacionada ao grau de abertura das atividades, independentemente da ordem em que as atividades de graus 2 e 3 de abertura foram propostas.

Também concluímos que no ensino de ciências deveriam ser introduzidas atividades investigativas com mais frequência, visto que até em atividade de grau 1 de abertura foi possível verificarmos a produção de argumentos, mesmo que mais simples, de nível 1 de qualidade em sua maioria. No Brasil, dificilmente esse tipo de atividade é contemplada, além de não ser utilizada com frequência como objeto de estudo nos trabalhos em educação e ensino de ciências, representando um fator motivador para futuras pesquisas.

Uma limitação que foi identificada ao realizar a revisão da literatura se relaciona às diferentes unidades de análise utilizadas nas diferentes pesquisas: ora como diálogos argumentativos (OSBORNE; ERDURAN; SIMON, 2004; SADLER; FOWLER, 2006; DAWSON; VENVILLE, 2009; SASSERON; CARVAHO, 2013); ora como diálogos e registros escritos (MEANS; VOSS, 1996; ZOHAR; NEMET, 2002; SILVA, 2011; KATCHEVICH; HOFSTEIN; MAMLOK-NAAMAN, 2013) e ora apenas como registros escritos (SADEH; ZION, 2009; SOUZA; ARROIO, 2013). Um menor número de pesquisas utiliza apenas os registros escritos, mas por a presente pesquisa acontecer em nível de mestrado, o tempo para utilizar os diálogos também se torna restrito. Além disso, nosso foco foi nos registros argumentativos dos estudantes, não havendo espaço para a análise das intervenções da professora, por exemplo.

Outra observação relevante é sobre as adaptações que alguns pesquisadores fizeram à ferramenta de análise da qualidade do argumento proposta por Osborne, Erduran e Simon (2004), levando-se em consideração, principalmente, a complexidade de se incluir uma refutação de acordo com os diferentes contextos de coleta de dados (SADLER; FOWLER, 2006; DAWSON; VENVILLE, 2009; KATCHEVICH; HOFSTEIN; MAMLOK-NAAMAN, 2013). Na presente pesquisa a ferramenta foi utilizada na íntegra, dado que ao analisar previamente o potencial argumentativo das atividades, foi possível verificar até que nível de qualidade do argumento elas permitiam.

Os resultados aqui explicitados podem motivar professores e pesquisadores a utilizar atividades investigativas em seus diferentes contextos de atuação, variando o grau de abertura de acordo com os seus objetivos. Além disso, por meio dessas atividades, outras habilidades científicas poderão ser investigadas, além da argumentação.

Lembramos mais uma vez que, como esses resultados podem estar diretamente relacionados ao nosso contexto de pesquisa, outros pesquisadores podem ser incentivados a aplicarem esta metodologia em outros cenários de aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

- ABD-EL-KHALICK, F. et al. Inquiry in science education: international perspectives. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 397-419, 2004.
- ANDERSON, R. D. Reforming Science Teaching: What Research says about Inquiry. **Journal of Science Teacher Education**, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2002.
- ANDRADE, G. T. B. D. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p. 121-138, 2011.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de Aula. In: CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. UnThomson, 2004.
- BAKHTIN, M. **Estética da Criação Verbal**. São Paulo: Martins Fontes, 1979 (edição brasileira 1997).
- BANCHI, H.; BELL, R. The many levels of inquiry. **Science and children**, v. 46, n. 2, p. 26, 2008.
- BARROW, L. H. A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, n. 3, p. 265–278, 2006.
- BELL, R. L.; SMETANA, L.; BINNS, I. Simplifying Inquiry Instruction. **The Science Teacher**, v. 72, n. 7, p. 30-33, out. 2005.
- BERLAND, L. K.; MCNEILL, K. L. A Learning Progression for Scientific Argumentation: Understanding Student Work and Designing Supportive Instructional Contexts. **Science Education**, v. 94, n. 5, p. 765-793, 2010.
- BEVINS, S.; PRICE, G. Reconceptualising inquiry in science education. **International Journal of Science Education**, v. 38, n. 1, p. 17-29, 2016.
- BLANCHARD, M. R. et al. Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. **Science Education**, v. 94, n. 4, p. 577-616, 2010.
- BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais**. MEC/SEF. 1998.
- _____. **Base Nacional Comum Curricular**. MEC/SEF. 2016.
- BRYMAN, A. **Quantity and quality in social research**. Nova Iorque: Loughborough University, 1988.
- BUCK, L. B.; BRETZ, S. L.; TOWNS, M. H. Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory. **Journal of College Science Teaching**, v. 38, n. 1, p. 52-58, set/out. 2008.
- BUNTERM, T. et al. Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 12, p. 1937–1959, 2014.
- CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Teoria e prática em ciências na escola: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 2009.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

CARROLL, L. **Alice no país das maravilhas**. São Paulo: Ática, 2000.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. Thomson, 2004.

_____. **Os Estágios nos Cursos de Licenciatura**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

_____. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CHANG, C. Y.; MAO, S. L. The effects of an inquiry-based instructional method. **Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching**. San Diego: 1998. p. 19-22.

CIURANA, A. M. G. D. La evaluación de los trabajos prácticos. **Alambique**, v. 4, 1995.

CLARK, D. B.; SAMPSON, V. Assessing Dialogic Argumentation in Online Environments to Relate Structure, Grounds, and Conceptual Quality. **Journal of research in science teaching**, v. 45, n. 3, p. 293-321, 2008.

DAWSON, V.; VENVILLE, G. J. High-school Students' Informal Reasoning and Argumentation about Biotechnology: An indicator of scientific literacy? **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 11, p. 1421-1445, 2009.

DEBOER, G. E. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. **Scientific Inquiry and Nature of Science**. Springer, 2006. Cap. 2, p. 17-35.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of a Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education**, v. 84, p. 287-312, 2000.

DUSCHL, R. A. Textbooks and the teaching of fluid inquiry. **School Science and Mathematics**, v. 86, n. 1, p. 27-32, 1986.

_____. The HS Lab Experience: Reconsidering the Role of Evidence, Explanation. **National Research Council**, 2008. Disponível em:
<http://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073329.pdf>.
Acesso em: 13 nov. 2014.

ERDURAN, S. Methodological Foundations of Learning Argumentation. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Florida: Springer, 2008.

ERDURAN, S.; OZDEM, Y.; PARK, J.-Y. Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998-2014. **International Journal of STEM Education**, v. 2, n. 5, p. 1-12, 2015.

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse. **Wiley InterScience. Publicação on-line.**, 2004.

ERICKSON, F. Qualitative Research Methods for Science Education. In: AL., B. J. F. E. **Second International Handbook of Science Education**. Springer, 2012. Cap. 93, pp. 1451-1469.

EVAGOROU, M.; JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P.; OSBORNE, J. 'Should We Kill the Grey Squirrels?' A Study Exploring Students' Justifications and Decision-Making. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 3, p. 401-428, 2012.

GOTT, R.; DUGGAN, S. A framework for practical work in science and scientific literacy through argumentation. **Research in science & technological education**, v. 25, n. 3, p. 271-291, 2007.

GOTT, R.; ROBERTS, R. **Concepts of evidence and their role in open-ended practical investigations and scientific literacy; background to published papers**. Durham, UK: The School of Education, Durham University, 2008.

GREENE, J. C.; CARACELLI, V. J.; GRAHAM, W. F. Toward a conceptual framework for mixed-method evaluation designs. **Educational Evaluation and Policy Analysis**, v. 11, n. 3, p. 255-271, 1989.

HERRON, M. D. The Nature of Scientific Enquiry. **The School Review**, v. 79, n. 2, p. 171-212, 1971.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 21, n. 3, p. 359-370, 2003.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P. Determinism and Underdetermination in Genetics: Implications for Students' Engagement in Argumentation and Epistemic Practices. **Science & Education**, v. 23, n. 2, p. 465-484, 2014.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. et al. **Resources for introducing argumentation and the use of evidence in science classrooms**. Santiago de Compostela: University of Santiago de Compostela, 2009.

JOHNSON, R. B.; ONWUEGBUZIE, A. J. Mixed methods research: a research paradigm whose time has come. **Educational researcher**, v. 33, n. 7, p. 14-26, 2004.

KATCHEVICH, D.; HOFSTEIN, A.; MAMLOK-NAAMAN, R. Argumentation in the Chemistry Laboratory: Inquiry and Confirmatory Experiments. **Research in Science Education**, v. 43, n. 1, p. 317-345, 2013.

KATCHEVICH, D.; MAMLOK-NAAMAN, R.; HOFSTEIN, A. The characteristics of open-ended inquiry-type chemistry experiments that enable argumentative discourse. **Sisyphus-Journal of Education**, v. 2, n. 2, p. 74-99, 2014.

KOKSAL, E. A.; BERBEROGLU, G. The Effect of Guided-Inquiry Instruction on 6th Grade Turkish Students' Achievement, Science Process Skills, and Attitudes Toward Science. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 1, p. 66-78, 2014.

KUHN, D. Science as Argument: Implications for Teaching and Learning Scientific Thinking. **Science Education**, v. 77, n. 3, p. 319-337, 1993.

LEMKE, J. L. **Talking science: language, learning, and values**. Ablex Publishing Corporation, 1990.

LIN, T.-C.; LIN, T.-J.; TSAI, C.-C. Research Trends in Science Education from 2008 to 2012: A systematic content analysis of publications in selected journals. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 8, p. 1346-1372, 2014.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Ensino de biologia - histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009.

MARTIN, A. M.; HAND, B. Factors Affecting the Implementation of Argument in the Elementary Science Classroom. A Longitudinal Case Study. **Science Education**, v. 39, n. 1, p. 17-38, 2009.

MCNEILL, K. L. et al. Factors impacting teachers' argumentation instruction in their science classrooms. **International Journal of Science Education**, v. 38, n. 12, p. 2026-2046, 2016.

MEANS, M. L.; VOSS, J. F. Who Reasons Well? Two Studies of Informal Reasoning Among Children of Different Grade, Ability, and Knowledge Levels. **Cognition and Instruction**, v. 12, n. 2, p. 139-178, 1996.

MENDONÇA, P. C. C.; CORREA, H. L. S.; JUSTI, R. Proposição de um instrumento para avaliação de habilidades argumentativas – parte II – validação. **Anais do Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências**. Florianópolis. 2009.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M.; SALDAÑA, J. **Qualitative data analysis**. 3ª. ed. SAGE, 2014.

MINAYO, M. **O desafio do conhecimento**. Pesquisa qualitativa em saúde. 9ª. ed. São Paulo: Hucitec, 2006.

MINNER, D. D.; LEVY, A. J.; CENTURY, J. Inquiry-Based Science Instruction - What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, n.4, p. 474 - 496, 2010.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. D. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2007.

MOREIRA, M. A. **Pesquisa em ensino**: aspectos metodológicos e referenciais teóricos à luz do Vê epistemológico de Gowin. São Paulo: EPU, 1990.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. D. S. **Uma Introdução à Pesquisa Quantitativa em Ensino**. Porto Alegre; Campo Grande: 2008.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. D. C. E. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **National science education standards**. Washington: National Academy Press, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Inquiry and the national science education standards**: A guide for teaching and learning. Washington: National Academy Press., 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **A framework K-12 Science Education**. Washington. 2012.

ONWUEGBUZIE, A. J.; COMBS, J. P. Data Analysis in Mixed Research: A Primer. **International Journal of Education**, v. 3, n. 1, p. 1-25, 2011.

OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 10, p. 994-1020, 2004.

PELLA, M. O. The laboratory and science teaching. **The Science Teacher**, p. 20-31, 1969.

PIAGET, J. **A equilibração das estruturas cognitivas**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976.

PUIG, B.; TORIJA, B. B.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **Argumentation in the classroom: two teaching sequence**. Univeridade de Santiago de Compostela. Danú. 2012.

RÖNNEBECK, S.; BERNHOLT, S.; ROPOHL, M. Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. **Studies in Science Education**, v. 52, n. 2, p. 1-37, 2016.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.

SADEH, I.; ZION, M. The Development of Dynamic Inquiry Performances with in an Open Inquiry Setting: A Comparison to Guided Inquiry Setting. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 46, n. 10, p. 1137–1160, 2009.

_____. Which Type of Inquiry Project Do High School Biology. **Science Education**, v. 42, n. 5, p. 831–848, 2012.

SADLER, T. D.; FOWLER, S. R. A Threshold Model of Content Knowledge Transfer for Socioscientific Argumentation. **Science Education**, v. 90, n. 6, p. 986-1004, 2006.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e intestigação em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. D. **Ensino de Ciências por Investigação**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. pp. 41-61.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17. número especial, p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. H.; CARVAHO, A. M. P. Ações e indicadores da construção do argumento em aula de Ciências. **Revista Ensaio**, v. 15, n. 2, p. 169-189, maio-ago 2013.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. D. Uma Análise dos Referenciais Teóricos sobre a Estrutura do Argumento para Estudos de Argumentação no Ensino de Ciências. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 243-262, 2011.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. D. A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. **Ciência e Educação**., Bauru, v. 20, n. 2, p. 393-410, 2014.

SCARPA, D. L. **Cultura escolar e cultura científica: aproximações, distanciamentos e hibridações por meio da análise de argumentos no ensino de biologia e na Biologia**. 2009. Tese de doutorado. Faculdade de Educação, Unversidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SCARPA, D. L. O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 15-30, 2015.

SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. E. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, A. M. P. D. **Ensino de Ciências por Investigação - condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, pp. 129-152, 2013.

SCARPA, D. L.; SILVA, R. P. O.; TRIVELATO, S. L. F. Proposta de validação de metodologia de análise de argumentos escritos de acordo com o TAP. **Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 2013.

SCHWAB, J. J. The teaching of science as inquiry. In: SCHWAB, J. J.; BRANDWEIN, P. F. **The teaching of science**. Cambridge: Harvard University Press, pp. 3–103, 1962.

SILVA, R. D. P. O. **Análise da argumentação e de seus processos formadores em uma aula de Biologia**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SNAPE, D.; SPENCER, L. The Foundations of Qualitative Research. In: RITCHIE, J.; LEWIS, J. **The Foundations Qualitative research practice: a guide for social science students and researchers**. Londres: SAGE publicações., 2003.

SOCIAL SCIENCE STATISTICS. Disponível em: <www.socscistatistics.com>. Acesso em: 20 out. 2016.

SOUZA, D. D. ; ARROIO, A. Construção de argumentos escritos: a influência da metodologia de ensino e do gênero do discurso. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 2, p. 283-297, 2013.

TAMIR, P. How are the laboratories used?. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 14, n. 4, p. 311-316 , 1977.

TAMIR, P.; LUNETTA, V. N. Inquiry-Related Tasks in High School Science Laboratory Handbooks. **Science Education**, v. 65, n. 5, p. 477-484, 1981.

TEIXEIRA, E. S. et al. A construção de uma argumentação sobre a síntese newtoniana a partir de atividades em grupos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 61-95, 2010.

TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

TOULMIN, S.; RIEKE, R.; JANIK, A. **An introduction to reasoning**. 2ª. ed. Macmillan, 1984.

TRIVELATO, S. F.; SILVA, R. L. F. **Ensino de Ciências**. São Paulo: Cengage Learning. Coleção ideias em ação. Coord. CARVALHO A.M.P., 2011.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, número especial, p. 99-114, 2015.

VELASCO, P. D. N. **Educando para a argumentação: Contribuições do ensino da lógica**. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.

VIGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

WALTON, D. N. **Lógica informal**. 2. ed. São Paulo: Martins fontes, 2012.

YANG, W.; LIU, E. Development and validation of an instrument for evaluating inquiry-based tasks in science textbooks. **International Journal of Science Education**, p. 1-24, 2016.

ZION, M.; MENDELOVICI, R. Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits. **Science Education International**, v. 23 , n. 4, p. 383-399, 2012.

ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 1, p. 35-62, 2002.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. As atividades de investigação no Ensino de Ciências na perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, Buenos Aires, v. 5, n. 2, p. 12-19, dez. 2010.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 3 p. 67-80, 2011.

ANEXOS

ANEXO A – Atividade de nível 1 – Confirmação

Atividade extraída de Trivelato e Silva (2011)

Original de JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al. (2009)

Parte 1

Tiago, Felipe, Isabela e Manuela, alunos do 8º ano, precisam constatar cientificamente se o ciclo da Lua afeta o crescimento das plantas. O grupo decidiu que consideraria como evidência de que as plantas crescem mais se fossem plantadas em uma determinada fase da Lua, e que o dado que deveriam recolher era a medida das plantas das quatro fases, sendo necessário um mínimo de quatro experimentos, um por fase da Lua. Para assegurar-se de que o crescimento se referia à base da Lua e não a outro fator, um dos alunos do grupo propôs usar materiais idênticos nos quatro experimentos, bem como medir a água que iria regá-las. Os materiais foram: a) sementes; b) terra; c) algodão para o início da germinação; d) uma seringa para ministrar 20 mL de água por vez; f) régua milimétrica. Eles descreveram assim os experimentos:

Começamos no dia 29 de fevereiro, no início da Lua minguante. Colocamos 15 sementes em algodão umedecido com 20 mL de água nos vasos. Uma semana depois, transportamos para a terra, voltando a colocar 20 mL de água. A inserção de água semanal até 28 de março, até que as medimos com uma régua desde a base do caule até a ponta. Repetimos o processo nos três ciclos restantes da Lua.

O quadro a seguir resume a altura em cm das plantas que germinaram (não foram todas):

Planta N.	Lua Minguante	Lua Nova	Lua Crescente	Lua Cheia
1	3,56	3,1	8,22	19,5
2	0,8	9,6	7,8	18,2
3	3,08	8,9	11	21,5
4	13,2	8,5	11,5	22
5	9,9	8	14,5	21
6	13,22	3,9	-	6
7	8,9	11,9	-	-
8	7,4	2,5	-	-
9	5,82	4	-	-
10	8,5	2	-	-
11	5,69	3	-	-
12	5,13	2,1	-	-
Média	7,1 cm	5,6 cm	10,64 cm	18 cm

Vocês deverão ajudar esses alunos a interpretar esses resultados (respondam no diário de bordo):

- 1) Vocês acreditam que é possível extrair alguma (s) conclusão (ões) a partir deles?
- 2) Vocês fariam o experimento de outro modo? Justifique.

Parte 2

As conclusões de Tiago, Felipe, Isabela e Manuela foram:

- 1) As plantas que mais cresceram foram aquelas plantadas na Lua Cheia, a partir das médias obtidas.
- 2) Se levarmos em conta a dispersão dos dados nas plantações das quatro fases, com valores altos e baixos em todas elas e sementes que não germinaram, não podemos concluir que há influência da Lua no crescimento das plantas.
- 3) É necessário aprofundar o estudo, com novos experimentos, para poder obter conclusões mais consistentes.

- Vocês estão de acordo com essas conclusões?

- Com que parte das conclusões vocês concordam ou não? Justifiquem.

ANEXO B – Atividade de nível 2 – Investigação estruturada

A fotossíntese

A fotossíntese é o nome que se dá ao processo pelo qual os vegetais obtêm seu alimento e outras substâncias necessárias para a vida, como o oxigênio.

O primeiro cientista a fazer observações importantes sobre a fotossíntese foi o químico inglês Joseph Priestley em 1771. Durante um experimento, ele percebeu que uma vela

dentro de um recipiente fechado se apagava já que não havia combustão. O que ele descobriu foi que ramos de menta acondicionados por 10 dias neste recipiente poderiam fazer a chama acender.

Ao colocar o ramo de menta, Priestley viu que gerava uma substância que tornava o ar do interior capaz de manter a vela acesa. Mais tarde, soube-se que a substância era o próprio oxigênio. Depois de fazer essa

experiência, Joseph Priestley observou também que um rato preso em uma cúpula de vidro, mesmo com alimento disponível, morria após algum tempo. No entanto, quando manteve outro rato da mesma espécie em uma cúpula juntamente com uma planta ele sobrevivia.

Durante a fotossíntese as plantas consomem gás carbônico e água, produzindo o seu próprio alimento (glicose). Ao final do processo, liberam água e gás oxigênio.

Fontes:

<http://www.cap.ufrj.br/materialdidatico/BIOCIENF6.pdf>

<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2011/08/estudos-de-seis-cientistas-ajudaram-desvendar-processo-de-fotossintese.html>

Problema: é possível verificar e observar a fotossíntese realizada pelas plantas?

Atividade prática I

Materiais:

Ramo de *Elodea*
 1 béquer de 250 ml
 1 béquer de 500 ml
 1 funil
 1 tubo de ensaio
 Bicarbonato de sódio

Procedimentos:

- Dissolver 1 colher de bicarbonato de sódio em cada um dos béqueres, com 200 ml de água em cada um deles.
- Arrumar a *Elodea* dentro do funil e colocar dentro béquer grande com a solução de bicarbonato de sódio. Tome cuidado para que a solução cubra bem o funil e não forme bolhas.
- Encher o tubo de ensaio também com a solução de bicarbonato (do béquer menor) e encaixe na haste do funil. Seja rápido para que não forme bolhas. Faça uma marcação para indicar o nível de água no tubo de ensaio.
- Agora, coloque o experimento o mais próximo possível de uma fonte de luz ou o próprio Sol.
- Levante hipóteses do que você acha que poderá observar.
- Aguarde alguns minutos e comece a observar o que está acontecendo. Registre em seu diário de bordo o tempo e as observações.

Resultados:

- O que foi possível observar após o tempo de exposição à luz?
- O volume no tubo de ensaio permaneceu o mesmo, antes e após o experimento? Explique.
- As plantas modificam o ambiente em que se encontram? Justifique.

Atividade prática II

Materiais:

3 balões volumétricos com tampa
 1 ramo de *Elodea*
 Água destilada
 Azul de bromotimol
 1 canudo

Procedimentos:

- No balão número 1, faça uma solução de água destilada e bromotimol. Tampe.
- No balão número 2, faça uma solução de água destilada e bromotimol. Coloque o ramo da planta aquática e tampe.
- Repita no balão número 3 o que foi feito no balão número 1.
- Deixar os frascos expostos à luz por algumas horas.
- Leia as informações no quadro abaixo e levante uma hipótese sobre o que você observará ao final do experimento em cada um dos balões.
- Após a exposição à luz solar, assopre com o canudo no frasco 3.

g) Observe e compare o que ocorreu nos 3 frascos.

Resultados:

- 1) Quais foram as observações em cada um dos frascos?
- 2) Construa uma explicação para o que ocorreu em cada um dos frascos. Justifique as suas explicações.
- 3) Esse experimento indica alguma evidência sobre a fotossíntese realizada pela planta aquática? Explique.

O azul de bromotimol funciona como um indicador da composição química do meio. Ele tem a propriedade de mudar de cor na presença de ácidos ou bases. Quando colocamos essa substância em meio ácido, ela fica amarela; quando em presença de meio básico, fica azul. Na ausência desses meios, ele fica verde.

Fontes:

Adaptado de

http://www.educacaopublica.rj.gov.br/oficinas/biologia/botanica/fotossintese_popup.html

GOWDAK, D. e MARTINS, E. Ciências – Novo Pensar. Editora FTD. 2006.

ANEXO C – Atividade de nível 3 – Investigação guiada

Problema:

Os estudantes do Laboratório Divina resolveram reconstruir um aquário de água doce que estava há um tempo sem peixes. Deixaram bombas de oxigenação ligadas por alguns meses e administraram a composição biológica do aquário.

Quando foram comprar os peixes, levaram uma amostra da água à loja de aquários e o vendedor revelou que água estava em boas condições para receber os peixes. Os estudantes compraram diferentes tipos de peixes. Mas, após duas semanas de cuidados, resta apenas um peixe. Todos os outros morreram.

- a) Realize o levantamento das informações necessárias para realizar a investigação desse problema (todos os acontecimentos e “pistas”).
- b) Construa uma lista de hipóteses sobre os motivos que podem ter ocasionado a morte dos peixes.
- c) Análise as suas hipóteses. Pense em como é possível eliminar as variáveis desse problema e chegar a uma solução.
- d) Qual é a solução encontrada pelo grupo? Vocês conseguiram desvendar o problema? Justifiquem as suas afirmações.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE ASSENTIMENTO

(No caso de menor entre 12 a 18 anos)

Você está sendo convidado (a) como voluntário (a) para participar do Projeto de Pesquisa “Relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o desenvolvimento de argumentos por estudantes do ensino fundamental”.

I – Neste estudo pretendemos investigar as possíveis relações entre os níveis do ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de argumentos. O motivo que nos leva a estudar esse assunto é a importância que a argumentação tem para a vida cotidiana e para o ensino de ciências. Para este estudo adotaremos o(s) seguinte(s) procedimento(s): coleta de registros escritos nos diários de bordo, transcrições dos registros e análises da qualidade dos argumentos produzidos.

II - Para que participe desse estudo, a pessoa responsável por você deverá autorizar e assinar Termo de Consentimento.

III. Você não terá custos, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você receberá esclarecimento sobre qualquer aspecto da pesquisa que desejar e estará livre para participar ou não. O responsável por você poderá retirar o consentimento e interromper sua participação a qualquer momento.

IV. Sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer prejuízo pedagógico, educacional ou para sua saúde.

V. O material coletado se destina apenas a este estudo; sua identidade será tratada conforme padrões profissionais de sigilo e você não será identificado em qualquer publicação gerada pela pesquisa.

VI. Este estudo apresenta risco mínimo, isto é, o mesmo risco existente em atividades rotineiras como conversar, tomar banho, ler etc.

VII. Os resultados estarão a sua disposição, quando finalizada a pesquisa e os dados referentes a você poderão ser liberados com a permissão da pessoa responsável por você.

VIII. O material coletado e os dados gerados ficarão arquivados no (a) Instituto de Biologia da USP, sob a guarda de Aline Mendes Geraldi.

IX. Este termo de consentimento está impresso em duas vias, uma das quais fica com o Pesquisador Responsável e a outra, com você.

Eu, _____, portador (a) do documento de Identidade _____ fui informado (a) sobre os objetivos do Projeto “Relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o desenvolvimento de argumentos por estudantes do ensino fundamental”, de maneira clara e detalhada, e minhas dúvidas foram devidamente esclarecidas. Tendo a pessoa responsável por mim assinado o Termo de Consentimento, declaro que concordo em participar desse estudo. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e que eu e a pessoa responsável por mim poderemos modificar a decisão sobre minha participação.

Recebi uma cópia deste Termo de Assentimento e me foi dada a oportunidade de lê-lo e ter minhas dúvidas esclarecidas.

_____ Participante	_____ Pesquisador
-----------------------	----------------------

Jundiaí,dede 201_.

Assinatura do (a) menor

Assinatura do (a) pesquisador (a)

No caso de haver dúvidas sobre aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

Pesquisador (a) Responsável: Aline Mendes Geraldi
Endereço: Rua Adélia de Oliveira, 12 / Pacaembú I / Itupeva - SP
E-mail: aline.geraldi@usp.br
Telefone para contato: (11) 974720629

No caso de aluno responsável pelo Projeto, informar:

Orientador (a): Daniela Lopes Scarpa
Endereço: Departamento de Ecologia do IBUSP, Rua do Matão, 101 tr.14 - Sala 361 / São Paulo - SP
E-mail: dlscarpa@usp.br
Telefone para contato: (11) 3091-7599 / 3091-7600

**APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(menores de 18 anos)**

ESTUDO: *Relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o desenvolvimento de argumentos por estudantes do ensino fundamental.*

Seu (Sua) filho (a) está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa acima citado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós.

Eu,, RG, abaixo assinado, concordo de livre e espontânea vontade que meu(minha) filho(a)....., nascido(a) em ____/____/____, participe do estudo “*Relações entre os graus de abertura de atividades investigativas e o desenvolvimento de argumentos por estudantes do ensino fundamental*”, e esclareço que obtive todas as informações necessárias.

Estou ciente que:

- I) Os diferentes momentos das aulas do projeto de Iniciação Científica serão gravados em áudio e vídeo durante o período de ____ (agosto de 2014 a novembro de 2014 ou de fevereiro de 2015 a outubro de 2015) _____. No estudo, as identidades dos alunos serão mantidas em sigilo. Os alunos terão liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo. Os resultados da pesquisa poderão ser apresentados e publicados em eventos científicos ou mesmo revistas científicas. Ao término da pesquisa será realizada uma devolutiva dos resultados para os sujeitos envolvidos na mesma. Os registros realizados para a pesquisa não serão utilizados para atribuição de notas da disciplina. Apenas as suas falas e registros escritos em diários de bordo serão utilizados como objeto de estudos da presente pesquisa.
- II) Tenho a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação;
- III) A desistência não causará nenhum prejuízo a mim, nem ao (a) meu (minha) filho(a);

- IV) Os resultados obtidos durante este ensaio serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que nem o meu nome nem o de meu (minha) filho(a) sejam mencionados;
- V) Caso eu desejar, poderei tomar conhecimento dos resultados, ao final desta pesquisa
- () Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.
- () Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

Jundiaí, de de 201_.

Participante:.....

Pesquisador Responsável pelo Projeto: _____

Aline Mendes Geraldi – RG: 40111349-8

Mestranda em ensino de ciências – ênfase em ensino de Biologia.

Orientador:

Profa. Dra. Daniela Lopes Scarpa

Endereço:

Departamento de Ecologia do IBUSP

Rua do Matão, 101 tr.14 - Sala 361

e-mail:

dlscarpa@usp.br

Telefone para contato:

(11) 3091-7599 / 3091-7600.

**APÊNDICE C – mapa de
caracterização da atividade
1**

Pergunta	Dados	Justificativas	Conclusões	Refutação/Contra-argumento	Argumento	Nível
<p>Possibilidade 1</p> <p>1) Vocês acreditam que é possível extrair alguma (s) conclusão (ões) a partir deles?</p>	<p>Nas fases de lua crescente e de lua cheia não foram todas as plantas que germinaram.</p>	<p>As amostras vegetais estavam sob as mesmas condições de água e substrato.</p>	<p>Os dados obtidos não são suficientes para afirmar a influência da lua no desenvolvimento vegetal.</p>	<p>Apesar de o crescimento ter sido maior nas fases de lua cheia e lua nova.</p> <p>Outras variáveis, como luz e temperatura podem ter influenciado no crescimento vegetal e precisam ser controladas ao longo do experimento.</p>	<p>Os dados obtidos não são suficientes para afirmar a influência da lua no desenvolvimento vegetal, pois nas fases de lua crescente e de lua cheia não foram todas as plantas que germinaram. As amostras vegetais estavam sob as mesmas condições de água e substrato, mas outras variáveis, como luz e temperatura podem ter</p>	<p>Até 3: A pergunta não solicitava com clareza um contra-argumento ou refutação.</p>

					influenciado no crescimento vegetal e precisam ser controladas ao longo do experimento.	
Pergunta	Dados	Justificativas	Conclusões	Refutação/Contra-argumento	Argumento	Nível
<p>Possibilidade 2</p> <p>Incorreta (segundo JIMENEZ e TRIVELATTO)</p> <p>1) Vocês acreditam que é possível extrair alguma (s) conclusão (ões) a partir deles?</p>	<p>A média do crescimento vegetal na Lua Cheia foi de 18 cm e na Lua Crescente foi de 10,64 cm. Nas luas minguante e nova, respectivamente, as médias foram 7,1 cm e 5,6 cm.</p>	<p>As amostras vegetais estavam sob as mesmas condições de água e substrato.</p>	<p>A lua exerce influencia no crescimento vegetal. As plantas crescem mais na lua cheia.</p>	<p>A menos que outros fatores como luz e temperatura também tenham variado ao longo do experimento.</p>	<p>A média de crescimento vegetal na Lua Cheia foi de 18 cm e as amostras vegetais estavam sob as mesmas condições de água e substrato. A lua exerce função no crescimento das plantas e elas crescem mais na Lua Cheia. A menos que outros fatores como a luz e a temperatura</p>	<p>Até 3: A pergunta não solicitava com clareza um contra-argumento ou refutação.</p>

					também tenham variado ao longo do experimento e influenciado nos resultados.	
--	--	--	--	--	--	--

Pergunta	Dados	Justificativas	Conclusões	Refutação/contra-argumento	Argumento	Nível
2) Vocês fariam o experimento de outro modo? Justifique.	Foram utilizadas 15 sementes em cada vaso e 20 ml de água em cada um, semanalmente. O crescimento na lua cheia foi maior (18 cm) e na lua crescente (10,64 cm). Na lua cheia 6 sementes não germinaram e na lua crescente 7	As amostras vegetais estavam sob as mesmas condições de água e substrato. Fatores ambientais como tempo de luz e sombra e temperatura também influenciam no crescimento vegetal.	Outras variáveis devem ser excluídas para se ter certeza sobre a influência da Lua na germinação e crescimento vegetal.	A lua cheia demonstrou uma maior influência, porém algumas sementes não germinaram. Variáveis como temperatura, tempo de luz e sombra também podem ter influenciado. Outras espécies vegetais podem apresentar outros resultados.	O experimento poderia ser feito de outra maneira para isolar outras variáveis. O tempo de luz e sombra e a temperatura também deveriam ser controlados. Seriam necessárias mais amostras para analisar todos esses fatores e os experimentos repetidos ao	Até nível 4: ao perguntar se s estudantes fariam de outra forma, solicita-se a construção de contra-argumento.

	sementes não germinaram. As médias de crescimento nas fases minguante e nova foram menores (7,1 cm e 5,6 cm). Todas as sementes germinaram.				menos uma vez. A quantidade de água e as espécies vegetais também poderiam variar.	
- Vocês estão de acordo com essas conclusões?	Plantas cresceram mais na Lua Cheia. Nem todas as plantas germinaram nas fases de lua crescente e cheia. Novos experimentos devem ser realizados.				NÃO	Se não foi solicitado explicações e justificativas. Argumentos podem não aparecer nessa questão.
- Com que parte das conclusões vocês concordam ou não? Justifiquem.	Plantas cresceram mais na Lua Cheia. Nem todas as plantas germinaram nas fases de lua crescente e cheia. Novos	Muitos fatores abióticos influenciam no desenvolvimento vegetal. A fase de germinação faz parte do desenvolvimento vegetal.	É possível concordar com todas as conclusões do grupo de estudantes. As plantas cresceram mais na lua cheia, porém	Estudantes podem apresentar contra-argumentos ao não concordarem com uma das 3 conclusões do grupo de estudantes.	É possível concordar com todas as conclusões do grupo de estudantes. As plantas cresceram mais na lua cheia, porém nem	Até nível 4.

	experimentos devem ser realizados.		nem todas germinaram. Realmente, novos experimentos devem ser realizados para verificar a influencia de outros fatores ambientais, isolando outras variáveis.		todas germinaram e a fase de germinação faz parte do desenvolvimento vegetal. Realmente, novos experimentos devem ser realizados para verificar a influencia de outros fatores ambientais, isolando outras variáveis. Muitos fatores abióticos influenciam no desenvolvimento vegetal.	
--	------------------------------------	--	---	--	--	--

Argumento geral da Atividade 1:

Os dados obtidos não são suficientes para afirmar a influência da lua no desenvolvimento vegetal, pois nas fases de lua crescente e de lua cheia não foram todas as plantas que germinaram. Apesar de o crescimento ter sido maior nas fases de lua cheia e lua nova, a germinação também faz parte do desenvolvimento vegetal. As amostras vegetais estavam sob as mesmas condições de água e substrato, mas outras variáveis, como luz e temperatura podem ter influenciado também no processo e precisam ser controladas ao longo do experimento. Muitos fatores abióticos podem influenciar no crescimento vegetal e é necessário um novo desenho experimental para que se possa isolar apenas a possível influência do ciclo lunar.

**APÊNDICE D – mapa de
caracterização da atividade
2**

Pergunta	Dados	Justificativas	Conclusões	Refutação	Argumento	Nível
1) O que foi possível observar após o tempo de exposição à luz?	Início da liberação de bolhas no tubo de ensaio.				NÃO. Questão para organização dos dados obtidos.	
2) O volume no tubo de ensaio permaneceu o mesmo, antes e após o experimento? Explique.	O volume da água no tubo de ensaio diminuiu ao longo do experimento.	Ao realizar a fotossíntese as plantas utilizam gás carbônico e água. Os produtos desse processo são glicose, água e oxigênio. Para que o processo ocorra os vegetais dependem de luz e da clorofila para captá-la. Ao mesmo tempo as plantas respiram, consumindo oxigênio e liberando gás carbônico.	As plantas utilizam a água presente no ambiente para realizar a fotossíntese, s também consomem gás carbônico e liberam oxigênio ao longo do processo.		O volume de água no tubo de ensaio diminuiu ao longo do experimento, pois a planta está liberando gases que também ocupam o espaço do tubo. Ao realizar a fotossíntese as plantas utilizam gás carbônico e água. Os produtos desse processo são glicose, água e oxigênio. Para que o processo ocorra os vegetais	Até o nível 3. Uma refutação não é claramente solicitada.

					dependem de luz e da clorofila para captá-la. Ao mesmo tempo as plantas respiram, consumindo oxigênio e liberando gás carbônico.	
--	--	--	--	--	--	--

<p>3) As plantas modificam o ambiente em que se encontram? Justifique.</p>	<p>O volume da água no tubo de ensaio diminuiu ao longo do experimento.</p> <p>Liberação de bolhas no tubo de ensaio.</p> <p>Experimento de Priestley: na ausência da planta o animal não sobrevive.</p>	<p>Ao realizar a fotossíntese as plantas utilizam gás carbônico e água. Os produtos desse processo são glicose, água e oxigênio. Para que o processo ocorra os vegetais dependem de luz e da clorofila para captá-la.</p> <p>Os gases utilizados e liberados estão presentes na atmosfera. A água é liberada ao final do processo em forma de vapor.</p> <p>Experimento de Priestley: na ausência da planta o animal não sobrevive.</p> <p>Ocorrência de liberação de bolhas no tubo de ensaio ao longo do experimento (conhecimento básico – Backing – evidência)</p>	<p>As plantas modificam o ambiente em que se encontram devido as trocas gasosas que ocorrem e a liberação de vapor de água no ambiente.</p>		<p>O volume da água no tubo de ensaio diminuiu ao longo do experimento e ocorreu a liberação de bolhas dentro do tubo.</p> <p>As plantas modificam o ambiente em que se encontra devido às trocas gasosas que ocorrem e a liberação de vapor de água no ambiente terrestre, por exemplo. Os gases utilizados e liberados estão presentes na atmosfera. A água é liberada ao final do processo em forma de vapor, mantendo a umidade do ambiente terrestre.</p>	<p>Até o nível 3. Uma refutação não é claramente solicitada.</p>
--	--	--	---	--	--	--

1) Quais foram as observações em cada um dos frascos?					NÃO. Questão para organização dos dados obtidos.	
2) Construa uma explicação para o que ocorreu em cada um dos frascos. Justifique as suas explicações.	<p>Frasco 1 – permanece verde.</p> <p>Frasco 2 – fica azul.</p> <p>Frasco 3 – fica amarelo.</p>	<p>O azul de bromotimol funciona como um indicador da composição química do meio. Ele tem a propriedade de mudar de cor na presença de ácidos ou bases. Quando colocamos essa substância em meio ácido, ela fica amarela; quando em presença de meio básico, fica azul. Na ausência desses meios, ele fica verde.</p> <p>Ao realizar a fotossíntese as plantas utilizam gás carbônico e água. Os produtos desse processo são glicose, água e oxigênio.</p> <p>Na respiração dos seres vivos ocorre o inverso, onde o oxigênio e os nutrientes são consumidos e água e gás carbônico são liberados.</p>	<p>O frasco 1 ficou verde, pois permaneceu neutro. O frasco 2 ficou azul, indicando um meio básico e o frasco 3 ficou amarelo, indicando um meio ácido.</p>		<p>O frasco 1 ficou verde, pois permaneceu neutro. O frasco 2 ficou azul, indicando um meio básico e o frasco 3 ficou amarelo, indicando um meio ácido. O azul de bromotimol funciona como um indicador da composição química do meio.</p> <p>O frasco 1 serve como grupo controle para comparações com os demais. O frasco 2 ficou azul pois a planta retira o gás carbônico</p>	<p>Até o nível 3. Uma refutação não é claramente solicitada.</p>

					<p>(ácido) do meio para realizar a fotossíntese tornando o meio básico. No frasco 3 a cor amarela indica um meio ácido, pois ao assoprar ocorre a liberação de gás carbônico e formação de ácido carbônico.</p> <p>Ao realizar a fotossíntese as plantas utilizam gás carbônico e água. Os produtos desse processo são glicose, água e oxigênio.</p> <p>Na respiração dos seres vivos ocorre o inverso, onde o oxigênio e os nutrientes são consumidos e água e gás carbônico são liberados.</p>	
--	--	--	--	--	--	--

<p>3) Esse experimento indica alguma evidência sobre a fotossíntese realizada pela planta aquática? Explique.</p>	<p>Frasco 2 – fica azul.</p>	<p>O azul de bromotimol funciona como um indicador da composição química do meio. Ele tem a propriedade de mudar de cor na presença de ácidos ou bases. Quando colocamos essa substância em meio ácido, ela fica amarela; quando em presença de meio básico, fica azul. Na ausência desses meios, ele fica verde. Ao realizar a fotossíntese, as plantas utilizam gás carbônico e água. Os produtos desse processo são glicose, água e oxigênio.</p>	<p>O frasco 2 ficou azul, indicando um meio básico e evidências de ocorrência da fotossíntese.</p>		<p>O frasco 2 ficou azul, indicando um meio básico. As plantas utilizaram o gás carbônico para realizar a fotossíntese, deixando o meio básico, portanto o experimento indica evidências da fotossíntese realizada pela planta.</p>	<p>Até o nível 3. Uma refutação não é claramente solicitada.</p>
---	------------------------------	--	--	--	---	--

OBS: Levar em conta o levantamento de hipóteses que foi solicitado antes da atividade pela professora.

Argumentos gerais da Atividade 2:

Argumento 1: O volume da água no tubo de ensaio diminuiu ao longo do experimento e ocorreu a liberação de bolhas, logo a planta estava realizando fotossíntese, pois elas liberam gases ao longo da fotossíntese e da respiração e esses gases passam a ocupar o volume do tubo de ensaio também, juntamente com a água. As plantas modificam o ambiente em que se encontram devido às trocas gasosas que ocorrem e a liberação de vapor de água no ambiente terrestre, por exemplo. Os gases utilizados e liberados estão presentes na atmosfera. A água é liberada ao final do processo em forma de vapor, deixando o ambiente terrestre mais fresco e úmido.

Argumento 2: O azul de bromotimol funciona como um indicador da composição química do meio e ao longo do experimento o frasco 1 ficou verde, pois permaneceu neutro, o frasco 2 ficou azul, indicando um meio básico e o frasco 3 ficou amarelo, indicando um meio ácido. O frasco 1 serve como grupo controle para comparações com os demais. O frasco 2 ficou azul pois a planta retira o gás carbônico (ácido) do meio para realizar a fotossíntese tornando o meio básico. No frasco 3 a cor amarela indica um meio ácido, pois ao assoprar ocorre a liberação de gás carbônico e formação de ácido carbônico. A cor azul do meio presente no frasco 2 pode ser uma evidência de que a planta realizou fotossíntese, pois a concentração de gás carbônico foi reduzida e este foi utilizado pela planta ao longo do processo, deixando o meio básico e alterando a cor do indicador de pH.

**APÊNDICE E – mapa
de caracterização da
atividade 3**

Pergunta	Respostas	Dados	Justificativas	Conclusões	Refutação	Argumento	Nível
a) Realize o levantamento das informações necessárias para realizar a investigação desse problema (todos os conhecimentos e “pistas”).	A partir do nível 3 as questões são abertas e não é possível prever as respostas dos estudantes. Os dados serão coletados e organizados por eles.						Organização dos dados apenas.
b) Construa uma lista de hipóteses sobre os motivos que podem ter ocasionado a morte dos peixes.	A partir do nível 3 as questões são abertas e não é possível prever as respostas dos estudantes. Os dados serão coletados e organizados por eles.						Organização dos dados apenas.
c) Análise as suas hipóteses. Pense em como é possível eliminar as variáveis desse problema e chegar a uma solução.	A partir do nível 3 as questões são abertas e não é possível prever as respostas dos estudantes. Os dados serão coletados e organizados por eles.						Até 3: A pergunta não solicitava com clareza um contra-argumento ou refutação.

<p>d) Qual é a solução encontrada pelo grupo? Vocês conseguiram desvendar o problema? Justifiquem as suas afirmações.</p>	<p>A partir do nível 3 as questões são abertas e não é possível prever as respostas dos estudantes. Os dados serão coletados e organizados por eles.</p>						<p>Até 3: A pergunta não solicitava com clareza um contra-argumento ou refutação.</p>
--	--	--	--	--	--	--	---