CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

COMPREENSÕES DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO TÉCNICO SOBRE MODELOS EM BIOLOGIA

Bruna Levy Pestana Fernandes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título em mestre.

Orientadora: Juliana Machado

Rio de Janeiro
Julho 2020

COMPREENSÕES DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO TÉCNICO SOBRE MODELOS EM BIOLOGIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título em mestre.

Bruna Levy Pestana Fernandes

Banca Examinadora:

_____

Presidente, Professora Dra. Juliana Machado (CEFET/RJ) (Orientadora)

_____

Professor Dr. Marco Antonio Barbosa Braga (CEFET/RJ)

_____

Professora Dra. Rosária da Silva Justi (UFMG)

SUPLENTE

_____

Professor Dr. Marcelo Borges Rocha (CEFET/RJ)

Rio de Janeiro
Julho 2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

F363 Fernandes, Bruna Levy Pestana
Compreensões de alunos do ensino médio técnico sobre modelos em biologia / Bruna Levy Pestana Fernandes — 2020.
130f : il.(algumas color.) , enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2020.
Bibliografia : f. 118-114
Orientadora: Juliana Machado

1. Microbiologia. 2. Ciências (Microbiologia) – Estudo e ensino. 3. Biologia – Estudo e ensino. 4. Educação – Brasil. I. Machado, Juliana. II. Título.

CDD 579

Elaborada pela bibliotecária Tania Mello – CRB/7 nº 5507/04

AGRADECIMENTOS

Não é fácil colocar em palavras toda a gratidão que sinto pelas pessoas que me cercam e que tanto me ajudaram, mas aqui tento de forma resumida demonstrar o quanto são importantes na minha vida.

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Lair e Marcelo, que possibilitaram que eu chegasse até aqui. Sempre me impulsionando, admirando e estimulando mesmo sem muitas vezes compreender direito o que eu fazia.

À minha irmã, Camilla, que no auge dos seus 15 anos me ensina e estimula todo dia a ser melhor. Tudo que faço na vida é também por ela e para ela.

Às minhas tias, Valéria e Cândida, que com muito carinho, incentivo e cuidado nunca deixaram de acreditar em mim. Assim como meus tios, Adilson e Cláudia, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais felizes e também mais tristes. Vocês quatro são fundamentais na minha vida.

À minha vó, Lili, que por tanto passou nestes últimos anos mas seguiu firme e hoje está aqui comemorando comigo mais uma conquista.

Aos meus primos, Caíque e Mayara, que compartilham comigo a família, os pensamentos e as discussões. Obrigada pelos 26 anos de parceria.

Ao Eduardo, meu companheiro, amigo e amor que me acalma e me acolhe com o mesmo carinho em que motiva. Obrigada por nunca deixar de acreditar em mim, no meu trabalho e no meu potencial.

À Allessandra que sempre esteve comigo e acreditou em mim mesmo nos meus maiores momentos de incerteza. Obrigada pelo ombro, pelas conversas e por trazer a Antonella para as nossas vidas.

Agradeço também aos professores que cruzaram meu caminho no CEFET e tanto me ensinaram, não só sobre educação, ensino de ciências e pesquisa, como também sobre a vida, sempre solícitos, justos e cuidadosos. Esses últimos dois anos farão toda a diferença nos caminhos futuros que irei trilhar.

Ao Prof. Dr. Guilherme Matos por nos acolher tão bem e nos permitir entrar na atividade. Aos alunos queridos que dedicaram seu tempo e aceitaram imediatamente participar voluntariamente desta pesquisa. Tudo isso só foi possível graças a vocês.

Agradeço especialmente à minha orientadora Prof.ª Drª. Juliana Machado, que me acompanhou e ajudou ao longo deste processo. Ju, os últimos anos foram agitados para nós, obrigada por sempre se manter calma e confiante e por todos os ensinamentos.

Obrigada também a todos os meus amigos que tanto me apoiaram e que, ainda bem, são tantos que eu não me atreveria a nomear. Eles que entenderam a minha ausência, compartilharam angústias e experiências. Sou muito grata a vocês.

RESUMO

Compreensões de alunos do Ensino Médio Técnico sobre modelos em Biologia

Visando discutir compreensões de modelos científicos, esse estudo tem como objetivo identificar e analisar as concepções de alunos, que haviam realizado uma atividade de bioinformática com foco em microbiologia, proposta por professores de uma escola técnica localizada no Rio de Janeiro. O conceito de modelos aqui adotado foi o de Gilbert e Boulter (2000) de modelos como representação de algo que serve como instrumento para atingir alguma finalidade específica. Para alcançarmos nosso objetivo, optou-se por entrevistas semiestruturadas e individuais com cada um dos participantes, contendo perguntas diretas (sem exemplos) e amplas (com exemplos microbiológicos e de outros tipos) feitas de maneira objetiva para compreender diferentes aspectos sobre a compreensão de modelos. O quadro teórico teve como base as categorias e os níveis de complexidade utilizados por Grünkorn et al. (2014) para a análise e como forma de atribuir significação às respostas obtidas nas entrevistas. Os fragmentos de resposta foram identificados e separados em aspectos sobre a compreensão de modelos, sendo eles: natureza dos modelos ou múltiplos modelos referentes a concepções epistemológicas individuais de modelos e objetivo, testagem ou mutabilidade dos modelos referentes a processos cognitivos quanto a reflexão do uso de modelos nas ciências. Os resultados mostraram certa diferença entre a forma em que os alunos viam modelos microbiológicos em relação aos outros exemplos em alguns aspectos, mas esta distinção foi vista como consequência do modelo apresentado em si e o contexto em que eles haviam visto aquele modelo anteriormente. Adicionalmente, concluímos que estas diferenças estejam ligadas também às características do modelo apresentado, juntamente às do original (alvo) e/ou do campo conceitual a que ele está enquadrado (seja de microbiologia ou não). Ou seja, a forma em que o modelo científico, no contexto de biologia, é entendido pelos alunos varia dependendo da forma em que ele é apresentado em sala de aula, do seu campo conceitual e objeto alvo. Não há uma definição única dos alunos a respeito de modelos científicos e seu uso nas ciências, elas tendem a variar de acordo com os exemplos, mas a ideia de modelo como cópia do original se faz presente em muitos aspectos.

Palavras-chave: Modelos; Microbiologia; Ensino de Biologia; Ensino de Ciências

ABSTRACT

Technical school's students conceptions about models in Biology

Intending to discuss understandings of scientific models, this study aims to identify and analyse the conceptions about models of students whom took part in a bioinformatics activity, focused on microbiology, that was held at a technical school located in Rio de Janeiro. The concept of models adopted in this research was the Gilbert and Boulter (2000) view of models as representations of something that is used as an instrument to achieve a specific purpose. To accomplish our goal, we adopted semi-structed and individual interviews with each participant, which included direct questions (without examples) and open questions (with microbiological and other types of examples) that was built in specific way to understand different aspects about the conceptions of models. The theoretical framework was based on the categories and levels of complexity used by Grünkorn et al. (2014) for the analysis and as a way to assign meaning to the answers acquired in the interviews. The fragments of the answers were identified and classified into aspects about the understanding of models: nature of models or multiple models referring to individual epistemological conceptions of models and testing, changing or purpose of models referring to cognitive processes regarding the view of the use of models in sciences. The results showed some differences between how students conceive microbiological models and how they saw other examples in some aspects, but this controversy was seen as a consequence of the of the model presented itself and the context in which they had seen that model before. In addition, we conclude that those differences are also linked to the characteristics of the model and those of the original (target) and/or the conceptual field that the model belongs (whether microbiology or not). In other words, the way that the scientific model, in the context of biology, is understood by students differs depending on the way it is showed in the classroom, its conceptual field and the target object. There is no single definition by students regarding scientific models and their use in science, they tend to vary according to the examples, but the idea of model as a copy of the original is seen in many aspects.

Keywords: Models; Microbiology; Biology Teaching; Science Teaching

SUMÁRIO

Introdução		**10**
1	**Microbiologia e o uso de software na sala de aula**	**17**
1.1	Microbiologia no ensino de ciências	17
1.2	Software em sala de aula	20
1.2.1	Modelos em Software e sua utilização no ensino de microbiologia	22
2	**Um panorama sobre modelos no ensino de ciências**	**27**
2.1	Analogias e metáforas no ensino de ciências	27
2.2	Modelos: conceitos e utilização no contexto do ensino de ciências	30
2.3	Modelos e analogias	37
3	**Teoria e Metodologia da pesquisa**	**39**
3.1	Bases teórico-metodológicas	39
3.1.1	Sobre a compreensão de alunos sobre modelos	39
3.1.2	Sobre o conceito de modelos adotado na pesquisa	44
3.2	Classificação da pesquisa	45
3.3	A atividade de bioinformática e os participantes da pesquisa	46
3.4	Sequência metodológica e instrumentos de coletas de dados	49
3.4.1	O instrumento e aspectos da elaboração do protocolo	50
3.5	Análise de dados	54
3.5.1	Sobre as categorias utilizadas	57
3.5.2	Sobre a validação	77
4	**Resultados**	**79**
4.1	Natureza dos Modelos	80
4.2	Objetivo dos Modelos	88

4.3 Mutabilidade dos Modelos 92

4.4 Multiplicidade dos Modelos 96

4.5 Testagem dos Modelos 102

5 Conclusões 105

5.1 Sobre as categorias utilizadas 105

5.2 Sobre a pergunta de pesquisa e seus desdobramentos 106

Considerações Finais 111

Referências 114

Apêndice A – Protocolo das Entrevistas 119

Apêndice B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 129

Introdução

Ensino de ciências

Desde o início de suas vidas, as crianças buscam os sentidos para os fenômenos que observam ao seu redor. As ideias das crianças e dos cientistas não estão no mesmo nível, mas como os cientistas, as crianças são influenciadas pelos resultados esperados ou não de suas experiências e, de certo modo, resistem a mudar suas ideias formadas intuitivamente (OSBORNE; FREYBERG, 1985; GÖDEK, 2004).

O ensino de ciências possui importância fundamental na forma em que as crianças exploram suas ideias, discutem e tentam encontrar ideias mais apropriadas e, assim, elabora-las (OSBORNE; FREYBERG, 1985). Assim como também procura obter uma perspectiva de coerência científica o qual a criança pode entender e correlacionar ao ambiente ao seu redor. (GILBERT; OSBORNE; FENSHAM, 1982).

Sendo assim, os professores de ciências seriam aqueles que deveriam reforçar a relação entre as ideias de crianças e cientistas por meio do conhecimento do assunto, que é derivado da visão dos cientistas, do currículo e do conhecimento pedagógico (GILBERT; OSBORNE; FENSHAM, 1982; GÖDEK, 2004), porém, isso nem sempre acontece.

> Despite the teachers' intentions in teaching science, the instruction given, the language used and the experiments carried out in science classrooms, children still have problems regarding understanding of science. One of the reasons for these problems, that has already been mentioned, is that children's ideas are not taken into account in science classrooms[1] (GÖDEK, p. 55, 2004).

Quando trabalhamos certos tópicos em sala de aula como, por exemplo, a origem da vida, muitas teorias e modelos formados por cientistas são mencionados. Porém, não podemos considerar nenhuma delas como errada já que todas foram necessárias em algum

[1] Apesar da intenção dos professores em ensinar ciências, das instruções dadas, da linguagem utilizada e dos experimentos realizados nas aulas de ciências, as crianças ainda apresentam problemas no entendimento da ciência. Uma das razões para esses problemas, que já foi mencionado, é o fato das ideias das crianças não serem levadas em consideração nas aulas de ciências.

momento para que se chegassem a novas teorias, cada vez mais acuradas, sobre o tema. Com essa mesma análise, Osborne e Freyberg (1985) sugerem que as ideias das crianças sejam consideradas pelos professores para, além de incentivar sua curiosidade, imaginação e criatividade, servir de ponte para a compreensão e construção e elaboração de suas ideias.

Ao refletirmos sobre ensino de ciências feito nas escolas precisamos antes, analisar aspectos sobre a Natureza da Ciência, cuja definição é considerada nesta pesquisa como uma visão epistemológica e sociológica da ciência, que a vê como um meio de obter conhecimento, assim como os valores e crenças inerentes do conhecimento científico e do seu desenvolvimento. (LEDERMAN, 1992; LEDERMAN 2002).

Mesmo que haja concordância na importância de se ensinar sobre Natureza da Ciências nas escolas, tanto alunos quanto professores não possuem normalmente uma visão clara e adequada sobre o tema (LEDERMAN, 2002; MURCIA; SHIBECI, 1999; TORRES; VASCONCELOS, 2015).

Ao falarmos da construção das ciências nas escolas e, consequentemente, na formação científica da população em geral, conseguimos perceber claramente como isso pode nos afetar enquanto sociedade. Nos últimos anos, com o aumento do volume de informações, muito se debateu sobre a ciência a ponto de desacreditá-la em alguns aspectos.

O século XXI, devido aos avanços tecnológicos, possibilitou uma maior troca de informações, com a globalização, e de conhecimento. O que se pode perceber ao longo do tempo, é que esse tipo de interação acabou dando margem a propagação de notícias falsas e/ou manipuladas (fake news) (ARAGÃO et. al, 2019). Neste momento, vivemos uma dicotomia onde as ciências são, quase que em proporções semelhantes, apoiadas em e negadas a todo momento, de acordo com interesses específicos políticos, sociais ou econômicos.

> Analisando o cenário atual, onde tem-se maior acesso às publicações científicas sobre as mais diversas áreas do conhecimento, contempla-se os avanços tecnológicos e o progresso de cientistas brasileiros, paralelamente, se visualiza notícias nas mídias de ataques às pesquisas e produções científicas, não reconhecendo os resultados demonstrados e desvalorizando a ciência por meio de falácias (ARAGÃO et al., p. 7, 2019).

Outros aspectos do conhecimento científico, teoricamente, já "consolidados" na sociedade como a importância das vacinas e a forma da Terra têm sido discutidos amplamente, inclusive por governantes, como demonstra a pesquisa de Aragão et. al. (2019). E assim, parte da população desacredita e desmerece conhecimentos científicos, ao mesmo tempo em que cobram e usufruem de descobertas científicas que os beneficiem.

Atualmente, com a pandemia da Covid-19 instaurada no mundo, essa dicotomia se tornou cada vez mais evidente, ao passo que os conhecimentos sobre o vírus e os alertas foram minimizados até que se tornasse um problema global. Mesmo assim, muitas pessoas e representantes de Nações ainda questionam publicamente a veracidade das informações veiculadas em revistas científicas.

O que percebemos é que há uma construção da ciência "em tempo real" onde artigos são publicados ao redor do mundo sobre o mesmo assunto, uns mais completos e outros nem tanto, causando discussões e relativizações evidenciando uma sociedade que não compreende a construção científica e a forma com que ela se modifica ao longo do tempo, nem como seus princípios são validados.

Dito isto, vale a pena o questionamento sobre como a ciência é ensinada nas escolas e, consequentemente, sobre o conhecimento e as compreensões que a sociedade em geral tem sobre a construção científica. Qual informação sobre a construção da ciência é passada adiante quando ensinamos sobre ciências? Nesta análise, podemos incluir os modelos científicos e a forma com que eles são abordados na sala de aula.

Sobre o uso de modelos, Gödek (2004) afirma que os professores devem ser cuidadosos. Se o objetivo do ensino de ciências é ajudar as crianças a construírem o próprio conhecimento, os professores devem assegurar que os modelos utilizados por eles nas salas de aula estimulem o espírito investigativo delas a construírem o próprio conhecimento (GÖDEK, 2004).

Modelos, Microbiologia e Softwares: um pouco sobre o foco da pesquisa

Modelos estão presentes no nosso dia a dia e ao nosso redor o tempo todo. Modelos de previsão do tempo, por exemplo, são apresentados nos jornais, modelos sobre

mudanças climáticas, sobre vacinação e imunidade de grupo, dentre outros. Portanto, um conhecimento sobre modelos, o processo de construção de modelos e seu uso nas ciências não é importante somente para os cientistas, este conhecimento é importante para os processos de tomada de decisão que todos têm que fazer no seu cotidiano (OH; OH, 2011; JANSEN et al., 2019).

Gilbert e Boulter (2000) que modelos e o processo de construção deles são elementos-chave para o trabalho dos cientistas mas também dos cidadãos participantes de discussões sociais e tomadas de decisão no seu dia a dia.

O conhecimento a respeito de modelos científicos e o processo de construção desses modelos não somente facilita o aprendizado científico como também auxilia no desenvolvimento da compreensão de como a ciência descreve e investiga fenômenos (GILBERT; BOULTER, 2000; GRÜNKORN et al., 2014; JANSEN et al., 2019). Sendo assim, estudar modelos científicos seria também estudar a estrutura do conhecimento científico em si.

No ensino de ciências, os modelos e o processo de construção de modelos possuem um papel importante na comunicação dos alunos com o objeto a ser estudado através da visualização com o propósito de fornecer uma explicação. Além do papel de explicar, os modelos também podem auxiliar na descrição e na criação de predições sobre determinado objeto e na divulgação de conhecimentos dos cientistas com seus pares e com o público em geral (OH; OH, 2011). Portanto, na sala de aula, os professores utilizam modelos como forma de apoio para demonstrar e explicar elementos específicos e mais elaborados do conhecimento científico.

> No ensino de biologia, em geral, os modelos são muitas vezes apresentados de uma forma limitada, somente com ilustrações e/ou com objetivos de comunicação e explicitação. Negligenciando todo o processo científico por trás da construção destes modelos e seu uso nas ciências (JANSEN et al., 2019).

A Microbiologia pode ser definida como uma área que estuda organismos somente visíveis pelo microscópico (AVILA-CAMPOS, 2016; BARBOSA; BARBOSA, 2010) e vem ganhando cada vez mais destaque por suas contribuições em benefício da humanidade, tanto na área da saúde, como na agricultura, indústria, meio ambiente e biotecnologia (CÂNDIDO et al., 2015). Contudo, muitas vezes os alunos e os professores retratam uma dificuldade de se tratar esse tema em sala de aula seja por falta de interesses

ou recursos (CASSANTI; ARAÚJO; URSI, 2008; CÂNDIDO et al., 2015).Uma alternativa para facilitar o processo de ensino-aprendizagem em microbiologia na escola pode ser a utilização de modelos.

Aulas práticas de laboratórios são bastante comuns para a abordagem desse tema mas por demandarem tempo, dependerem de certos recursos e conhecimentos específicos, nem sempre são viáveis de serem realizadas e quando são, nem sempre atendem aos objetivos propostos (CÂNDIDO et al., 2015).

A tecnologia vem fazendo parte de nossas vidas de forma cada vez mais ativa e essa nova geração de estudantes, já possui a tecnologia como sendo parte integrante de quem são e como se relacionam. A utilização de ferramentas tecnológicas pode, muitas vezes, aproximar o conteúdo ministrado ao cotidiano dos alunos e despertar seu interesse numa linguagem com a qual estão, de certa forma, mais ambientados. Sendo assim, os professores podem também utilizá-las para desenvolver o raciocínio lógico e a consciência crítica dos alunos através do aprendizado necessário para manipular o instrumento informático e o conteúdo a ser estudado (TOLEDO, 2015).

Ortis, Krause e Santos (2019) apoiando-se em Mora (2016) indicam que o as Tecnologias da informação e Comunicação (todos os meios oriundos do surgimento da ciência da computação, permitindo a comunicação e interação com fins educacionais ou não) vêm crescendo nos últimos anos. Quando falamos em sala de aula, a própria Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB – Lei 9394/96) aborda em vários artigos a necessidade de formação do cidadão para uso de tecnologias nos diversos níveis de ensino (ORTIS; KRAUSE; SANTOS, 2019).

Na microbiologia, Ruiz, Gil e Corbo (1989) destacam a importância do crescimento de micro-organismos de diferentes meios de cultura para a experimentação em microbiologia. Mas, muitas vezes, experimentos que analisam a evolução e a interação entre as populações de micro-organismos são demorados e difíceis de serem manipulados em sala de aula pelos professores. Para os autores, as simulações de computador (que existem em programas já desenvolvidos para esta finalidade) são grandes aliadas para analisar os resultados de um experimento deste tipo sem que seja preciso reproduzi-lo em aulas experimentais.

Sobre a utilização de softwares nas escolas, um estudo de Ortis, Krause e Santos (2019) com, especificamente, o contexto da física, mostra que os professores possuem

recursos tecnológicos e softwares à disposição, porém, acabam não os utilizando pela dificuldade em fazer um planejamento de atividades com estas ferramentas. De qualquer forma, os softwares podem agir criando modelos representacionais que possibilitem aos alunos, analisar, fazer predições, criar e testar hipóteses de maneira mais rápida ou até mesmo criar modelos de coisas que não podem ser vistas e testadas de outra maneira, e por isso, o seu potencial como ferramenta pedagógica precisa ser reconhecido.

Nesta temática do uso de modelos de microbiologia em softwares com objetivo escolar, uma atividade de bioinformática foi realizada por professores de uma rede federal de ensino no Rio de Janeiro com o objetivo central de incentivar os estudantes de ensino médio a aprenderem a utilizar ferramentas de bioinformática em comunidade microbianas com a manipulação de dados reais.

Na atividade proposta, a palavra modelos no contexto científico foi muitas vezes utilizada sem que houvesse uma explicitação clara da sua definição por alunos e professores. Era possível perceber que os participantes provavelmente possuíam uma concepção já formada sobre modelos científicos mas que nem sempre ela estava consolidada para quem utilizava o termo, inclusive pelo fato de falarem de diferentes tipos de modelo ao mesmo tempo: gráficos, pictóricos, matemáticos, entre outros.

Ao considerarmos modelos científicos importantes para a compreensão da natureza da ciência e dos fenômenos naturais, assim como ferramentas muito utilizadas no ensino de ciências (GROSSLIGHT et al., 1991), investigar as concepções que os alunos possuem sobre o tema, sua utilização e seus objetivos, se torna imprescindível para um maior entendimento do que é ensinado sobre ciências nas escolas e, principalmente, como a ciência é compreendida pelos estudantes.

Com base nas considerações anteriormente expostas e no acompanhamento da realização da atividade de bioinformática, desenvolveu-se uma proposta de pesquisa com o objetivo central de caracterizar as compreensões dos alunos, que realizaram uma atividade de bioinformática com foco em microbiologia, sobre modelos, a fim de responder a seguinte questão norteadora da pesquisa: Quais as compreensões de alunos, que realizaram uma atividade de bioinformática com foco em microbiologia, sobre modelos?

Cinco objetivos específicos foram delineados:

1) Caracterizar os alunos participantes desta pesquisa

2) Analisar as concepções prévias dos alunos sobre modelos através de perguntas diretas sobre o que eles pensam ser modelos científicos e suas funções.
3) Analisar as concepções que os participantes possuem sobre diferentes tipos de modelos científicos: microbiológicos, de processos, genéticos, entre outros.
4) Categorizar as respostas obtidas a fim de comparar as diferentes concepções para verificar se há alguma distinção na forma em que veem esses diferentes modelos, em contextos variados.

Como a pesquisa se encontra na temática de microbiologia e utilização de softwares para criação de modelos no Ensino de Ciências, no capítulo 1 há uma revisão de literatura sobre aspectos da microbiologia no ensino de ciências, a utilização dos softwares em sala de aula e, mais especificamente, no ensino de modelos e microbiologia.

No capítulo 2, é feito um panorama sobre modelos no ensino de ciências começando com a utilização de analogias e metáforas neste contexto, posteriormente os conceitos de modelo e como ele é comumente utilizado no ensino de ciências são discutidos e, por fim, há a comparação de modelos e analogias explicitando como estes podem ajudar na compreensão das entidades científicas na sala de aula.

No capítulo 3 é feita a apresentação das bases teórico-metodológicas da pesquisa. Inicialmente caracterizando a pesquisa, a contextualizando através da caracterização da atividade, do ambiente e dos participantes, depois expondo a sequência metodológica e os instrumentos de coletas de dados, dando ênfase na criação do protocolo das entrevistas, já que estas serão a principal fonte de coletas de dados da pesquisa. Ao final, há a exposição dos métodos utilizados para a análise de dados.

No capítulo 4, são apresentados e discutidos os resultados obtidos na pesquisa e no capítulo 5 as conclusões que pudemos inferir com estes resultados. No último capítulo, são expostas as considerações finais da pesquisa, com as suas limitações e sugestões para estudos futuros.

1. Microbiologia e o uso de software na sala de aula

Neste capítulo discutiremos alguns aspectos sobre: a importância da microbiologia no ensino de ciências, como ela é normalmente abordada na escola e quais são as dificuldades que os alunos enfrentam na sua compreensão, bem como as dificuldades dos professores em abordar o assunto em sala de aula e como normalmente ele surge no currículo escolar. E nas duas últimas seções, abordaremos alguns enfoques do uso de softwares em sala de aula e, especificamente, no ensino de modelos e microbiologia.

1.1 - Microbiologia no ensino de ciências

"A microbiologia deriva do grego: mikros ("pequeno"), bios ("vida"), e logos ("ciência")" (AVILA-CAMPOS, 2016, p.1). Segundo Cândido et al. (2015) e Barbosa e Oliveira (2015, p. 5) "A microbiologia é classicamente definida como a área da ciência que se dedica ao estudo de organismos e suas atividades, que somente podem ser visualizados ao microscópio", englobando eucariontes, procariontes e unicelulares (BARBOSA; BARBOSA, 2010). Ela estuda organismos microscópicos de acordo com as suas estruturas, aspectos físicos, químicos e biológicos e como se relacionam com si mesmo e o meio, tanto como seres benéficos como prejudiciais ao hospedeiro. (AVILA-CAMPOS, 2016).

> Em Microbiologia podem-se estudar os organismos em detalhes e observar seus processos vitais durante o crescimento, reprodução, envelhecimento e morte. Com a alteração das condições ambientais, se podem alterar as atividades metabólicas, regular o crescimento e, alterar o padrão genético, sem ocasionar a destruição microbiana (AVILA-CAMPOS, 2016, p. 1).

Portanto, aprender sobre microbiologia auxilia no entendimento dos estudantes sobre a importância dos micro-organismos no meio ambiente e a influência deles em suas

vidas (CASSANTI *et al*., 2008) e as atividades laboratoriais nessa área são cruciais para o desenvolvimento do aluno (BARBOSA; BARBOSA, 2010).

Normalmente, o tema da microbiologia surge no currículo escolar reduzindo micro-organismos a agentes causadores de doenças sendo que apenas 2% das bactérias são patogênicas ao homem (CASSANTI et al., 2008). A maioria das pessoas enxerga os micro-organismos como algo que se deva temer por estarem familiarizadas com os impactos negativos que são amplamente divulgados e porque quase nada se fala sobre como são essenciais à vida (SOCKER, 2001). Portanto, é preciso que esses estudantes consigam relacionar esses micro-organismos não só a patologias como também entenderem a sua importância ecológica e no funcionamento do nosso organismo e a escola poderia ser a ponte para levar essas informações até eles.

> Microrganismos interagem conosco no dia a dia, sendo assim, o conhecimento do mundo microbiológico e a compreensão de sua existência, associados à propagação de doenças relevantes, aos benefícios à saúde, ao funcionamento e manutenção da vida em padrões ecológicos é de fato relevante (BARBOSA; OLIVEIRA, 2015, p. 5).

A relevância do tema já é bem conhecida mas mesmo assim é muitas vezes negligenciada nas aulas. Muito se deve às dificuldades dos professores em saberem quais estratégias interessantes e estimulantes utilizar para abordar um tema que muitas vezes pode ser tão abstrato para os alunos causando um certo desinteresse por parte deles (CASSANTI *et al*., 2008). Mesmo que o advento da genômica, bioinformática e cursos à distância tenha, de certa forma, facilitado a conexão entre microbiologistas e o ensino escolar (SOCKER, 2001) é preciso saber se há um interesse, um preparo e recursos disponíveis que propiciem a utilização de novas técnicas na abordagem do tema.

A pesquisa realizada por Cândido et al. (2015) teve como objetivo identificar a realidade do ensino de microbiologia na escola e propor atividades práticas de baixo custo e de fácil execução para serem utilizadas em aulas do Ensino Médio. Primeiramente, fizeram observações das aulas ministradas e perceberam que o tema da microbiologia era exposto de forma simples, procurando contextualiza-lo ao cotidiano dos alunos mas estes pouco interagiam e, quando perguntados sobre o tema, apresentavam um conhecimento de senso comum. Nenhuma aula experimental em Microbiologia foi realizada pois a professora alegou que além da sua pouca experiência e falta de segurança, a sobrecarga

de aulas tornava mais difícil para os professores preparem e executarem aulas práticas no ambiente escolar. Também frisou o fato do assunto ser mais complexo, na visão dela, e os alunos terem pouco interesse na temática. No questionário aplicado aos alunos, a maioria demonstrou que consegue relacionar a microbiologia com seu cotidiano (possivelmente pela divulgação do conhecimento microbiológico nos meios de comunicação) e que as aulas práticas sobre o tema são muito importantes e despertam o interesse deles.

Com um objetivo similar, Cassanti et al. (2008) realizaram um estudo no qual fizeram experimentos simples de laboratório sobre microbiologia com alunos da rede pública e privada. Eles aplicaram um pré teste e um pós teste com algumas perguntas, dentre elas: se os alunos sabiam o que era "microbiologia" e se eles achavam que havia bactérias em todos os lugares. A maior parte dos alunos (de ambas as redes de ensino) afirmou que sabia "um pouco" sobre microbiologia no pré teste e no pós teste a maioria afirmou que "sim", sabiam agora sobre microbiologia. Em relação a segunda pergunta, a maioria dos alunos da rede pública afirmou saber que haviam bactéricas em todos os lugares enquanto na escola particular um número grande de alunos não tinha essa informação no pré teste. No pós teste, os alunos da particular mudaram de opinião afirmando que as bactérias estão presentes em todos os lugares.

Os resultados e os artigos de Barbosa e Barbosa (2010), Cassanti et al. (2008), Cândido et al. (2015) confirmam que é possível realizar um processo de ensino-aprendizagem eficiente de microbiologia mesmo utilizando recursos de baixo custo, bem como é possível utilizar as novas tecnologias disponíveis para realizar um trabalho mais complexo com os alunos dependendo do interesse dos professores envolvidos e de que tipo de objetivo se pretende alcançar. Vale ressaltar que muitos dos trabalhos encontrados nessa pesquisa sobre microbiologia no ensino de ciências, indicam a atividade prática/laboratorial como metodologia eficiente para facilitar o processo de ensino-aprendizagem na temática (CASSANTI *et al.*, 2008; CÂNDIDO *et al.*, 2015 (BARBOSA; BARBOSA, 2010) mas também, quando há oportunidade e recursos, é possível utilizar softwares e ferramentas tecnológicas, como por exemplo, para analisar resultados de experimentos simulados (RUIZ; GIL; CORBO, 1989).

1.2 - Software em sala de aula

Na segunda metade da década de 1990, com a Revolução Tecnológica, o uso da internet e de dispositivos como computadores, celulares e tablets começaram a ser mais difundidos e cada vez mais corriqueiros e imprescindíveis nas relações interpessoais. A partir daí, os softwares e outras ferramentas adjacentes vêm sendo desenvolvidos (ARAÚJO; FREITAS, 2017).

O avanço tecnológico que vem crescendo nos últimos anos, invariavelmente, reflete na área educacional com o aumento do uso da informática como recurso didático relevante e instrumento facilitador do processo de ensino-aprendizagem em diversas áreas e disciplinas escolares (TOLEDO, 2015). Porém, por muito tempo, a fim de introduzir a informática na escola, ela foi vista como uma disciplina específica e suas aulas acabavam sendo descontextualizadas com o que era visto em outras disciplinas. Com o tempo, ela foi começando a ser introduzida como ferramenta de apoio às matérias e conteúdos lecionados (LOPES, 2004).

Mesmo que exista alguma resistência dos profissionais da área pedagógica, as ferramentas tecnológicas que são utilizadas para dar apoio ao ensino, começaram a crescer em laboratórios de informática e se disseminaram paras as aulas de muitas disciplinas (ARAÚJO; FREITAS, 2017). A utilização destas ferramentas, que antes eram um diferencial, começou a ser enxergada como algo crucial e capaz de fazer com que as pessoas pertençam, de fato, "à sociedade da informação em rede, ou cibercultura" (ARAÚJO; FREITAS, 2017, p. 382; LEVY, 1999).

Com a tecnologia fazendo parte da vida dessa nova geração de estudantes de forma cada vez mais ativa, o uso dessas ferramentas tecnológicas aproxima o conteúdo ministrado ao cotidiano dos alunos e despertam seu interesse. Assim, os professores utilizam dessa ferramenta para desenvolver o raciocínio lógico e consciência crítica dos alunos através do aprendizado necessário para manipular o instrumento informático e o conteúdo a ser estudado (TOLEDO, 2015).

> A Informática vem adquirindo cada vez mais relevância no cenário educacional. Sua utilização como instrumento de aprendizagem e sua ação no meio social vem aumentando de forma rápida entre nós. Nesse sentido, a educação vem passando

> por mudanças estruturais e funcionais frente a essa nova tecnologia (LOPES, 2004, p. 1).

Para utilização do computador no ensino com a finalidade de ser um agente transformador, o professor assume um papel de facilitador dessa construção de conhecimento e não mais um transmissor de informações, mas para isso ele precisa ser capacitado e estimulado a modificar sua ação pedagógica (LOPES, 2004).

Toledo (2015) em sua revisão bibliográfica sobre o tema, indica que há uma mudança ocorrendo na educação com a utilização da tecnologia como um suporte para a aquisição de conhecimento e transmissão do mesmo. Assim, há então um novo paradigma surgindo "(...) consolidado pela busca do conhecimento e do aprender a aprender, em que o aluno passa a ser o construtor do seu conhecimento direcionado pelo professor pelo meio do uso da informática (...)" (TOLEDO, 2015, p. 23).

Com tudo isso, os professores e a escola como um todo, estão se deparando com uma nova geração que já nasceu imersa no mundo tecnológico e o domina de tal forma que torna indissociável o seu dia a dia dessas ferramentas tecnológicas. Logo, segundo Toledo (2015), o papel principal da escola de desenvolver o raciocínio lógico e a consciência crítica no aluno, não é mais alcançado "(...) através do uso apenas do conteúdo escolar e passou a ser mais ligado ao pragmatismo imposto pela nova cultura" (TOLEDO, 2015, p. 24). E sobre o novo papel do computador, Toledo (2015, p. 30) diz que "o computador não é mais o instrumento que ensina o aprendiz, mas a ferramenta com a qual o aluno desenvolve algo. Portanto, o aprendizado ocorre pelo fato de o aluno executar uma tarefa por intermédio do computador".

Ao manipular os softwares e desenvolver projetos, criar novas coisas, trabalhar, analisar e manipular bancos de dados (que podem ser reais), controlar processos, encontrar soluções de problemas e etc. os alunos estão obtendo ganhos na qualidade de ensino e redescobrindo a aprendizagem através da relação entre conhecimento e interação para promover a construção do conhecimento (TOLEDO, 2015).

> (...) o uso do computador e dos softwares educativos no ambiente educacional possibilita novas formas de construção do conhecimento, interação entre professores e alunos, interatividade e interdisciplinaridade. Para isso, é necessário que haja suporte, oferecido pelos gestores escolares, para o treinamento e capacitação do corpo docente, a fim de que eles

> possam se conscientizar da importância da tecnologia na sociedade, assim como na educação, aliada ao processo ensino-aprendizagem, cujo papel fundamental é de mediar esse processo. Quanto aos alunos, esses, se bem orientados e motivados, conseguem atingir o grau máximo de suas potencialidades, buscando, por meio do equipamento, outras formas de adquirir e construir o conhecimento (TOLEDO, 2015, p. 37).

Kanowith-Klein et al. (2001) veem as habilidades necessárias à solução de problemas como tão fundamentais ao avanço da educação quanto para o avanço das ciências, já que os alunos devem desenvolvê-las a fim de se tornarem aptos a utilizarem novas informações em diferentes contextos, sendo agentes do seu próprio conhecimento. Assim, é preciso aprender essas habilidades e testá-las ainda na escola.

Logo, o uso de computadores e softwares na escola tem um importante papel na formação dos estudantes e se mostra uma ferramenta bastante eficaz no processo de ensino-aprendizagem e muito presente no cotidiano dos alunos. Se corretamente utilizado e por pessoas minimamente capacitadas, é possível desenvolver atividades mais lúdicas, interessantes e, muitas vezes, trabalhar com os alunos dados reais para que procurem soluções de problemas, analisem informações científicas existentes e não fiquem apenas pautados em exemplos e situações hipotéticos.

Os softwares utilizados com fins pedagógicos, devem ser avaliados quanto à sua adequação a estes fins assim como qualquer outro material didático. Araújo e Freitas (2017) analisaram a utilização de um software estilo jogo utilizando o Protocolo de Avaliação de Softwares Pedagógicos desenvolvidos por elas, na pesquisa, elas reforçam a importância de criar critérios de avaliação para que os professores que desejarem usar algum software (no caso do estudo, jogos pedagógicos digitais com foco em Língua Portuguesa) possam fazê-lo da melhor forma e da melhor perspectiva (ARAÚJO; FREITAS, 2017).

1.2.1 - Modelos em Software e sua utilização no ensino de microbiologia

Os modelos possuem um papel fundamental nas ciências, principalmente na parte informática dela, pois são uma parte essencial do conhecimento compartilhado entre as comunidades científicas (MAHR, 2009).

> (...)models are not only the goals of analysis and design in information science, but to a large degree also form their methodological basis, models are the entities in which its academic classifications and its disciplinary subdivisions are reflected, models of information science
> are viewed, as has been confirmed time and time again, in analogy of the models of architecture and construction, or of mathematics, engineering, or the social sciences, and finally, in most cases models are not only what information science is about, to a very large degree they even determine its relation to reality[2]. (MAHR, 2009, p. 365).

Sendo assim, os modelos dentro da ciência da informação, possuem papel crucial. Via computador, todas as análises científicas feitas só podem existir através de modelos (MAHR, 2009). A utilização de um modelo é entendida como uma estrutura onde o modelo em si não é visto como algo separado, mas como uma entidade inserida num sistema feito de processos de produção, conhecimento e opiniões que contribuem para a construção e configuração de novas e relativas realidades (MAHR, p. 380, 2009).

Para Mahr (2009) as relações presente em modelos de um sistema computacional podem existir de três formas: através da composição dos modelos (nesse caso, o objeto inicial de criação do modelo é o modelo em si ou o resultado de uma representação gráfica do objeto), através da sobreposição de relações entre modelos construtivos (aqui, o modelo é o resultado de várias relações construtivas sobre o objeto ao mesmo tempo) ou através da utilização de metamodelos (o modelo seria o resultado entre uma ou duas relações construtivas sobre o objeto). (MAHR, p.381, 2009).

[2] Modelos não são somente os objetivos das análises e design na ciência da informação mas, em larga escala, também formam a sua base metodológica. Modelos são entidades as quais sua classificação acadêmica e subdivisão disciplinar são refletidas. Modelos de ciência da informação são vistos, como já vem se confirmando ao longo do tempo, como modelos de arquitetura e construção, matemáticos, de engenharia, ou ciências sociais e, na maioria dos casos, a ciência da informação não é somente sobre modelos, mas muitas vezes eles determinam a sua relação com a realidade (tradução nossa).

Mahr (2009) enxerga essas relações construtivas como sendo as relações as quais os objetos são envolvidos para a criação de um modelo e o resultado da aplicação deste modelo. Vale ressaltar que o autor trabalha no artigo modelos através de cálculos e relações matemáticas, o que está intimamente ligado a formação de modelos dentro de um sistema computacional como softwares.

A "bioinformática" pode ser definida como uma disciplina que combina conceitos de biologia e ciências da informação e se relaciona com muitos campos de conhecimento das ciências modernas (VINCENT et al., 2018). O uso de softwares em biologia é utilizado desde os anos 1960, contudo, o termo "bioinformática" foi introduzido na literatura científica somente no início dos anos 1970 para definir o estudo dos processos informáticos dentro de sistemas biológicos (VINCENT et al., 2018).

Dentro da área da Microbiologia, os softwares podem ser utilizados de diversas maneiras. Na pesquisa de Ruiz, Gil e Corbo (1989), os autores destacam a importância do estudo do crescimento de micro-organismos de diferentes meios de cultura para a experimentação em microbiologia. Esses experimentos que analisam a evolução e a interação entre populações de micro-organismos são demorados e são difíceis de manipular em sala de aula pelos professores. Assim, para os autores, as simulações de computador (que existem em programas já desenvolvidos para esta finalidade) são grandes aliadas para analisar os resultados de um experimento deste tipo sem que seja preciso reproduzi-lo em aulas experimentais.

Os educadores enfatizam a importância da resolução de problemas por fazer com que os alunos utilizem o conhecimento que já possuem para entender de novas maneiras situações desconhecidas que são postas (KANOWITH-KLEIN *et al*., 2001). Na universidade conseguimos ver, de maneira mais corriqueira, a aplicação desses programas de computador para análises e obtenção de respostas (RUIZ; GIL; CORBO, 1989).

Soddell e Seviour (1985) realizaram um estudo com o objetivo de ilustrar uns dos princípios da taxonomia numérica [3] usando um programa de computador chamado

[3] Taxonomia é, de maneira geral, o nome que se dá à classificação, nomenclatura e identificação de organismos. Sendo a classificação, a caracterização desses organismos e o agrupamento deles (baseando-se nas similaridades e diferenças para criar grupos), a nomenclatura o nome desses grupos e identificação a utilização prática da classificação para agrupar organismos ainda não descritos em algum desses grupos previamente identificados. Com

"Classify". Apesar dos autores terem realizado a pesquisa com alunos do ensino superior, enfatizam que existe outro programa (Bug Simulator), mais simples, que pode ser utilizado por professores de ensino médio em suas aulas, para simulação de crescimento de bactérias, visto que esses alunos não têm como manipular culturas de bactérias patogênicas, pelos riscos e falta de experiência.

No estudo de Soddell e Seviour (1985), os alunos tiveram três aulas sobre Taxonomia Numérica, seus princípios e sua teoria antes de trabalharem com o software. Os quatro passos determinados pelos autores para o experimento (que são os passos que normalmente envolvem a Taxonomia Numérica) consistiram em:

- Caracterização das bactérias: onde os alunos caracterizaram os micro-organismos.
- Colocar os dados no computador: os resultados da caracterização são depois usados para gerar matrizes similares contendo informações sobre relações numéricas entre os pares baseado nos coeficientes de similaridade.
- Análise de cluster: análise estatística que agrupa organismos em ordem hierárquica de acordo com as suas similaridades.
- Relatório dos alunos: após a análise de cluster, os alunos conseguiram examinar gráficos que mostrem essas relações, podendo fazer seus julgamentos a respeito da taxonomia.

Os estudantes foram instruídos a analisarem coeficientes de similaridade distintos para fazerem seus cálculos e perceberam que a realização de testes e análises diferentes podem levar a diferentes relações fenotípicas. Com esse experimento, os autores mostraram aos alunos, além da manipulação de alguns programas, como os processos de nomenclatura e classificação são dinâmicos e os esquemas taxonômicos mudaram com o tempo.

Soddell e Seviour (1985) deixam no artigo um esquema para ser reproduzido em aulas de microbiologia e ressaltam que pode ser adaptado para a escola. Contudo, a

os avanços dos conhecimentos genéticos, as classificações biológicas foram sendo feitas além da "aparência" (fenótipo) e se tornaram mais precisas utilizando a filogenia. O aprofundamento do uso de computadores tornou possível analisar grandes quantidades de dados de maneira mais objetiva, resultando na adoção de métodos numéricos de classificação, o que se chamou de *Taxonomia Numérica* (SODDEL; SEVIOUR, 2010).

utilização dessa ferramenta nas escolas ainda é pouco explorada, seja pela falta de recursos, preparação dos professores, interesse ou reconhecimento dessa ferramenta como sendo relevante.

Os softwares podem agir criando modelos representacionais que possibilitem analisar, fazer predições, criar e testar hipóteses de maneira mais rápida e eficiente, ou até mesmo de coisas que não podem ser vistas e testadas de outra forma. No caso do estudo de Ruiz, Gil e Corbo (1989), os estudantes puderam analisar os modelos criados pelos resultados das simulações, criar hipóteses e extrapolar essas análises para outros contextos sem que precisassem realizar o experimento em sala de aula e esperar todo o tempo que ele demanda.

2. Um panorama sobre modelos no ensino de ciências

Neste capítulo primeiramente iremos entender o que são analogias e metáforas, a importância delas e como elas são abordadas no ensino de ciências. Em seguida, iremos compreender melhor os conceitos de modelo e sua relevância no ensino de ciências e como são utilizados. Na última subseção faremos uma comparação que busca esclarecer aspectos sobre as diferenças entre analogias e modelos e como um pode integrar o outro de forma a facilitar a compreensão das entidades científicas na sala de aula.

2.1 - Analogias e metáforas no ensino de ciências

Duit (1991) define as analogias como sendo uma comparação de estruturas e/ou funções entre dois domínios de conhecimento, sendo um novo e outro parcialmente novo. Sendo assim, é preciso que haja um domínio pouco familiar, novo, a ser explicado (esse seria o objetivo de se fazer a analogia), um domínio familiar para quem intende-se ensinar (esse seria o análogo) e por último, que existam relações que se estabeleça entre os dois primeiros (DUIT, 1991; GENTNER, 1983). Apesar disso, existem questões que não são compartilhadas entre os dois domínios e essas serias as limitações da analogia (DUIT, 1991; RAVIOLO, 2009).

As analogias na perspectiva educacional são extremamente utilizadas nas aulas de ciências principalmente por ajudarem no processo de construção das noções científicas, porém, muitas vezes, sem a utilização de uma metodologia específica, o que pode levar a equívocos na assimilação (MARCELOS; FERRY, 2013; FERRAZ; TERRAZZAN, 2003). Através delas, é possível tornar mais “familiares” conceitos científicos que, a princípio, são considerados mais complicados e abstratos. Porém, como os sistemas conceituais são diferentes, “alvo” e “análogo” são de naturezas distintas e por isso é necessário cuidado ao compará-los (FERRAZ; TERRAZZAN, 2003).

> As analogias são vistas comumente da seguinte forma: existe um análogo que compartilha certos aspectos com o alvo da analogia

> utilizada, ou seja, existem similaridades entre análogo e alvo que podem se referir tanto a aspectos superficiais, quanto a aspectos estruturais mais profundos, ou mesmo a ambos. As relações analógicas indicam estas similaridades (FERRAZ; TERRAZZAN, 2003, p. 216).

Quando analogias são familiares, elas agem como modelos mentais prévios que os alunos utilizam para formar compreensões, muitas vezes limitadas mas significativas, de conceitos mais complexos dentro do meio científico. Ao serem utilizadas, ajudam os estudantes a construírem uma relação entre o que eles sabem e o que vão aprender (GLYNN; TAKAHASHI,1998).

Glynn e Takahashi (1998) utilizam o conceito "*Teaching with Analogies Mode*l" que consiste na ideia que uma analogia é feita transferindo ideias de um conceito familiar para um não familiar, sendo o primeiro chamado de *análogo*, *foro*, *base* ou *fonte* (MARCELOS; FERRY, 2013) e o segundo de *alvo.* Quando um análogo e o alvo possuem características similares, uma analogia é feita (GLYNN; TAKAHASHI,1998).

Ao pensar as analogias desta forma, é compreendido que a relação entre ela e o que busca representar pode desconsiderar alguns fatores constituintes do alvo para que haja essa correspondência, a fim de priorizar as relações correspondentes entre eles (alvo e análogo) (GENTNER, 1983).

O estudo realizado por Glynn e Takahashi (1998) teve como objetivo examinar qual seria o papel de uma analogia para alunos do ensino fundamental compreenderem um conceito amplamente estudado na ciência. No caso, utilizaram uma analogia com uma fábrica (análogo) para explicar uma célula animal (alvo).

Os autores dispuseram de 58 alunos do sétimo ano, entre 12 e 14 anos, de classe média a alta. Grupos randômicos de alunos foram escolhidos para serem o grupo controle e o grupo experimental. O grupo controle recebia um material em texto com instruções e explicações biológicas sobre a célula animal e o grupo experimental recebia um material em texto com explicações sobre a célula animal mas também com uma analogia, sobre o seu funcionamento e as partes que a compõe, com uma fábrica através de uma figura e um pequeno parágrafo. Ao fim do tempo estipulado para leitura e estudo do material, este era recolhido e os alunos recebiam um teste onde deveriam descrever da melhor forma possível a função de cada parte da célula que eles haviam estudado anteriormente e dizer se o trabalho da célula os lembrava de algo similar. Duas semanas depois os alunos

receberam e fizeram novamente o teste, sem nenhum aviso prévio.

Os resultados indicaram que os alunos que estudaram com a analogia da fábrica (grupo experimental) obtiveram significativamente mais acertos do que os alunos do grupo controle tanto no teste feito imediatamente após o estudo do material quanto no feito duas semanas depois, comprovando o que já era esperado pelos autores:

> These findings support the view that the elaborate analogy mapped features of a familiar, concrete analog onto features of the target concept, thereby making the target concept more memorable to students. In addition, the findings suggest that the retention advantage associated with the elaborate analogy is fairly durable. This advantage was apparent both immediately after text study and 2 weeks later[4] (GLYNN; TAKAHASHI,1998).

Na questão sobre analogias, quase todos os alunos indicaram algum tipo de analogia quando analisam o funcionamento da célula e, como esperado, a maioria do grupo experimental fez analogia com uma fábrica mas alguns alunos do grupo controle também, já que, segundo Mozzer e Justi (2015), os estudantes também elaboram as suas próprias analogias para facilitar a compreensão.

Esse estudo corrobora a visão de que a analogia pode funcionar como mediadora e fazer correspondências com o alvo tornando-o mais fácil de ser compreendido, assimilado e fixado. Contudo, analogias possuem algumas partes que não são integralmente correspondentes ao alvo, o que torna necessário fazer uma explicação clara a respeito dessa questão aos alunos para que não se formem conceitos errados (GLYNN; TAKAHASHI,1998).

Wilbers e Duit (2001) propõem um novo modelo de raciocínio análogo que considera que os esquemas intuitivos e modelos mentais que são gerados espontaneamente pelos alunos quando eles têm um primeiro contato com o fenômeno alvo são essenciais para o uso da analogia. É preciso considerar duas perspectivas sobre

[4] Esses resultados corroboram para a visão de que a analogia elaborada aproxima características de uma análogo familiar e concreto de características do conceito alvo, tornando o conceito alvo mais memorável para os alunos. Além disso, os estudos sugerem que a vantagem de memorização associada a analogia elaborada é consideravelmente durável. Essa vantagem foi detectada tanto logo após o estudo do texto quanto duas semanas depois (tradução nossa).

o ensino com analogias: de quem propõe a analogia e de quem está aprendendo. O professor (ou livro didático por exemplo) ao propor uma analogia, já possui definido um contexto particular que relaciona o análogo ao alvo e, normalmente, os alunos não fazem uso desse mesmo contexto. Eles entendem que há uma certa familiaridade entre a "base" (neste contexto utilizado como "análogo" pelos autores) e o alvo e eles precisam detectá-las.

Sobre as metáforas, para Raviolo (2009), elas são figuras de linguagem onde se "transporta" o sentido de uma palavra para outra através de uma comparação mental. Quando analisadas ao pé da letra não fazem sentido, mas fazem uma comparação implícita evocando imagens e sendo uma espécie de "analogia extrema" (DUIT, 1991; RAVIOLO, 2009; MOZZER; JUSTI, 2015).

Para Mozzer e Justi (2015), o uso de metáforas no ensino e ciências se mostra limitado se os aspectos relacionais, quando existentes, não sejam devidamente explicitados. Contudo, se feito desta forma, as metáforas passam agora a serem analogias "(...) se pensarmos que os elétrons giram em torno do núcleo como planetas giram em torno do Sol, que o núcleo atrai os elétrons e é atraído por eles assim como o Sol atrai os planetas e é atraído por eles etc., ela passa a ser uma analogia" (MOZZER; JUSTI, 2015, p. 132).

2.2 - Modelos: conceitos e utilização no contexto do ensino de ciências

Os modelos podem ser concebidos de formas distintas dependendo do contexto em que se encontram. Podem ser vistos como um tipo de alguma coisa ou marca (como modelo de fogão, modelo de celular e etc.), como um padrão a ser seguido (por exemplo: modelo de comportamento, modelo de família e etc.) ou ainda como alguma coisa a ser reproduzida (por exemplo: um molde, maquete e etc.), mas no contexto da Ciência e do ensino de ciências, nenhuma dessas concepções é satisfatória (ALMEIDA; ALMEIDA; FERRY, 2018).

Na literatura de educação em ciências, o termo modelo aparece com frequência mas assume diversos significados (KRAPAS et al., 1997), porem, é importante ressaltar

que esse termo não é utilizado de forma equivocada, pelo contrário, esta frequência e pluralidade, só evidenciam a sua diversidade de significados (GRECA; MOREIRA, 2000). Ainda que haja um amplo consenso de que modelos são elementos importantes na prática científica, não há estabelecida uma definição única do termo. No entanto, o termo "representação" é comumente utilizado para explicar o que é um modelo (OH; OH,2011).

Segundo Crawford e Cullin (2007) o objetivo geral de uma pesquisa científica é desenvolver uma compreensão de como o "mundo real" funciona. Para isso, os cientistas fazem observações, identificam padrões nos seus dados e, assim, desenvolvem e testam explicações para esses padrões. Essas explicações seriam os modelos científicos (CRAWFORD; CULLIN, 2007).

Novos modelos científicos podem ser criados para expressar ideias abstratas a partir de elementos teóricos. Psicólogos acreditam que os modelos nos auxiliam na hora de explicar e fazer predições sobre um fenômeno, assim como para resolver problemas que os envolvam (GILBERT; JUSTI, 2016). Segundo Gilbert, Boulter e Elmer (2000) um modelo seria a representação de um fenômeno inicialmente produzido para um propósito específico na pesquisa científica. Esse propósito seria a possibilidade de utilizá-lo para investigações que procurem explicações sobre o fenômeno o qual ele representa.

Gilbert, Boulter e Elmer (2000) explicitam como os modelos podem ser variados:

> Many models are composed of entities which are concrete, objects viewed as if they have a separate existence (e.g. a wheel) or as if they are part of a system (e.g. a wheel on a car). A model of an object can be either smaller than the phenomenon which it represents (e.g. of a train), or the same size as it (e.g. of the human body), or bigger than it (e.g. of a virus). Other models are composed of abstractions, entities which are treated as if they are objects, e.g. forces, energy. A model can thus be of an idea. A model can consist of a mixture of entities which are concrete (e.g. masses) and of entities which are treated as if they are concrete (e.g. forces acting on masses). A model can be of a system, a series of entities in a fixed relation to each other (e.g. of the stations and the connections between them in a metro railway). A model can be of an event, a time-limited segment of the behaviour of one or more entities in a system (e.g. a model of an athletics race). A model can be of a process, one or more events within a system which have a distinctive outcome (e.g. of the Bosch-

> Haber method of making ammonia from nitrogen and hydrogen)[5] (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000, p. 11).

Para Reinisch e Krüger (2016), uma definição de modelos é difícil de encontrar e pode variar dependendo da literatura utilizada. O agente cognitivo (o criador do modelo) determina o que é um modelo e qual o seu objetivo (REINISCH; KRÜGER, 2016; PASSMORE et al., 2014). Portanto, um modelo é o resultado de julgamentos feitos por quem o criou e algo vira um modelo quando o seu criador o vê como modelo de alguma coisa com algum propósito (REINISCH; KRÜGER, 2016).

Os modelos são muitas vezes utilizados quando um objeto ou fenômeno que será estudado é muito pequeno, grande, antigo, distante, complexo ou qualquer característica que possa torná-lo, de alguma forma, inacessível (CRAWFORD.; CULLIN, 2007). Para Crawford e Cullin (2007) o objetivo de um trabalho científico é compreender como partes do mundo "real" funcionam e para que esse objetivo seja alcançado, os cientistas partem da observação, identificação de padrões e testam explicações para esses padrões. Um modelo não busca alcançar a verdade absoluta e sim atribuir um sentido ao que observamos no mundo (JANSEN et al., p. 981, 2019)

Oh e Oh (2011) na revisão de literatura sobre modelos no ensino de ciências sustentam a ideia proposta por Gilbert e Boulter (2000 de que modelos seriam a representação de objetos, fenômenos, ideias e/ou seus sistemas, o que indica que um modelo não é feito para descrever ou definir algo diretamente. Um modelo então, não interage com o alvo diretamente, mas existe através da interpretação do criador do modelo sobre o alvo e o seu objetivo ao criar o modelo (GILBERT; BOULTER, 2000; OH; OH, 2011).

---

[5] Muitos modelos são compostos por partes que são concretas, objetos que são vistos como existindo separadamente (exemplo: a roda) ou como parte de um sistema (exemplo: roda do carro). Um modelo de um objeto pode ser menor do que o fenômeno que representa (ex: trem), do mesmo tamanho (ex: corpo humano) ou maior do que ele (ex: vírus). Outros modelos são abstrações, partes que são utilizadas como se fossem objetos, exemplo força e energia. Um modelo pode também ser uma ideia. Um modelo pode ser uma mistura de partes que são concretas (ex: massas) e de partes que são tratadas como se fossem concretas (ex: forças agindo em massas). Um modelo pode ser um sistema, uma série de partes numa relação fixa entre elas (ex: as estações e as conexões entre elas numa estação de metrô). Um modelo pode ser de um evento, do comportamento de uma ou mais partes de um sistema por um período específico de tempo (ex: um modelo de uma corrida de atletismo). Um modelo pode ser de um processo, um ou mais eventos dentro de um sistema que pode ter um resultado distinto (ex: o método Bosch-Haber de fazer amônia a partir de nitrogênio e hidrogênio) (tradução nossa).

Os modelos podem então apresentar diversas formas e origens e são classificados na literatura. Algumas das classificações feitas por Gilbert, Boulter e Elmer (2000) são:

- Modelo mental: representação construída pelo indivíduo, podendo ser formada por uma pessoa sozinha ou com um grupo.
- Modelo expresso: é colocado em domínio público por um indivíduo ou grupo para que outros utilizem um ou mais modelos de representação, assim, o modificando. A relação entre este modelo e o modelo mental é complexa pois ao expressar um modelo mental, outros interagem com ele e, provavelmente, ele se modifica.
- Modelo consensual: é produzido quando diferentes grupos sociais, após discussão e experimentação, chegam ao consenso de que um modelo expresso é válido, assim, ele se torna um modelo consensual.
- Modelo científico: um modelo expresso que ganhe aceitação pela comunidade científica, após experimentação formal e testes que são comprovados em publicações em revistas científicas se torna um modelo científico.
- Modelo de ensino: visam melhorar o entendimento dos estudantes sobre modelos consensuais e científicos já que este, e o fenômeno que eles representam, podem ser de difícil compreensão.
- Modelo pedagógico: utilizado pelos professores durante o planejamento, gestão prática e reflexão nas atividades na sala de aula e se preocupa com a natureza da ciência, a natureza do ensino de ciências e a natureza do aprendizado de ciências.

Os modelos e a construção de modelos contribuem muito para o ensino de ciências, facilitando a comunicação através da visualização com o objetivo de fornecer uma explicação. A formação de modelos mentais e a divulgação de modelos expressos são centrais para a compreensão de qualquer fenômeno. (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000). Além do papel de descrever, explicar e criar predições, um modelo serve como um auxílio na comunicação social, aonde os cientistas conseguem compartilhar seus conhecimentos com seus pares e o público em geral (GILBERT; BOULTER, 2000; OH; OH, 2011). Sendo assim, na sala de aula, os professores podem utilizar modelos como forma de apoio para demonstrar e explicar elementos específicos e mais elaborados

do conhecimento científico.

Sobre o uso de modelos em sala de aula Oh e Oh (2011) destacam: “It can thus be conclude that the external presentation of models plays important roles in guiding students to interpret and understand the target systems and build their own mental models”[6](OH; OH, 2011, p. 1121). Ou seja, os modelos apresentados aos alunos são interpretados de acordo com as suas capacidades e estes formarão novos modelos mentais de acordo com seus entendimentos. Van der Valk, Van Driel, De Vos (2007), apoiando-se em outros autores, descrevem as duas características gerais de modelos como sendo: um modelo sempre está relacionado com um alvo e é projetado para um determinado objetivo e um modelo serve como uma ferramenta para obter informações sobre um alvo, o qual, sozinho, não é diretamente observável e palpável.

Um modelo científico é uma ferramenta de reflexão e comunicação que tem por objetivo descrever, explicar e prever fenômenos naturais e divulgar esses conhecimentos aos outros. Esses papéis dos modelos são alavancados pelo fato de modelos expressos possuírem fontes não-linguísticas usando analogias e permitindo simulações mentais e externas (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000; OH; OH, 2011). Oh e Oh (2011) sumarizam a natureza dos modelos e seu uso nas aulas de ciências, mostrando um panorama dos conceitos de modelo, seus objetivos, suas mudanças ao longo do tempo e como são utilizados os modelos em sala de aula fazendo uma compilação de algumas das discussões da área (Quadro 1).

Tópico	**Resumo**
Significados de modelo	• Um modelo é a representação de algo • Um modelo serve de “ponte” ou mediador conectando teoria e fenômeno
Objetivos de modelos	• Um modelo tem o papel de descrever, explicar e prever fenômenos naturais e divulgar ideias científicas para o público em geral.

[6] Pode-se concluir que a apresentação de modelos desempenha um papel importante na orientação dos alunos para interpretar e compreender os sistemas alvo e construir seus próprios modelos mentais (tradução nossa)

	•A característica não-linguística dos modelos, usando analogias e possibilitando simulações mentais e externas, facilita seu papel.
Diversidade de modelos científicos	• Múltiplos modelos podem ser desenvolvidos para explicar a mesma coisa, pois cientistas podem ter ideias diferentes sobre o mesmo objeto. • Todo modelo tem limitações, pois representam somente um aspecto específico do alvo a ser analisado e diversos modelos seriam necessários para fornecer uma explicação completa de um determinado alvo.
Mudanças em modelos científicos	• Modelos são testados empiricamente e conceitualmente, sendo assim, eles podem mudar ao longo do processo de desenvolvimento científico.
Utilização de modelos em sala de aula	• Na sala de aula, professores podem utilizar modelos para facilitar a demonstração de como algumas coisas funcionam e explicar conceitos científicos mais complexos. •Alunos devem ter participação na exploração, expressão, construção, aplicação e revisão de modelos científicos.

Quadro 1. Resumo da natureza dos modelos e seus usos em sala de aula. Traduzida e adaptada de Oh e Oh (p. 1124, 2011), tradução nossa.

Krapas et al. (1997) realizaram uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, a fim de compreender a utilização do termo "modelo" na literatura da pesquisa em ensino de ciências em periódicos internacionais. Para isso, analisaram quatro periódicos, sendo eles: International Journal of Science Education, Science Education, Science & Education e Journal of Research in Science Teaching, no período de 1987 a 1996. Os autores utilizam de base as categorias propostas por Gilbert e Boulter (1998), na época no prelo, já explicadas anteriormente nas classificações contidas em Gilbert, Boulter e Elmer (2000). Porém, não viram necessidade de separar os modelos expresso e mental.

Sendo assim, eles ficam com cinco categorias: modelo mental, modelo pedagógico, modelo consensual, meta-modelo e modelagem como objetivo educacional. Sendo o meta-modelo entendido como aquele construído com o propósito de compreender/explicar o processo de construção e funcionamento de modelos consensuais ou mentais e modelagem como objetivo educacional entendido como a ênfase na promoção da competência em construir modelos como propósito central do ensino de ciências.

Krapas et al. (1997), tiveram como resultado que, das 93 menções ao termo modelo, 27 referências foram correspondentes à categoria de modelo pedagógico,

seguidas por modelo mental (20 referências), meta-modelo (21 referências), modelo consensual (16 referências) e modelagem como objetivo educacional (9 referências). Os autores evidenciam também, o aumento da menção ao termo modelo a partir de 1990 principalmente com o surgimento das categorias: meta-modelo, modelagem como objeto educacional e modelo consensual, já que as outras duas categorias permanecem praticamente constantes. Com isso, concluem que:

> A adesão a meta-modelos, indicando a preocupação em modelar os modelos, dá respostas a uma antiga exigência da comunidade de pesquisa em ensino de ciências, que é a de dar conta dos processos de formação das consagradas concepções 'espontâneas', 'alternativas' etc. A atenção especial que damos à modelagem se justifica na medida em que traz uma perspectiva de compreensão das dimensões dos modelos mentais que dão conta dos processos pelos quais estes modelos são formados (...) (KRAPAS *et al*., p. 196, 1997).

Para os autores, haveria uma tendência nos próximos anos (anos 2000) de se falar cada vez mais sobre a formação e construção de modelos. Um estudo semelhante feito em data mais recente não foi encontrado a título de comparação, portanto, não há como confirmar essa teoria. Porém, alguns estudos feitos com professores e/ou alunos para compreender concepções que possuem sobre modelos (GRÜNKORN et al., 2014; JUSTI; GILBERT, 2002b; JUSTI; GILBERT, 2002a; CRAWFORD; CULLIN, 2007; JANSEN et al., 2019; REINISCH; KRÜGER, 2016) indicam certas dificuldades de ambos os lados em entender o que são modelos e como são construídos.

Sobre os professores, especificamente, Reinisch e Krüger (2016) indicam em seus resultados que muitas vezes o conceito de modelo é confundido com teoria e é visto por eles também como algo concreto e descritivo. A diferenciação entre o propósito de um modelo (modelo para algo) e a sua criação (modelo de algo) também não se mostra clara. Para os autores, essa é uma questão importante a ser pontuada.

Sendo assim, apesar de não termos dados sobre a crescente ou não abordagem de meta-modelos, segundo a definição de Krapas et al. (1997), alguns estudos recentes sobre modelos reafirmam a importância de se discutir melhor a construção de modelos e seus propósitos, tanto na formação de professores quanto na escola.

2.3 - Modelos e analogias

Segundo Raviolo (2009), os termos analogia e modelo são frequentemente usados como sinônimos. Contribui para isso, o fato de que em toda analogia existe um modelo, considerado a abstração das correspondências entre os dois domínios. Por sua vez, os modelos guardam certa analogia (semelhanças, relações) com o sistema que representam, de maneira que se possibilite a derivação de hipóteses (e/ou predições).

Um modelo é então uma construção abstrata humana e não uma cópia da realidade. Ao contrário, muitas vezes pode ser considerado mais útil quanto mais diferente. É uma construção hipotética, uma ferramenta de investigação útil para obter informações sobre um objeto de estudo que não pode ser observado ou medido diretamente, não irá se basear em um domínio conhecido como as analogias (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000; RAVIOLO, 2009).

Comparando modelos e analogias no ensino de ciências, para Almeida, Almeida e Ferry (2018) é mais coerente conceber as analogias como processo ou recurso cognitivo, um recurso de mediação didática "utilizado para explicar ou compreender aspectos de uma entidade de interesse científico que, por sua vez, foi modelada, simplificada e incorporada ao currículo de ciências (...)" (ALMEIDA; ALMEIDA; FERRY, 2018, p. 5) do que vê-las como sendo modelos criados com finalidades didáticas.

> No entanto, de acordo com as concepções de Gentner (1983) sobre as analogias e os outros tipos de comparação (p. ex.: similaridades por mera aparência e similaridades literais), podemos considerar que nem toda relação de similaridade entre um modelo e sua entidade representada implica, necessariamente, em uma relação analógica. Ou seja, as relações de similaridades existentes entre os modelos e suas entidades de interesse representadas nem sempre se configuram como analogias, embora o estabelecimento de analogias possa, sim, constituir o processo de elaboração de modelos (ALMEIDA; ALMEIDA; FERRY, 2018, p. 5-6).

Portanto, para os autores, os modelos utilizados no ensino (feitos por autores de livros didáticos ou professores) são representações parciais com o objetivo de permitir a compreensão de aspectos científicos (como conceitos, processos, fenômenos, entre

outros), de maneira mais simples e adaptada ao currículo escolar. Enquanto as analogias teriam como objetivo estabelecer comparações relacionais com esses aspectos científicos e não os representar parcialmente. (ALMEIDA; ALMEIDA; FERRY, 2018).

Considerando que os modelos sejam representações parciais de algo com um objetivo específico (GILBERT, BOULTER, ELMER, 2000), sendo originados através de um processo de raciocínio sobre o que se busca representar a partir de uma formação de relações analógicas familiares à quem elaborou o modelo, as analogias seriam, então, parte crucial na elaboração de modelos e são utilizadas como ferramentas para tal. (DUIT, 1991; MOZZER; JUSTI, 2015).

3. Teoria e Metodologia da pesquisa

Neste capítulo iremos apresentar as bases teórico-metodológicas da pesquisa e seus desdobramentos. Primeiramente, iremos analisar os referenciais teóricos utilizados no presente estudo, depois caracterizar a pesquisa, em seguida há a contextualização da pesquisa com a caracterização da atividade, do ambiente e dos participantes. Depois, iremos expor a sequência metodológica e os instrumentos de coleta de dados, dando ênfase na criação do protocolo das entrevistas. Por fim, há a exposição dos métodos para a análise de dados.

3.1 - Bases teórico-metodológicas

3.1.1 - Sobre a compreensão de alunos sobre modelos

Crawford e Cullin (2007) falam que, dentro da natureza da ciência, os modelos devem ser continuamente revistos, reavaliados e testados mas os estudantes normalmente veem modelos e teorias científicas como sendo um conhecimento consolidado, quase ao ponto de ser absoluto.

A compreensão de que modelos não são coisas imutáveis, que cientistas podem ter mais de um modelo para representar o mesmo fenômeno ou objeto e que a criação de modelos também depende da criatividade, faz com que seja possível entender aspectos sobre a natureza da ciência (CRAWFORD; CULLIN, 2007). Portanto, ao falarmos sobre a construção de modelos científicos, estamos falando também da construção da ciência em si.

Para alunos da educação infantil, o conhecimento é compreendido de uma forma não questionável e aceito como o resultado de um conjunto de fatores circunstanciais sem que haja muita problematização sobre a sua construção. À medida que o aluno vai crescendo, nos primeiros anos do ensino fundamental, ele muda um pouco de perspectiva, porém continua com uma base epistemológica ingênua (GROSSLIGHT et al., 1991).

Para Grosslight et al. (1991), os adolescentes começam a manifestar uma visão epistemológica mais relativista, conseguem questionar e duvidar de verdades absolutas mesmo não apresentando suportes muito objetivos para apoiar determinada visão de mundo a despeito de outra.

Contudo, essas formas de analisar o desenvolvimento da compreensão do conhecimento, não são absolutas e unilaterais, deve-se levar em consideração, que o desenvolvimento epistemológico dos alunos está intimamente ligado às variações de interações a que os alunos são expostos em diferentes momentos e disciplinas (GROSSLIGHT et al., 1991).

Grosslight et al (1991) em seu estudo, fundamentaram cinco aspectos para a compreensão de modelos e seu uso nas ciências (tipos de modelos, objetivos dos modelos, criação de modelos, múltiplos modelos para a mesma coisa e mudando modelos). Para cada um desses aspectos, fizeram perguntas em uma entrevista com alunos de ensino médio e fundamental anos finais, a fim de entenderem suas concepções de modelos.

Com seus resultados, elencaram três níveis diferentes de compreensão que refletem visões epistemológicas diferentes de modelos e seu uso nas ciências (GROSSLIGHT et al, 1991; GILBERT, 1991; MAHR, 2009). Grünkorn et al. (2014), utilizaram como base esses aspectos de modelos e os níveis de compreensão para formar a categorização utilizada na análise de seu estudo.

Apoiando-se também em Grosslight et al (1991) e Crawford e Cullin (2007), Grünkorn et al. (2014) criaram os aspectos sobre modelos: natureza dos modelos, objetivo dos modelos, múltiplos modelos, mutabilidade dos modelos e testagem dos modelos. Da mesma forma que Grosslight et al (1991), natureza e múltiplos modelos referem-se a concepções epistemológicas individuais de modelos, enquanto objetivo, testagem e mutabilidade dos modelos referem-se a processos cognitivos quanto a reflexão do uso de modelos nas ciências (GRÜNKORN et al., 2014, p. 1656).

Segundo Crawford e Cullin (2007), ao entender o caráter mutável do modelo, que o modelo é temporário (*tentativenes of models)*, o papel da criatividade na construção de modelos, os cientistas conseguem conceber múltiplos modelos para o mesmo original, mesmo fenômeno. Essa noção se conecta com a compreensão da natureza da ciência (CRAWFORD; CULLIN, 2007).

Com o objetivo central de compreender em que medida as concepções de modelos dos alunos e seu uso nas ciências é adequadamente descrita pelos trabalhos teóricos sobre o tema, Grünkorn et al. (2014) montaram questões com exemplos de modelo para que os alunos respondessem sobre eles, comparando-os com o original. Para o processo, consideraram questões discursivas a fim de que as respostas dos alunos não fossem condicionadas e cada uma apresentava conceitos específicos. (GRÜNKORN et al., 2014, p. 1659).

Utilizaram os conceitos e níves mencionados anteriormente e resumidos em Upmeier zu Belzen e Krüger (2010), como um ponto de partida. Todos os aspectos foram divididos em três níveis de complexidade da seguinte forma:

- Natureza dos modelos: nível 1 (modelo entendido como réplica do original); nível 2 (modelo entendido como representação idealizada do original); nível 3 (modelo entendido como uma reconstrução teórica do original).
- Objetivo dos modelos: nível 1 (propósito de descrever o original); nível 2 (proposta de explicar relações); nível 3 (propósito de fazer predições de variáveis).
- Múltiplos modelos: nível 1 (mais de um modelo para originais diferentes); nível 2 (o original dá margem para construção de diferentes modelos); nível 3 (diferentes hipóteses sobre o original levam a modelos diferentes).
- Testagem dos modelos: nível 1 (teste do modelo em si); nível 2 (teste comparando modelo e original); nível 3 (teste de hipóteses sobre o original, utilizando o modelo).
- Mutabilidade dos modelos: nível 1 (mudanças para corrigir erros no modelo); nível 2 (revisar o modelo devido a novas descobertas sobre o original); nível 3 (revisar o modelo devido à negação de hipóteses sobre o original com o modelo).

À medida que os níveis vão aumentando, pressupõem-se também, um aumento da complexidade de compreensão do aluno em determinado aspecto de modelos. Upmeier zu Belzen e Krüger (2010) basearam-se em estudos empíricos de Crawford e Cullin (2005), Grosslight et al (1991) e Justi e Gilbert (2003) para montar a base teórica sobre as concepções de modelos dos estudantes (GRÜNKORN et al., 2014). Considerando isso,

Grünkorn et al. (2014) fizeram também um estudo empírico para compreender se este embasamento teórico seria suficiente para categorizar as respostas encontradas.

Ao final do estudo, sentiram a necessidade de mudarem e acrescentarem algumas informações e concluíram uma nova forma de análise e embasamento teórico, descrito no Quadro 2.

Aspectos	**Nível Inicial**	**Nível 1**	**Nível 2**	**Nível 3**
Natureza dos modelos	-	Modelos como cópia Modelos com grande similaridade Modelos representam uma concepção não subjetiva do original	Partes do modelo são cópias Modelo como uma variante possível Modelo como uma representação com um foco específico	Modelos como representações hipotéticas
Multiplicidade dos modelos	Todos os modelos são os mesmos Vários modelos de originais diferentes Somente um modelo final e correto	Modelos diferentes para diferentes representações do objeto	Focos em diferentes aspectos	Diferentes suposições Diferentes suposições com perspectivas de aplicação diferentes
Objetivo dos modelos	-	Modelos para exibição de fatos	Modelos para identificar relações	Modelos para examinar ideias abstratas

			Modelos para explicar relações	Modelos para examinar ideias concretas Testar hipóteses
Testagem dos modelos	Não há testagem de modelos	Teste do material Teste de requerimentos básicos	Comparação entre o modelo e o original Comparação e procura de correspondência entre modelo e original	Teste de hipóteses Teste de hipóteses com projetos de pesquisa
Mutabilidade dos modelos	Sem necessidade de alteração Alteração de como diferentes originais são representados	Alterações para aperfeiçoar o modelo Alterações quando existirem erros no modelo Alterações quando elementos básicos não estão corretos	Alteração quando o modelo não corresponde ao original Alterações devido a novas descobertas sobre o original Alteração devido a mudanças no original	Alterações devido a descobertas a partir de experimentações com o modelo

Quadro 2. Uso de modelos em ciências incluindo os níveis de complexidade e suas categorias. Traduzida e adaptada de Grünkorn et al. (p. 1676, 2014), tradução nossa.

Jansen et al. (2019) fizeram um estudo revisando o trabalho feito por Grünkorn et al. (2014), a fim de compreender a aplicabilidade da categorização proposta por eles

quando falamos de modelos conceituais e de processos. Este tipo de modelo não foi utilizado de exemplo na pesquisa de Grünkorn et al. (2014).

Visto que, o uso de modelos no Ensino Médio começa a sair de uma escala mais concreta para uma mais abstrata ao tratar, por exemplo em biologia, mais de processos como ações de hormônios, órgãos e células, conceitos mais complexos e menos concretos, é importante que se aborde também este tipo de modelo (JANSEN et al. 2019).

No caso do estudo de Grünkorn et al. (2014) as perguntas foram discursivas e feitas através de questionários enviados aos alunos, enquanto em Jansen et al. (2019) através de entrevistas, como na pesquisa desta dissertação.

Jansen et al. (2019), em sua conclusão, fizeram pequenas mudanças no quadro de categoria a fim de adaptá-los melhor à categorização de modelos de processos. Para nosso estudo, optamos também por acrescentar uma questão com um modelo mais processual, referente à ação hormonal que ocorre na digestão humana (questão 15), mas não houve necessidade de utilizar as categorias propostas neste artigo.

Para esta pesquisa, utilizamos de base a categorização do Quadro 2 com algumas mudanças e adaptações necessárias. As mudanças feitas são discutidas na seção 4.5.

3.1.2 - Sobre o conceito de modelos adotado na pesquisa

No capítulo 2, discutimos alguns dos conceitos de modelo que norteiam a forma como os modelos são vistos no ensino de ciências. Vimos tipos de modelo, sua importância, suas relações com as analogias e seus objetivos. Na seção anterior compreendemos os aspectos necessários para o entendimento de modelos, tanto epistemologicamente como no seu uso no ensino de ciências.

Mesmo sendo tão polissêmico e, num primeiro momento, diverso, os conceitos de modelos em certa medida conversam entre si. Mesmo quando os modelos são utilizados em outros contextos, inclusive conceituação de modelos no ensino de ciências a concepção de representação de algo sempre se faz presente, como já visto no capítulo 2. Ou seja, é preciso explicitar a visão de modelos adotada neste estudo para que os níveis, categorias, de cada um dos aspectos seja fundamentado e conectado de forma clara, mas

a não utilização de outras concepções isoladas sobre o tema não implica na negação das mesmas.

Neste estudo, optou-se pelo conceito de modelos de Gilbert, Boulter e Elmer (2000), também utilizado por Grünkorn et al. (2014) de que os modelos são representações de algo (no caso, um original – alvo) que servem de instrumento para atingir algum objetivo. Os modelos são ferramentas para testar ideias e delinear conclusões sobre algum original.

Alguns autores veem modelos como representações de algo ou como instrumento para geração de novas descobertas, separando a sua função representativa da sua função como ferramenta (OH; OH, 2011; JANSEN et al., 2019). Uma compreensão de modelos que combina sua visão representativa com sua visão de modelo como ferramenta funciona como uma ligação entre as teorias científicas e o mundo a nossa volta (JANSEN et al., 2019; JUSTI; GILBERT, 2003).

Portanto, na definição explicitada, a concepção de modelos está intimamente atrelada aos seus objetivos, não somente à sua função representativa. Tal fator, se reflete também na forma de corresponder as respostas obtidas na entrevista com os níveis de complexidade dispostos. Respostas que se conectam mais com o conceito de modelos adotado na pesquisa, são classificadas como sendo de níveis de complexidade maiores, enquanto as que mais se afastam, como sendo de níveis de complexidade menores.

3.2 - Classificação da pesquisa

Como já exposto anteriormente, a presente pesquisa busca caracterizar as compreensões dos alunos, que realizaram uma atividade de bioinformática com foco em microbiologia, sobre modelos. Para alcançar esse objetivo, os procedimentos metodológicos utilizados foram orientados pela natureza da pesquisa qualitativa.

A pesquisa qualitativa concentra-se no estudo dos fenômenos sociais e na valorização das perspectivas dos sujeitos participantes, baseando-se na visão de que o conhecimento é fruto do contexto social (LODICO; SPAULDING; VOEGLTLE, 2006). Neste tipo de pesquisa, onde serão colhidos os dados e quem são os participantes são

previamente escolhidos pelo pesquisador levando em consideração seus objetivos (LODICO; SPAULDING; VOEGLTLE, 2006; ALVES-MAZZOTTI; GEWANDZNAJDER, 2001).

Alves-Mazzotti e Gewandznajder (2001), baseando-se em outros autores, ressaltam que nenhuma etapa pode ser inteiramente prevista neste tipo de pesquisa já que dependem de muitos fatores, mas um planejamento de pesquisa deve incluir discussões sobre os processos para que fique claro que o pesquisador está ciente de qual caminho pretende percorrer e compreende os aspectos envolvidos na pesquisa. Em relação à coleta de dados, esse tipo de pesquisa é multimedológica por utilizarem uma ampla variedade de instrumentos de coleta de dados e de procedimentos de análise (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDZNAJDER, 2001).

Além da abordagem qualitativa, o presente estudo também pode ser classificado como "estudo de caso" ao levar em consideração aspectos do delineamento da pesquisa: o ambiente de pesquisa, a abordagem teórica e as técnicas de coleta e análise de dados (GIL, 2000). Tem como objetivo "proporcionar uma visão global do problema ou de identificar possíveis fatores que o influenciam ou são por ele influenciados" (GIL, 2000, p. 35). Segundo Lodico, Spaulding e Voegltle (2006), o estudo de caso busca atribuir significado, investigar processos e adquirir conhecimento de uma situação, um indivíduo ou um grupo.

3.3 - A atividade de bioinformática e os participantes da pesquisa

A atividade de bioinformática foi proposta por três professores formados em ciências biológicas, dois do sexo masculino e uma do sexo feminino, sendo dois professores dos alunos envolvidos e um deles pesquisador em microbiologia ambiental de uma universidade e contou com a participação voluntária de sete alunos (três do sexo masculino e três do sexo feminino) com faixa etária entre 17 e 20 anos de ensino médio e cursos técnicos de informática de uma instituição federal do Rio de Janeiro que já estavam inseridos em projeto de iniciação científica. O objetivo central do trabalho era incentivar os estudantes de ensino médio a aprenderem a utilizar ferramentas de

bioinformática em comunidade microbianas.

Entrevistado	**Curso**
Vinícius	Informática
Antônio	Informática
César	Eletrotécnica
Gisele	Turismo
Leonardo	Informática
Luana	Turismo

Quadro 3. Nome fictícios (a fim de preservar a identidade dos participantes) e curso dos entrevistados na época das entrevistas.

Dentre os 6 entrevistados, 3 são do curso técnico em informática e estavam no quarto ano. Neste curso, os alunos dispõem de 2 anos de biologia. Dois entrevistados eram pertencentes ao curso técnico de guia de turismo, no terceiro ano e, neste curso, os alunos têm 3 anos de biologia. Um dos entrevistados era do curso de eletrotécnica, no quarto ano, e neste curso também dispõe de 3 anos de biologia.

Os alunos já trabalhavam em projetos com dois dos três professores e, portanto, já tinham contato com a área científica e demonstravam um certo esclarecimento sobre a construção do pensamento científico, os elementos necessários para elaborar uma pesquisa científica de qualidade e onde pesquisar artigos científicos. De maneira geral, os alunos tinham experiência na elaboração de trabalhos científicos.

A atividade foi dividida em duas partes. A primeira foi uma aula teórica introduzindo conceitos importantes que eles precisariam entender para realizar a tarefa: design experimental, extração de DNA para sequenciamento, aplicações da bioinformática para estudos ambientais e a formulação de questões, hipóteses e modelos conceituais aplicados aos estudos de comunidades. Depois, os alunos aprenderam mais sobre como são utilizadas ferramentas de bioinformática (sequenciamento de dados microbianos, metagenoma, predições utilizando dados e gráficos de alfa e beta diversidade) aplicados à estudos de comunidades (biogeografia, diversidade e evolução, impactos ambientais por contaminação causada por combustíveis, estrutura de comunidades, micro-organismos, bioindicadores).

Nesta primeira parte, os alunos estavam em sala de aula com uma projeção de

videoconferência com dois dos professores coordenadores da atividade e o outro estava em sala presencialmente. Os alunos assistiram uma aula à distância com as temáticas acima descritas e interagiram com os três professores.

Uma grande quantidade de dados é gerada através de diversas pesquisas e, essa grande quantidade de informações, é armazenada e organizada em bancos de dados para possibilitar sua utilização e disseminação para a comunidade científica (VINCENT et al., 2018). Sendo assim, a segunda parte consistiu em apresentar o software (como se dá o acesso a base de dados, download dos dados, geração de gráficos, entre outros) e a questão norteadora do trabalho: "Como explicar a diferença na distribuição das comunidades microbianas?" Para que os grupos (três) formados pelos alunos criassem hipóteses para explicar um fenômeno através da criação de modelos (gráfico da distribuição taxonômica- alfa e beta diversidade- das amostras e geração de alinhamento e árvore filogenética), com dados reais de amostras de comunidades microbianas presentes em dois lagos na Finlândia, em um software de bioinformática chamado QIIME 2.0. Os professores e um dos alunos que possuía maior conhecimento sobre o software, ajudaram os alunos a montar e interpretar alguns dos modelos gerados.

Esta etapa, foi realizada em outro dia no auditório, também através de videoconferência. Os alunos interagiram entre si, com os professores (via Skype e com o professor presente pessoalmente), colhendo as informações, dividindo-se em grupo e compreendendo o trabalho de modo colaborativo. Cada grupo iria apresentar sua conclusão, mas houve relevante interação entre os grupos para conseguirem manipular todos os dados, compreender a atividade e o programa, comportamento encorajado pelos professores organizadores.

Por fim, numa data determinada, cada grupo de alunos apresentou seus trabalhos, seus modelos, hipóteses e as referências que utilizaram para tentar responder à questão norteadora. Esse processo de apresentação foi completamente filmado e as apresentações dos alunos, assim como as propostas dos professores, foram disponibilizadas para a pesquisadora. As apresentações se deram no auditório, também através de videoconferência e houve bastante troca dos professores e dos alunos tanto a respeito da atividade em si (sua organização, a motivação dos alunos, feedbacks sobre a forma que a atividade aconteceu e sugestões de como melhorá-la), sobre os resultados e conclusões alcançados pelos alunos e, também, sobre o conceito de modelos científicos (ainda que

um pouco preliminar, este assunto foi abordado ao falar dos modelos gráficos que os alunos produziram).

De um modo geral, o foco em modelos científicos aparentou ser trabalhado de forma mais superficial e não houve uma definição claramente embasada sobre o tema em nenhuma das etapas da atividade. Com isso, despertou-se um interesse em tentar compreender melhor a visão de modelos que esses alunos tinham.

Para a pesquisa desta dissertação, os entrevistados serão os alunos envolvidos na atividade de bioinformática. A atividade foi realizada em dezembro de 2018 e as entrevistas com os alunos em novembro de 2019, no fim do período letivo, quando a maioria dos alunos estava no final do quarto ano do curso técnico. Esta atividade é, então, o ponto comum entre os sujeitos participantes.

3.4 - Sequência metodológica e instrumentos de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada com diferentes instrumentos: material produzido pelos alunos na atividade, transcrições das filmagens da atividade (interação entre alunos e professores e apresentação dos alunos) e, principalmente, as entrevistas realizadas com alunos participantes da atividade.

A primeira etapa consistiu na leitura dos materiais fornecidos para melhor entendimento da motivação dos professores ao proporem a atividade (proposta de atividade e as apresentações em powerpoint utilizadas nas duas primeiras aulas), dos materiais produzidos pelos alunos durante a atividade (apresentações em powerpoint) e transcrição das filmagens do último dia da atividade onde os alunos apresentaram seus trabalhos e interagiram com os professores.

A análise das transcrições teve como objetivo perceber a forma que os alunos falavam sobre modelos, levando em consideração que os professores trouxeram o tema como já dito anteriormente. Pretendíamos agregar elementos que de alguma forma auxiliassem na elaboração da entrevista, talvez encontrar algo na fala dos alunos que nos fizesse incluir ou excluir certos tipos de questões.

Em conclusão, foi possível perceber que a maioria dos alunos possuía um

conceito, mesmo que ingênuo e/ou pouco elaborado, sobre o assunto e alguns até pensamentos mais concretos. Isso retificou a ideia prévia de que haveria a possibilidade de colocarmos perguntas mais diretas na entrevista, mesmo que no referencial, tenhamos visto este tipo de pergunta sendo feita à professores (CRAWFORD; CULLIN, 2007; GILBERT; JUSTI, 2002b).

A segunda etapa contemplou a elaboração do protocolo das entrevistas semi-estruturadas, no qual perguntas são previamente estabelecidas mas há uma abertura para que outras perguntas surjam espontaneamente durante a entrevista (LODICO; SPAULDING; VOEGLTLE, 2006). Foi construído com base nos dados obtidos com as análises da etapa anterior e três artigos que serviram de referência para criação das perguntas e categorização das respostas nas análises de dados: Crawford e Cullin (2007), Grünkorn et al. (2014) e Jansen et al. (2019). Cada participante recebeu o termo de consentimento livre e esclarecido, que se encontra no Apêndice B desta dissertação, para que possuam conhecimento a respeito da pesquisa e consentimento de sua participação. Os entrevistamos com menos de 18 anos tiveram seus termos lidos e assinados pelos devidos responsáveis.

O áudio das entrevistas foi gravado e posteriormente transcritos e assim, seus dados foram analisados e cruzados com as outras fontes de coletas de dados para que, então, fosse feita a categorização usando a proposta por Grünkorn et al. (2014). A análise de dados será discutida posteriormente na seção 4.5.

3.4.1 - Entrevistas: o instrumento e aspectos da elaboração do protocolo

Para atingir os objetivos propostos para a pesquisa, as entrevistas foram escolhidas como principal fonte de informação, pois o estabelecimento de perguntas específicas proporciona um melhor esclarecimento das compreensões dos alunos e possibilita que a categorização seja feita de maneira mais direcionada, além de ser um contato direto da pesquisadora com os participantes o que facilita o processo e, devido a flexibilidade da entrevista, permite que novas perguntas surjam em contextos específicos para uma maior riqueza na coleta de dados.

Vale pontuar que a entrevista nesta pesquisa não é vista de forma neutra. As influências da pesquisadora, do direcionamento de cada questão, assim como os exemplos, são considerados também nos resultados.

Foram feitas entrevistas individuais e presenciais com os seis participantes, em uma sala.

Com o objetivo de caracterizar as compreensões dos estudantes sobre modelos, em especial, modelos microbiológicos, buscou-se elaborar perguntas de duas perspectivas diferentes: Uma primeira parte com perguntas mais diretas e outra com perguntas mais amplas, com exemplos, para uma maior compreensão das categorias propostas.

O protocolo encontra-se no apêndice A desta dissertação e teve como base para as perguntas mais diretas, o trabalho de Crawford e Cullin (2007), a fim de abranger os aspectos pré-definidos (natureza dos modelos, multiplicidade dos modelos, objetivo dos modelos, testagem dos modelos e mutabilidade dos modelos) de maneira objetiva. Enquanto as perguntas mais amplas, foram elaboradas com base no trabalho de Grünkorn et al. (2014) e buscaram, com exemplos e contextualizações, fornecer mais elementos para compreender e categorizar melhor as concepções dos alunos.

PERGUNTAS AMPLAS

A parte “PERGUNTAS AMPLAS” das entrevistas dos alunos, levou em consideração o trabalho produzido por Grünkorn et al. (2014) onde a fim de aferir as concepções de alunos sobre modelos, os autores produziram questionários com perguntas específicas para cada categoria utilizada, que são as mesmas utilizadas de base nesta pesquisa. Cada uma das perguntas continha exemplos para compreender melhor as perspectivas dos alunos sobre a natureza dos modelos, o objetivo dos modelos, a multiplicidade dos modelos, a testagem dos modelos e a mutabilidade dos modelos. Apesar das perguntas terem sido elaboradas de uma forma bem semelhante, os exemplos dados foram diferentes para que contemplassem melhor modelos microbiológicos e de processos. O único exemplo utilizado da mesma forma que no artigo de Grünkorn et al. (2014) foi o do Neandertal.

Dentro das “perguntas amplas”, as perguntas número 6 e 8 buscam compreender aspectos das concepções dos alunos sobre a natureza dos modelos, ou seja, como eles

entendem os modelos, como compreendem a criação dos modelos em relação ao que seria o “original” ou “alvo”. As duas foram colocadas para que houvesse um exemplo microscópico (célula procarionte) e um macroscópico (Neandertal) com o objetivo de contrastar a visão dos alunos sobre esses dois modelos, perceber as diferenças e semelhanças de compreensão e obter mais elementos para entender como são as concepções dos alunos sobre modelos em geral mas, especificamente, em microbiologia.

As perguntas 7,15 e 17 buscam compreender aspectos das concepções dos alunos sobre a testagem dos modelos, ou seja, como eles entendem que se testa um modelo, como se verifica um modelo. As perguntas foram feitas para que houvesse um contraste. Com uma pergunta de um modelo microbiológico (célula procarionte), de um modelo que represente um processo no corpo humano e outra sobre os modelos construídos na atividade bioinformática, espera-se que haja mais subsídios para compreender melhor a visão dos alunos sobre modelos em geral mas, especificamente, em microbiologia.

As perguntas 9 e 16 foram criadas com o objetivo de compreender aspectos das concepções dos alunos sobre a mutabilidade dos modelos, ou seja, quando, por que, e se eles entendem que um modelo precisa ser mudado. As perguntas procuram novamente comparar esse entendimento deles entre algo mais macroscópico e microscópico para melhor entender a compreensão dos alunos e como eles pensam a respeito de modelos em geral e microbiológicos.

As perguntas 10, 11 e 18 buscam compreender aspectos das concepções dos alunos sobre a multiplicidade dos modelos, ou seja, como e se eles entendem o fato de haver mais de um modelo para o mesmo objeto. Apesar das duas primeiras perguntas corresponderem a um universo microscópico, é possível que haja uma tendência de os alunos pensarem nos vírus como sendo diferentes entre si por serem vírus diferentes, mesmo com o exemplo do vírus da hepatite B. Desta forma, a pergunta 11 foi adicionada a fim de comparar as respostas obtidas, já que há uma tendência a se pensar o DNA como sendo algo único e de estrutura única. No caso da pergunta 18, ela se relaciona diretamente com os modelos produzidos na atividade de bioinformática a fim de ver se há alguma divergência de pensamento dos alunos sobre o assunto neste contexto, já que no caso da atividade, os modelos foram produzidos por um programa de computador manipulado por eles.

As perguntas 12, 13 e 14 visam compreender aspectos das concepções dos alunos

sobre os objetivos dos modelos, ou seja, qual o propósito da criação de um modelo. De maneira semelhante as ditas anteriormente, a pergunta 12 representa modelos maiores (massas de ar, atmosfera, correntes marítimas...) e a 14 um microbiológico (crescimento de uma bactéria). Já a 13, aborda os modelos produzidos pelos alunos na atividade de bioinformática. Com a finalidade de observar as respostas obtidas sobre o mesmo aspecto nestes três contextos diferentes.

No protocolo presente no apêndice A desta dissertação, há também exemplos de possíveis respostas para as "perguntas amplas" e alguns exemplos de perguntas que poderiam ser feitas para atingir de maneira mais satisfatória os objetivos propostos. Cada entrevista ocorreu de forma livre e essas possíveis respostas foram apenas guias para refletir sobre possíveis perguntas com o objetivo de auxiliar na fluência da entrevista.

PERGUNTAS DIRETAS

Na parte "PERGUNTAS DIRETAS" das entrevistas usou-se como referência o trabalho produzido por Crawford e Cullin (2007) cujo objetivo era investigar as compreensões sobre modelos científicos e se havia intenção de futuros professores de ciências em ensinar sobre modelos científicos. Cada pergunta é feita diretamente abrangendo cada uma das categorias utilizadas. Pergunta-se diretamente sobre o objetivo dos modelos, o que é um modelo científico, se um modelo pode ser mudado, entre outros.. Apesar das perguntas terem sido retiradas do artigo de Crawford e Cullin (2007), pequenas mudanças foram feitas para adequá-las melhor aos objetivos da pesquisa, nem todas foram utilizadas e houve um acréscimo de uma pergunta direta sobre a testagem dos modelos.

As perguntas diretas foram colocadas antes das amplas para que haja uma informação prévia sobre as concepções dos participantes que depois será mais aprofundada com as perguntas mais amplas. Na literatura, é possível perceber que as perguntas discursivas e amplas são a melhor saída para obter mais informações dos alunos já que muitas vezes eles não sabem responder diretamente as perguntas sobre modelos científicos (GRÜNKORN et al., 2014).

No caso desta pesquisa, resolvemos manter as perguntas diretas mesmo as sendo uma entrevista feita com os alunos, pois os mesmos já haviam, teoricamente, previamente

discutido o tema em sua formação e/ou em alguns projetos. De todo modo, já era esperado que fosse possível obter mais informações e respostas mais elaboradas com os exemplos do que perguntando diretamente sobre modelos.

As questões diretas funcionaram como norteadoras, introdutórias e uma forma de entender as preconcepções dos alunos. Muitas vezes, elas possibilitaram uma comparação interessante entre a forma dos alunos compreenderem modelos científicos quando só mencionamos esse nome e quando lhe são dados exemplos. Essas informações são discutidas no Capítulo 4 desta dissertação, quando falamos dos resultados obtidos.

PERGUNTAS COMPLEMENTARES

As perguntas complementarem contemplam as questões 19 a 22 e possuem como objetivo central compreender melhor de onde os alunos vieram, complementar as informações sobre quem são os entrevistados e entender como eles se sentem em relação ao aprendizado de modelos.

Essas questões são mais simples, gerais e abertas justamente para que os alunos complementem as informações da maneira que acharem mais adequado. A perguntas 20 e 21, em algumas entrevistas foram feitas no início da entrevista mas as 19 e 22 sempre ao final. A 19 foi colocada ao final especificamente para entender como eles se sentiam sobre o entendimento e a produção de modelos após analisar todos os exemplos dados.

3.5 - Análise dos dados

Os resultados obtidos com as entrevistas realizadas foram submetidos à análise de conteúdo segundo Bardin (1977). A análise de conteúdo é um método de análise das comunicações do que foi dito ou observado pelo pesquisador que se utiliza de instrumentos metodológicos sistemáticos (BARDIN, 1977). A respeito dos métodos e técnicas o autor descreve três fases para conferir significação aos dados coletados, sendo elas: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados e inferência e interpretação.

A pré-análise consiste na leitura geral do material que será utilizado para a análise de modo a fazer uma comunicação entre o referencial teórico e a interpretação das informações coletadas. No caso desta pesquisa, o material de leitura é a transcrição das gravações de áudio das entrevistas.

Essas transcrições foram lidas repetidamente de maneira estratégica para identificar elementos que conversassem com o referencial proposto e os objetivos de pesquisa a fim de identificar todos os fragmentos que de alguma formas fornecessem subsídios para a pesquisa.

> A intervenção do pesquisador se faz sentir ainda uma vez no momento exato em que, segundo critérios previamente estabelecidos, procede a um trabalho de "priorização" de determinados fragmentos em detrimento de outros que não lhe parecem relevantes. Isto nos mostra que a entrevista não é o córpus de análise, mas sim o campo de circulação de determinados discursos, campo esse que será recortado conforme os objetivos da pesquisa. (Rocha, Daher, Sant'anna, p. 14, 2004).

A fase de exploração do material compreende a codificação do que foi previamente selecionado. O texto das entrevistas é separado em unidades de registro de modo que palavras-chaves sejam identificadas a fim de se fazer um resumo de cada parágrafo para uma categorização prévia. A partir disto, são realizados agrupamentos temáticos com recortes cada vez mais precisos até que se chegue à categorização final. Assim é possível, além de compreender as falas dos entrevistados, atribuir sentido e significação a elas.

Nesta fase, todos os fragmentos anteriormente selecionados foram divididos entre aqueles que, de alguma forma, conversavam entre si. Aqui, foram agrupados não necessariamente por palavras-chaves mas pela mensagem em comum que transmitiam. A quantidade de entrevistados permitiu que esta etapa pudesse ser feita de maneira mais criteriosa. Essas separações foram feitas repetidas vezes até se chegar em um agrupamento satisfatório, utilizando a categorização estabelecida (descritas na subseção 3.5.1).

A inferência e interpretação consiste no tratamento dos resultados obtidos na fase anterior. Nesta fase, ocorre a captação do conteúdo contido no material coletado, com

respaldo no referencial teórico através da comparação, a fim de ressaltar aspectos considerados semelhantes e distintos. Modificações, adaptações e a categorização final foram feitas nesta etapa.

Todos esses processos são ilustrados por Bardin (1977) na figura abaixo:

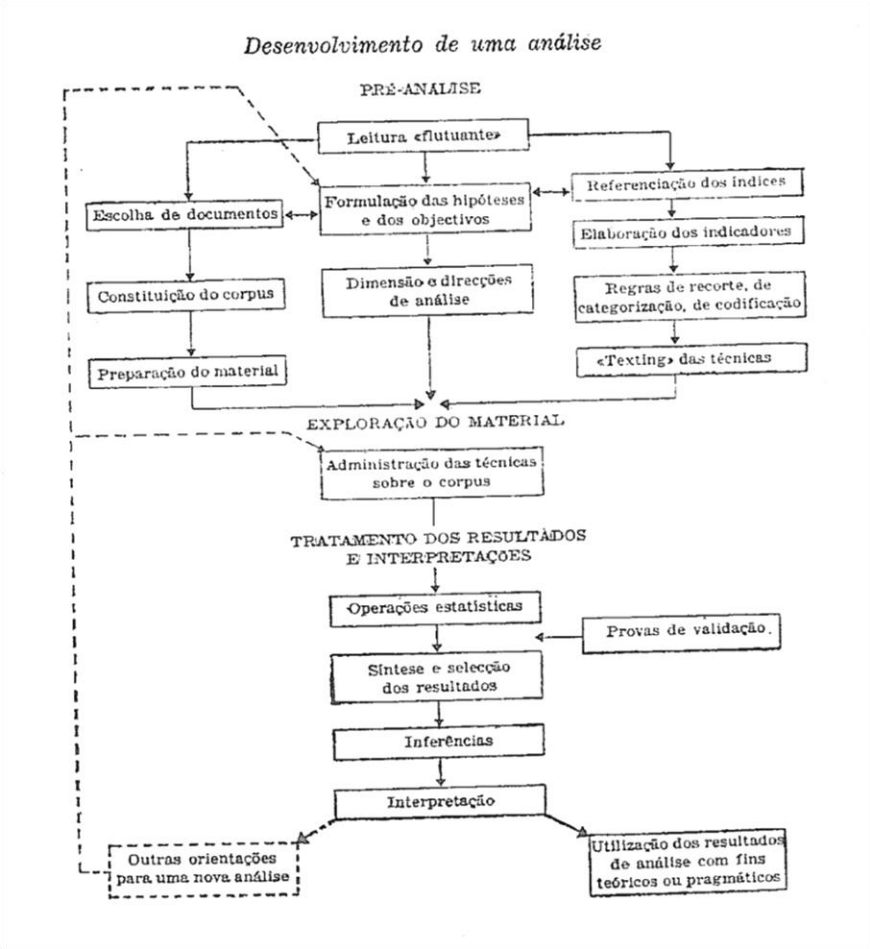


Figura 1: Desenvolvimento de uma análise de conteúdo. Encontrada em Bardin (1977) p. 102.

Sobre o tratamento dos resultados e interpretações: a validação é descrita na subseção 3.5.2, os resultados, suas inferências e interpretações no Capítulo 4.

Para esta pesquisa, as categorias utilizadas serão baseadas nas propostas por Grünkorn et al. (2014), já anteriormente exposta no Quadro 2: natureza dos modelos, multiplicidade dos modelos, objetivo dos modelos, testagem dos modelos e mutabilidade dos modelos, sendo que em cada uma delas existem três a quatro níveis de complexidade em relação ao entendimento dos alunos naquela categoria.

3.5.1 – Sobre as categorias utilizadas

As categorias utilizadas para a análise do material foram um pouco modificadas a fim de se adequarem da melhor forma possível às respostas obtidas nas entrevistas e tornar as definições mais claras já que muitas das definições de Grünkorn et al. (2014) são similares e, às vezes, de contexto divergente das utilizadas nesta pesquisa.

No quadro 4 todas as categorias utilizadas estão descritas. Cada fragmento (optou-se por este termo porque em certos momentos, a resposta do entrevistado não foi inteiramente classificada) foi analisado a fim de classifica-lo tanto no aspecto ao qual correspondia, quanto ao seu nível de complexidade. As categorias em negrito foram as acrescentadas.

Os níveis de complexidade vão do inicial (em alguns aspectos) ao Nível 3, onde o nível mais baixo é aquele em que a ideia apresentada é mais distante da ideia de modelos do referencial utilizado na pesquisa e o mais alto mais próximo ao referencial. Esses níveis refletem uma visão epistemológica de modelos como métodos e produtos de produzir ciências (GILBERT, 1991; MAHR, 2009; GRÜNKORN et al., 2014).

De modo geral, o nível 1 representa ideias que focam no modelo representacional em si e não no original (MAHR, 2009; GRÜNKORN et al., 2014), enquanto no Nível 2, apresenta-se uma noção de modelo como ferramenta para algo e há um certo foco no processo de criação destes modelos (MAHR, 2009; GRÜNKORN et al., 2014). Já no Nível 3, há uma interação entre as duas visões anteriores de modo a entender a sua aplicação nas ciências para delinear conclusões para o original (MAHR, 2009; GRÜNKORN et al., 2014).

O Nível Inicial apareceu em alguns aspectos quando há uma ideia inadequada sobre modelos: quando, ele é visto como sinônimo de método científico e, consequentemente, apresenta o mesmo objetivo deste, quando há a compreensão de que um modelo só seria diferente de outro por se tratarem de originais diferentes ou quando a ideia de que há um modelo mais correto. Eventuais peculiaridades dos níveis de cada aspecto são explicadas a seguir, separadamente.

Aspectos	Nível Inicial	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Natureza dos modelos	**Modelo como método**	Modelo como cópia Modelos com grande similaridade Modelos representam uma concepção não subjetiva do original	Modelo como uma variante possível Modelo como uma representação com um foco específico	Modelos como representações hipotéticas
Multiplicidade dos modelos	Vários modelos de originais diferentes **Um modelo final e mais correto**	**Modelos diferentes para diferentes representações do objeto**	Focos em diferentes aspectos	Diferentes suposições Diferentes suposições com perspectivas de aplicação diferentes
Objetivo dos modelos	**Objetivo de método científico**	Modelos para exibição de fatos **Modelo para se obter um padrão**	**Modelos para identificar e explicar relações** **Modelos para fazer predições**	Modelos para examinar ideias abstratas Modelos para examinar ideias concretas
Testagem dos modelos	-	**Teste de execução do**	Comparação entre o modelo e	**Comparação com modelos já existentes**

		modelo	o original **Comparação com outros modelos sobre o mesmo original**	**carregando a visão de modelo como teoria**
Mutabilidade dos modelos	-	Alterações devido a novas descobertas sobre o original	Alterações devido a descobertas a partir de experimentações no modelo	**Alterações do modelo para adaptação ao objetivo**

Quadro 4. Categorização de modelos utilizada na pesquisa.

Foram 6 entrevistados e, no mínimo, 22 perguntas em cada entrevista. As respostas foram analisadas a fim de selecionar fragmentos que pudessem ser categorizados. Ao todo, 184 fragmentos foram selecionados. Destes fragmentos, alguns foram resultado das perguntas com objetivos pré-definidos, mas cada resposta foi analisada individualmente para correlacionar com o aspecto em que mais se encaixava, assim como eventuais observações ou indagações feitas pelos entrevistados.

Esses 184 fragmentos foram categorizados de acordo com a definição de aspecto e agrupados. A partir daí, cada um foi novamente analisado e houve uma segunda categorização, desta vez, juntando os fragmentos de acordo com cada nível de complexidade o qual se identificavam. Abaixo, cada uma das categorias é explicada:

- **Natureza dos modelos:** concepções epistemológicas individuais de modelos, como os alunos entendem o que é modelo científico.

Para este aspecto foram analisadas, a princípio, as respostas para as seguintes questões: “O que é um modelo científico para você?”; “Em que nível esse modelo de célula procarionte corresponde à estrutura real das bactérias? Por quê?”; “Em que nível esse modelo se assemelha ao Neandertal que viveu há 130 mil anos atrás?”; “Qual dos dois modelos [Neandertal e célula procarionte] (se tiver algum) você considera mais próximo ao original?” Porém, outras falas que de alguma forma foram compreendidas como se relacionando com este aspecto, também foram incluídas aqui.

No quadro 5, podemos observar as categorias utilizadas neste aspecto e alguns exemplos de fragmentos classificados para dar clareza à definição. As categorias e/ou definições modificadas para esta pesquisa são posteriormente descritas.

Nível	**Categoria**	**Definição**	**Exemplo**
Nível Inicial	Modelo como método	Modelo é visto como sinônimo de método científico.	*"Não sei... Eu penso em quase método científico, não sei se tem muito a ver mas acho que talvez um modelo de pesquisa, um modelo que te dê alguma base para alguma coisa na ciência... Sei lá"*(Luana)
Nível 1	Modelo como cópia	Modelo como sendo uma cópia aumentada/reduzida do original. Corresponde ao original em aspectos fundamentais. Aceito como um modelo do original, pois há muita confiabilidade na ciência	*"Vamos lá, criaram uma hipótese... Tipo, fizeram escavações. Acharam um osso muito parecido com o nosso, fizeram testes... Não sei como eles fizeram, mas vamos supor que pegaram o DNA que tinha lá e fizeram comparações com o nosso e deu o mesmo, vamos dizer assim. Aí eles foram construindo*[Sobre a construção do modelo de um Neandertal]" (César)
Nível 1	Modelo com grande similaridade	Modelo lembra o original, em uma escala próxima ao original, pouca diferença que pode se dar por alguma pequena insatisfação com o processo de construção do modelo.	"*Eu acredito que a bactéria. Porque temos mais disponibilidade para fazer mais estudos para chegar numa representação. Aqui por exemplo, tem... Quantas representações de um*

			Neandertal a gente tem? Centenas eu acredito... Não sei se tem muita" (Antônio)
Nível 1	Modelos representam uma concepção não-subjetiva do original	Compara e julga o modelo baseando-se em seus conhecimentos anteriores, experiência pessoal e/ou concepções subjetivas sobre o original	*"Assim, eu não sou muito bom na parte de célula e essas coisas e na parte de genética, mas eu acho que não representa muito bem. Porque eu lembro de uma determinada aula que eu tive, (...), no primeiro e no segundo ano eu tive uma aula inicial de célula, (...), e o que havia nela, núcleo e etc estavam bem representados ali e aqui ta só... Como se você quisesse mostrar só o que envolve essa parte mais central da célula"* (Vinícius)
Nível 2	Modelo como uma variante possível	Não demonstra certeza sobre o modelo. Pode corresponder ao original ou não, falas abstratas sobre propriedades similares e/ou sobre a "clareza" do modelo. Uma versão possível entre várias, já que algumas partes talvez não possam ser julgadas pela falta de conhecimento sobre o original, pela dificuldade em se obter informações sobre o original ou pela falta de conhecimento sobre o processo de construção do modelo.	*"Entendi, eu acho que ele... É, assim... Com relação às chances dele representar... É que eu não sei, depende muito de como eles fizeram isso, entendeu!? Fica um pouco complicado de falar alguma coisa quando você não sabe como foi o desenvolvimento desse modelo e como eles chegaram nessa conclusão"* (Leonardo)

Nível 2	Modelo como uma representação com foco específico	Focada em um elemento do original, dá ênfase em certos traços/propriedades. Indica que há um objetivo específico para o modelo.	*"Entendi. Eu acho que pode ser próximo mas não como realmente é. Acho que é mais ilustrativo mesmo para conseguir... Paras as pessoas, para os alunos mesmo quando vão estudar conseguirem idealizar"* (Gisele)
Nível 3	Modelos como representações hipotéticas	O modelo é visto como uma hipótese satisfatória de um original. Pode não ver a necessidade de o modelo ser uma representação fiel do original. Considera ou não um objetivo específico para o modelo.	*"Porque que é diferente... Eu acredito que seja diferente porque é a forma estática. A gente não vê o que acontece de forma contínua e sendo uma forma didática, a gente apaga, a gente pode ser que apague certos erros de conectivos, formas que se completam. Por exemplo, aqui tem um recorte, qual é a parte que pode estar faltando? A gente não sabe, a gente fez um recorte e está demarcando tais locais e identificando... Por exemplo isso aqui é a cápsula, isso aqui é a parede celular... Está só identificando, isso é só realmente para ensinar por exemplo e ilustrar, não de forma real, mas de forma similar a realidade, não acredito que seja a realidade em si."* (Antônio)

Quadro 5. Nível, nome, definição e um exemplo de evidência das categorias do aspecto “natureza dos modelos”.

Neste aspecto, as categorias do Nível 1 representam ideias representam uma ideia de modelo como uma replicação do original, no Nível 2 o modelo é visto como uma representação idealizada do original e no Nível 3 o modelo já é visto como uma reconstrução teórica de um original (GRÜNKORN et al., 2014).

O nível inicial foi criado pela demanda. Alguns entrevistados manifestaram, de modo explícito ou não, a ideia de que modelo científico e método científico eram sinônimos. Em alguns momentos aparentaram certo desconforto por fazer essa associação, mas continuavam com esta posição. Acreditamos que isso poderia ser resultado, principalmente, das perguntas diretas, pois elas não possuíam contexto o que deixava mais aberto a interpretações.

No nível 2, Grünkorn et al. (2014) utilizaram dois níveis de complexidade que acreditamos ser muitos semelhantes e, por vezes, sobrepostos. Optou-se então por acrescentar “(...) uma versão possível entre várias, já que algumas partes talvez não possam ser julgadas pela falta de conhecimento sobre o original, pela dificuldade em se obter informações sobre o original ou pela falta de conhecimento sobre o processo de construção do modelo” na sua definição a fim de torna-la mais clara e adequada aos fragmentos. Neste caso, apesar de apresentar dúvidas sobre o modelo visto, há uma compreensão da construção do modelo como algo idealizado.

- **Objetivo dos modelos:** processos cognitivos quanto a reflexão do uso de modelos nas ciências, ou seja, como os alunos entendem a utilização de modelos nas ciências.

Neste aspecto, foram analisadas, a princípio, as respostas para as seguintes questões: “Qual seria o objetivo de um modelo científico?”; “O modelo abaixo foi criado em computador e representa partes da atmosfera e do oceano. Qual seria o objetivo da criação desse modelo?”; “A figura abaixo representa o modelo do crescimento de uma bactéria em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Qual seria o objetivo da criação desse modelo? Para que ele poderia ser utilizado?”

No quadro 6, são expostos os níveis, as categorias, definições e exemplos de cada uma para facilitar a compreensão das definições.

Nível	**Categoria**	**Definição**	**Exemplo**
Nível Inicial	Objetivo de método científico	Falas que indicam uma visão de modelo e método como sendo sinônimos (explicitamente ou não), sendo assim, o modelo teria o objetivo do método científico.	*"Assim, eu estou pensando como se fosse um sinônimo de método científico. Sendo assim, acho que o objetivo seria gerar uma hipótese e tentar comprovar ela, talvez"* (Luana)
Nível 1	Modelo para exibição de fatos	Fala de um modo geral de modelos apresentarem fatos e/ou o modelo ser didático. Não identifica as relações presentes no modelo.	*"Seria deixar o mais didático possível tanto para cientistas quanto para pessoas de fora o que está acontecendo em determinadas áreas de estudo"* (Vinícius)
Nível 1	Modelo para se obter um padrão	Indica que o modelo é necessário para que, ao analisar o mesmo original, diferentes pessoas partam do mesmo modelo. Serve para base de pesquisas.	*"(...) Acho que o objetivo ou é usar ele como exemplo para alguma coisa, que possa se basear, não necessariamente fazer igual mas para que você possa se guiar na sua pesquisa"* (Gisele)
Nível 2	Modelos para identificar e explicar relações	Vê o modelo como algo que descreve e/ou explica relações entre diferentes aspectos do original para entender fatos conhecidos ou a natureza. Aqui, já existe mais detalhamento sobre o que o modelo mostra, as relações ali presentes.	*"As diferenças de espécies que têm no lago, a quantidade de componentes químicos que estão ali presentes e no que isso pode influenciar na diversidade de espécies."* (Vinícius)
Nível 2	Modelos para fazer predições	Indica que o modelo poderia ser usado para fazer predições, mostra-se insatisfeito com os possíveis resultados	*"Eu acredito que não seriam tão boas as predições porque você não depende só de dados visuais para lidar com um*

			determinado evento, mas em determinados aspectos ele seria bom para prever mas não medir a realidade" (Vinícius)
Nível 3	Modelos para examinar ideias abstratas	Servindo como instrumento para testar hipóteses sobre o original, ideias gerais podem ser mencionadas	*"(...) É, eu acho que o objetivo é que você ter uma informação visual de como ocorrem os processos aqui na atmosfera e no oceano, né!? Aí eu posso usar isso para diversas coisas, desde explicação até para propor novas hipóteses de como acontecem esses fenômenos, né!?"* (Leonardo)
Nível 3	Modelos para examinar ideias concretas	Testar hipóteses sobre o original e servindo para tirar conclusões sobre o original, ideias concretas são mencionadas. Serve para transferir achados sobre o original para outro fenômeno.	*"Acredito que tem muito a ver com, não só com o estudo de bactérias como a aplicação na realidade que isso gera. Que nem estudar os componentes que formam um antibiótico. Isso tem muito a ver com como tratar uma determinada pessoa com determinados sintomas e tal. Como pode influenciar o local em que ela mora, ela vive e quais as chances de uma determinada bactéria surgir e se proliferar nesse local"* (Vinícius)

Quadro 6. Nível, nome, definição e um exemplo de evidência das categorias do aspecto "objetivo dos modelos".

As categorias do Nível 1 representam ideias de que o modelo tem o propósito de demonstrar fatos sobre o original, enquanto as do Nível 2 já demonstram ideias que identificam e explicam relações entre modelo e original e as do Nível 3, refletem ideias na utilização de modelo para prever comportamentos do original. (GRÜNKORN et al., 2014).

Neste aspecto, também se fez necessária a criação de um nível inicial onde o objetivo do modelo era equiparado ao objetivo do método científico. Como já explicado no aspecto anterior, alguns alunos interpretaram modelo científico como sinônimo de método, isso se estendeu também na sua finalidade.

No nível 1, a categoria "modelo para se obter um padrão" também foi criada já que algumas respostas dos entrevistados resumiram o objetivo do modelo a servir de padrão para outras análises, fato este que não ocorreu no estudo de Grünkorn et al. (2014). Apesar de ser ingênua, apresenta uma visão de modelos mais madura para ser colocada no Nível Inicial.

No nível 2, a primeira categoria foi modificada e adaptada, resultado da junção de duas categorias previamente elaboradas por Grünkorn et al. (2014) por elas terem sido consideradas, por nós, muito semelhantes e de difícil divisão considerando a amostra analisada. O conceito de identificar e explicar relações, no caso da presente pesquisa, não se fez de maneira desassociada.

A categoria "modelo para fazer predições" foi criada também devido a demanda. Neste estudo, os entrevistados por vezes apresentaram uma visão da utilização de modelos científicos para fazer alguma predição sobre o original, mas essa categoria engloba visões incertas sobre a efetividade dessas previsões.

É importante ressaltar também que em alguns momentos, não somente neste aspecto mas aqui de maneira mais específica, existem muitas categorias que se assemelham de alguma forma. A questão por trás disso é, principalmente, que umas teriam maior nível de complexidade do que outras. Por exemplo, neste caso as categorias "modelos para fazer predições" e as do nível 3 se relacionam intimamente, mas no nível 3 o entrevistado já demonstra uma noção maior sobre teste de hipóteses e, na segunda categoria deste nível, transferir achados para outros fenômenos além do original. Já na categoria do Nível 2, a utilização do modelo para gerar hipóteses sobre o original é vista de maneira negativa, gerando com isso, um foco no processo de criação do modelo. As

categorias do último nível são as mesmas utilizadas por Grünkorn et al. (2014).

- **Multiplicidade dos modelos:** concepções epistemológicas individuais de modelos, ajuda a compreender como os alunos entendem o que é modelo científico.

Para este aspecto foram analisadas, a princípio, as respostas para as seguintes questões: “Pode haver mais de um modelo para a mesma coisa? Se sim, por quê? Se não, por quê? Depende do quê? Esses diferentes poderiam coexistir?”; “Com análises de laboratório e informações teóricas, modelos de vírus foram criados. Explique por que existem múltiplos modelos de vírus.”; “Agora, considerando o DNA, por que você acha que existem vários tipos de modelos para representa-lo?”

No quadro abaixo (Quadro 7), os níveis, categorias e definições do presente aspecto são explicitados.

Nível	**Categoria**	**Definição**	**Exemplo**
Nível Inicial	Vários modelos de originais diferentes	Não compreende mais de um modelo para o mesmo original e, se compreende, pressupõe que a diferença entre eles seria pouco significativa. Pode indicar que deve haver um modelo mais correto para representar um original.	*“Como em outra área como a geografia física. Existem vários modelos de rocha, né!? Você não encontra apenas um tipo de vírus na natureza, você encontra vários. Então você classifica ele de acordo com as suas principais características, enquadra eles em grupos* [Modelos diferentes de vírus por serem vírus diferentes]” (Vinícius)
Nível Inicial	Um modelo final e mais correto	Pressupõe múltiplos modelos mas teria algum mais completo e/ou mais correto	*“Os dois existiriam mas ficaria a questão, não saberia dizer qual é o mais certo ou não”* (Luana)
Nível 1	Modelos diferentes para diferentes	Entende modelos diferentes com foco na diferença de apresentação. Diferentes métodos de apresentação	*“Como a gente vive é mais ou menos como a gente entende, como... No século XXI, vamos*

	representações do objeto	(2D, 3D, cores diferentes, gráficos...), diferentes características/atributos (pequeno ou grande, macio ou duro...); diferentes formas de construção (materiais finos ou grossos, elementos separados ou únicos...)	*dizer assim, como eu entendo sentado na cadeira vendo os gráficos das bactérias do lago e mostrando a espécie e a sua família e bláblábla mas tem outras pessoas que não vão entender mostrando esse modelo gráfico mas mostrando um modelo prático elas já entenderiam mais"* (César)
Nível 2	Foco em diferentes aspectos	Entende modelos diferentes devido a complexidade do original que permite perspectivas e formas diversas de focar no original (interior ou exterior, estrutura ou função e etc.). Cada modelo focaria em um aspecto do original	*"Não sei. É porque, por exemplo, no caso da física você tem um modelo da relatividade geral que é para grandes coisas e eles não se aplicam à pequenas coisas que é o caso do modelo quântico. E os dois, entre aspas, coexistem"* (Vinícius)
Nível 3	Diferentes suposições	Pode haver várias ideias e suposições sobre o original (formas de analisar e compreender o original). Modelos diferentes são válidos ao mesmo tempo.	*"Acho [que modelos diferentes sobre o mesmo original podem coexistir]. Nem sempre a academia entra em consenso sobre determinada coisa"* (Vinícius)
Nível 3	Diferentes suposições com perspectivas de aplicação diferentes	Diferentes suposições sobre o original são "nomeadas" de acordo com objetivos científicos. A existência de múltiplos modelos se relaciona com os objetivos deles	*"É a forma de analisar cada objeto. Por exemplo, aqui [A] seria uma forma química, aqui [D] aqui mais didática, porque o "c" se conecta com o "g" e tal essas coisas. Essa imagem aqui de cima [B], seria a forma*

			da exposição mas ainda seria meio plana, uma forma geográfica meio plana. Aqui seria mais volumétrico [C], uma coisa mais de volume. Depende de qual foi o cientista e qual o método que ele soube para representar graficamente o que ele estudou e esses podem existir harmonicamente e depende também de como ele vai ser usado. Por exemplo, não seria... Eu não concordaria de aplicar um estudo, sei lá, por exemplo de uma forma química para alunos de oitavo ano do ensino fundamental por exemplo. Eu aplicaria mais dessa forma aqui [D], do a t c g e qual se conecta um com o outro. Depende de qual objetivo você quer chegar. Por exemplo, se... Como ele vai ser utilizado" (Antônio)

Quadro 7. Nível, nome, definição e um exemplo de evidência das categorias do aspecto "multiplicidade dos modelos".

As categorias do Nível 1 demonstram ideias sobre a diferença dos modelos apresentados sobre o mesmo original por diferenças no material utilizado, a do Nível 2 foca na complexidade do original e nos múltiplos modelos que isto pode gerar, enquanto as do Nível 3 explicitam considerar diferentes hipóteses sobre o original (GRÜNKORN et al., 2014).

Em "multiplicidade dos modelos" só uma das categorias do nível inicial de

Grünkorn et al. (2014) foi identificada. Todos os entrevistados mostraram compreender a existência de múltiplos modelos mesmo nas perguntas diretas, não foi identificada nenhuma ideia diferente desta, portanto, a categoria que não assumia múltiplos modelos foi descartada.

No nível Inicial, a categoria "Um modelo final e mais correto" foi ligeiramente modificada, mas permaneceu no mesmo nível, pois apesar de nesta pesquisa as respostas indicarem que há a existência de mais de um modelo para o mesmo original, diferente do que foi visto na pesquisa de Grünkorn et al. (2014), há a ideia de um modelo mais correto o que, também nesta pesquisa, foi compreendido como uma compreensão ingênua e adequada ao Nível Inicial.

- **Mutabilidade dos modelos:** processos cognitivos quanto a reflexão do uso de modelos nas ciências. Neste caso, a compreensão da modificação ou não de um modelo, contribuiu para compreender a visão dos alunos sobre uso de modelos nas ciências.

Para essa categoria foram analisadas, a princípio, as respostas para as seguintes questões: "Um modelo poderia ser mudado?"; "Descreva razões pelas quais o modelo de Neandertal e o de célula procarionte poderiam ser alterados?"; "Ainda considerando o modelo anterior [da regulação hormonal que ocorre na digestão humana], descreva razões pelas quais esse modelo poderia ser alterado?"

No quadro 8, observamos os nomes, definições e exemplo de cada nível de complexidade utilizado na pesquisa.

Nível	**Categoria**	**Definição**	**Exemplo**
Nível 1	Alterações devido a novas descobertas sobre o original	Integrar novas descobertas sobre o original no modelo/melhorar a tecnologia leva a novas descobertas sobre o modelo	*"O Neandertal, por exemplo, eu acho que se achassem outro tipo de crânio e aí fizessem um estudo e o crânio fosse datado assim mais ou menos da mesma época, eu acho que isso faria os pesquisadores no mínimo se perguntarem se é essa mesmo a estrutura ou se pode ter outros*

			tipos.. Que pode ser diferente do modelo que eles têm já e da ideia que foi concreta. Eu acho que mais fácil de pensar do que a célula, porque, não sei...A célula, talvez se achassem alguma outra estrutura mesmo, celular, dentro dela. Uma outra composição que fizesse sentido na funcionalidade dela e que talvez fosse mais certa" (Gisele)
Nível 2	Alterações devido a descobertas a partir de experimentações no modelo	Ajustar o modelo de modo a refletir descobertas sobre o original baseado num experimento feito no modelo ou negação da hipótese por trás do modelo.	*"Se houvesse divergência do que eu encontrei. Se houvesse várias análises que acusassem a mesma divergência, aí seria algo... Ver se não foi algo que foi feito diferente de como foi estudado isso aqui, se não foi nada feito de diferente e mesmo assim encontrou divergência, pode ser que tenha alguma coisa que não foi aplicada que tenha escapado pelos olhos de quem produziu tal método, tal representação"* (Antônio)
Nível 3	Alterações do modelo para adaptação ao objetivo	Mudança para adaptar o modelo ao objetivo da sua utilização ou para mudar a perspectiva de observação do modelo	*"Então, vai depender também de como o modelo vai se encaixar no experimento que quer utilizá-lo, em qual objetivo de estudo que você vai aplicar o modelo. Então isso para mim*

			poderia ser adaptado” (Antônio)

Quadro 8. Nível, nome, definição e um exemplo de evidência das categorias do aspecto “mutabilidade dos modelos”.

O nível inicial não apareceu, os entrevistados assumiram a existência de mudanças nos modelos, em nenhum momento indicaram o contrário ou atrelaram a mudança do modelo com a representação de originais diferentes. Sempre que falavam sobre esse aspecto, compreendiam a mudança em um modelo sobre o mesmo original, inclusive nas perguntas diretas.

No nível 1, colocamos esta categoria neste nível, antes era do nível 2. As outras categorias não foram consideradas, pois os entrevistados não identificaram erros específicos nos modelos apresentados nem sobre o material, nem sobre o funcionamento do modelo. Isso pode ter sido também consequência dos modelos utilizados de exemplo na presente pesquisa, já que eles foram diferentes dos utilizados em Grünkorn et al. (2014). Esta categoria também sofreu pequenos ajustes, pois também incorporamos a categoria “alterações para aperfeiçoar o modelo”.

No nível 2 não identificamos nenhuma das categorias. Relacionado a justificativa acima, os entrevistados não identificaram erros específicos no modelo e nem consideraram mudanças no original como sendo motivo para alterar um modelo. Relacionavam mais as mudanças à novas descobertas sobre o original.

Uma das categorias que pertencia ao nível 3, “alterações devido a descobertas a partir de experimentações no modelo” foi colocada como sendo no nível 2, devido ao nosso entendimento sobre seu nível de complexidade e relação com o conceito de modelos adotado.

No nível 3, a categoria “alterações do modelo para adaptação ao objetivo” foi criada, mais um vez, devido a demanda. Algumas falas reproduziam uma ideia de que um modelo pode ser alterado para se adequar à um determinado objetivo. Noção essa não descrita por Grünkorn et al. (2014) em sua pesquisa.

- **Testagem dos modelos:** processos cognitivos quanto a reflexão do uso de modelos nas ciências através da análise de como um modelo é testado. Este aspecto ajuda a compreender como os alunos entendem a utilização de modelos nas ciências.

Para essa categoria foram analisadas, a princípio, as respostas para as seguintes questões: “Como é possível testar se um modelo é válido?”; “Ainda considerando o modelo acima [célula procarionte], explique como é possível testar se esse modelo representa bem as células procariontes”; “A imagem abaixo representa parte da regulação hormonal que ocorre na digestão humana. Explique como é possível testar se este modelo representa bem a regulação hormonal que acontece na digestão humana.”

O quadro 9 traz a definição, nome e exemplo de cada nível de complexidade aqui utilizado.

Nível	**Categoria**	**Definição**	**Exemplo**
Nível 1	Teste de execução do modelo	Falas que relacionam a validação do modelo com a sua capacidade de ser replicado novamente por quem o fez ou pela comunidade científica. Neste caso, percebe-se uma definição de modelos como sinônimo, ou algo muito próximo, ao que seria o método científico.	*“Penso que você teria que realmente... Como se fosse retomar o século XIX, século XX, como por exemplo o Alexandre V... Ele fez experimento, escreveu, mandou para Academia e lá eles reproduziram o experimento. Se chegou no mesmo resultado, é... É uma provável ou um modelo... É um método provável para chegar em tal modelo. Uma coisa que vai instigando e parece que... Como é uma coisa contínua, então parece que pode chegar a ser válido. Se você fizer um outro modelo que anule isso, pode pensar... e se isso invalidou o antigo modelo, o antigo método, isso quer dizer que ou é uma outra perspectiva ou o método não foi o correto*

			para você chegar a fazer a análise de tal objeto, de tal experimento"; "Ver se tem como ele ser executado. Tipo, antes de fazer uma teoria tem né... Partindo muito do método científico rs...Se tem uma hipótese e aí você testar e achar um meio de comprovar ela para ver se cria uma teoria ou não" (Antônio)
Nível 2	Comparação entre o modelo e o original	Falas que indicam uma comparação entre propriedades do original (sejam elas sobre estrutura ou sobre a função) e do modelo. Fazendo uma experimentação no original para analisa-lo e, assim, ver se ele e o modelo estão de acordo. Pode comparar propriedades entre modelo e original e apresentar, ou não, os ajustes que seriam necessários para esta congruência. Carrega a ideia de que um modelo mais próximo ao original seria o objetivo	*"Nessas coisas do corpo humano eu acredito muito mais numa hipótese empírica. Por exemplo, pegar um cadáver, abrir, pegar o órgão que você tem o modelo e abrir esse órgão para ver como ele funciona por dentro"* (Vinícius)
Nível 2	Comparação com outros modelos sobre o mesmo original	Falas que atribuem a testagem de um modelo à comparação do mesmo a outros modelos já existentes sobre o mesmo tema. Mas nesse caso, vê modelo como sinônimo de método científico e, desta forma, a aplicação de modelos (métodos) conhecidos,	*"Seria por exemplo aplicando modelos de outrora, que já foram aplicados antes em outras coisas, em outros objetos e aplicar nesse tal lugar. Se não for viável, se não tiver o resultado esperado, entre*

		poderia levar a um novo modelo sobre determinado original	*aspas, de... Sente que não foi satisfatório, continue aplicando outras formas e outro métodos até chegar num modelo mais crescente, digamos assim, sólido entre aspas. Viável, aplicável, que não seja inconstante. Sim, poderia chegar num novo modelo"* (Antônio)
Nível 3	Comparação com modelos já existentes carregando a visão de modelo como teoria.	Testar um modelo comparando-o com modelos previamente existentes para representar o mesmo original. Semelhante ao anterior, mas apresenta uma visão de modelos como teorias. Pode comparar os resultados com situações reais ou não. Não vê modelo como método.	*"Comparando com outros modelos que já foram constituídos. Por exemplo, quando a gente fala de modelo estamos falando de teorias, né!? (...)Então, você testa dessa forma. Procura ver a validade desses modelos dentro dos outros modelos que você tem e das teorias que foram instituídas... Não?"* (Leonardo)

Quadro 9. Nível, nome, definição e um exemplo de evidência das categorias do aspecto "testagem dos modelos".

O nível Inicial não apareceu pois os entrevistados não apresentaram uma ideia de não testagem de um modelo. Em todas as suas falas, assumiam que um modelo deveria e/ou poderia ser testado.

A categoria presente no nível 1, foi criada devido a demanda e as outras atribuídas a esse nível por Grünkorn et al. (2014) não foram utilizadas por não encontramos correspondências e por achar uma das categorias não muito bem definida para os fins desta pesquisa. Sendo assim, elas foram descartadas.

A categoria "comparação entre o modelo e o original" apesar de ter o mesmo nome utilizado por Grünkorn et al. (2014) é na verdade a junção, e leve modificação, das duas

categorias encontradas no nível 2 em seu artigo. Não vimos necessidade em diferenciar as duas com base na nossa amostra. A categoria "comparação com outros modelos sobre o mesmo original" foi criada para este nível por causa das respostas encontradas nas entrevistas.

No nível 3, as categorias presentes em Grünkorn et al. (2014) não foram identificadas da forma explicitada no artigo, sendo assim, optou-se por descarta-las e criar uma nova categoria "comparação entre modelos já existentes".

De maneira geral, algumas categorias podem se relacionar tanto dentro do mesmo aspecto quanto com os outros. Umas são aumentos de níveis de complexidade, como já explicado no tópico "objetivo dos modelos" e outras se relacionam entre aspectos como por exemplo as categorias "modelo como método" e "objetivo de método científico", uma está ligada com a outra.

Apesar da divisão entre as categorias que falam mais sobre o entendimento dos alunos de modelos e as que mostram mais como os alunos veem modelos sendo utilizados nas ciências, e termos usado essa divisão por ser relevante para os estudos, é importante ter a clareza de que essas duas visões estão intimamente ligadas. A forma que o aluno entende modelos se relaciona com a forma em que o aluno vê modelos sendo utilizados nas ciências. Portanto, muitas vezes, as categorias possuem semelhança e estão interligadas, mesmo sendo analisadas de maneira separada.

Outro ponto importante de se ressaltar é forma de analisar os níveis de complexidade nesta pesquisa. Eles, como já mencionado na seção 4.1, estão associados à visão de modelo adotada na pesquisa. Grosslight et al. (1991) apresenta uma visão sobre os níveis, de forma hierárquica, um nível maior seria considerado um "*expert"*. Já em Grünkorn et al. (2014), essa hierarquia é apresentada de maneira mais branda e, talvez, até não intencional.

No caso deste estudo, nosso pensamento sobre os níveis de complexidade pode ser considerado um pouco diferente e precisa ser previamente explicado. Apesar de se ter a clareza de que os maiores níveis de complexidade se relacionam à nossa compreensão de modelos, não há a negação de outras compreensões. Por exemplo, um fragmento que reduza modelos a cópias, pode ser considerado ingênuo em certa medida mas não será julgado, aqui, como uma compreensão errônea. Ingênua e/ou incompleta, com base em nossos referenciais, não é sinônimo de errada.

3.5.2 – Sobre a validação

As categorias, suas definições e exemplos foram enviados à uma professora e pesquisadora na área, com formação em Física, doutora em Ensino de Ciências para a fazer o estudo da validade da categorização proposta. Foram fornecidos dois materiais: um com os aspectos, seus níveis, suas categorias e exemplos e outro com outros fragmentos para serem categorizados. Os fragmentos estavam separados somente pelos aspectos e cabia à pesquisadora colocar a categoria a qual pertenciam.

Optou-se por calcular o nível de concordância utilizando o coeficiente kappa de Cohen, que é utilizado para estabelecer o nível de concordância em itens categóricos qualitativos. Jacob Cohen em 1960 criticou a utilização de porcentagem para esta análise por acreditar que ela não levava em conta o acordo que pode ocorrer ao acaso entre os envolvidos e criou o coeficiente kappa de Cohen. (MCHUGH, 2012).

Os valores mais próximos de 1 são considerados mais confiáveis enquanto os mais distantes, menos confiáveis (MCHUGH, 2012; KOCH; LANDIS, 1977). Para a interpretação do valor do coeficiente, utilizou-se como base Landis e Koch (1977) que propõem que um grau de concordância entre 0 e 0,20 seria fraco, entre 0,41 e 0,60 moderado, 0,61 e 0,80 substancial e entre 0,81 e 1 quase perfeito.

Foram categorizadas pela pesquisadora os 35 fragmentos e o índice de concordância encontrado foi de 0,73, valor significativo de acordo com o referencial e considerado satisfatório visto que as categorias são por vezes muito similares. Mesmo assim, alguns pontos foram ajustados após a validação.

No aspecto “mutabilidade dos modelos” uma categoria foi retirada do nível 1 e colocada no nível 2 com os devidos ajustes e uma categoria saiu do nível 2 para o nível 3. Em “objetivo dos modelos” um pequeno ajuste foi feito na definição da categoria “modelos para identificar e explicar relações” a fim de torna-lo mais claro. Em “natureza dos Modelos” uma categoria também foi descartada. Essas alterações feitas após a validação e as feitas antes, já foram mais bem detalhadas na subseção 3.5.1.

As categorias aqui trabalhadas, assim como as de Grünkorn et al. (2014) e também as acrescentadas por Jansen et al. (2019), são muito similares e interconectadas entre si. Portanto, a validação foi um pouco mais difícil de ser realizada. De toda forma, o valor

de concordância nos foi satisfatória.

4. Resultados

Cada entrevista teve duração média de 34 minutos, sendo a mais longa contendo 44 e a mais curta 28 minutos. Todas as entrevistas foram transcritas (totalizando 3 horas e 40 minutos de áudio) em 58 páginas. Foram feitas todas as perguntas que se encontram no protocolo das entrevistas (Apêndice A) mas, como se trata de uma entrevista semiestruturada, algumas vezes questionamentos pertinentes foram feitos em momentos necessários podendo variar de entrevistado para entrevistado. De maneira geral, os alunos se mostraram interessados e dispostos a participar da pesquisa e responder as perguntas da melhor forma possível. Em alguns casos os entrevistados aparentaram mais certeza sobre o tema, enquanto outros se mostraram mais inseguros sobre suas respostas, principalmente nas perguntas diretas, indicando, muitas vezes verbalmente, esta incerteza sobre o tema "modelos científicos".

Para a análise, foram destacados fragmentos identificados como contendo informações a respeito de cada um dos aspectos. Desta forma, foi percebido que, frequentemente, os alunos variavam de opinião ao analisar exemplos diferentes. Portanto, a quantidade de fragmentos foi superior a quantidade de entrevistados, já que cada entrevistado em suas falavas apresentavam múltiplas concepções de modelos e seu uso nas ciências. Não foi incomum perceber, inclusive, falas contraditórias sobre os mesmos conceitos. Todas essas nuances serão exploradas neste capítulo.

Segundo Rocha, Daher, Sant'anna (2004), ao realizar uma entrevista, sempre há um material "extra" resultante do encontro entrevistador-entrevistado, seja falando sobre coisas que não foram diretamente perguntadas ou retificações, entre outros. Dito isto, houve uma quantidade de fragmentos destacados que não foi classificada em alguns aspectos, mas estes serão também explicitados quando necessário por apresentarem ideias relevantes.

Neste capítulo, os resultados serão apresentados e discutidos por aspecto, incluindo as questões analisadas, as respostas e categorias. As falas feitas pela pesquisadora na entrevista estarão entre aspas e os fragmentos (respostas dos entrevistados) entre aspas e em itálico.

4.1 - Natureza dos Modelos

Para este aspecto 49 fragmentos foram selecionados ao todo. Na parte "PERGUNTAS DIRETAS" da entrevista, os sujeitos não receberam exemplos mas buscou-se compreender qual era a ideia prévia que eles haviam sobre o conceito de modelos. Para o aspecto "Natureza dos Modelos" uma pergunta foi feita nesta seção: "Para você, o que é um modelo científico?" e foram retirados para categorização 8 fragmentos de resposta.

A maioria dos fragmentos (6) foi identificada como "Modelo como método", mesmo que algumas vezes com certa incerteza, a maioria dos entrevistados fez correlações entre método científico e modelo científico: *"Ah, uma metodologia dessas hipóteses. Uma metodologia testada, criada, a partir de uma hipótese"* (César).

> *"Eu penso como uma metodologia para você... Você tem uma dúvida, quer chegar a um ponto, você não sabe que ponto é, mas você quer chegar em um ponto, você vai pegar um método, uma forma de trabalhar, técnicas, para você chegar a um resultado que você ainda não sabe. Você pode deduzir ou tentar adivinhar mas com o método você vai chegar... A uma melhor hipótese? Podemos dizer assim. Eu penso nisso. Várias formas, técnicas, para você chegar a um determinado resultado. Que a gente não sabe ainda, depende das técnicas que serão utilizadas para chegar nos resultados." (Antônio).*

Antônio faz ainda uma observação interessante de que todo modelo teria dentro de si, um método. No caso utilizando de exemplo o modelo de atômico Rutherford, indica que o método de Rutherford estaria implícito no modelo dele.

> *"Um modelo que eu estou pensando por exemplo... Pegando sobre química, a forma de localizar um elétron e os campos dos elétrons e dos prótons em um determinado elemento. Aí tem aquele método de Rutherford, modelo de Rutherford, modelo de Bohr, modelo atômico. Eu penso sobre isso, que dentro do modelo, dentro tem vários métodos."* (Antônio).

As outras duas respostas para esta pergunta associam o modelo com a função de

explicar a natureza*: "É uma análise de um determinado objeto que está presente na natureza"* (Vinícius) e *"Tá. Para mim o modelo científico é uma determinada forma que o ser humano conseguiu de entender a natureza a partir dos questionamentos que eles fazem"* (Leonardo). Mesmo assim, de maneira geral, os entrevistados sentiram dificuldade de separar o que seria método e modelo científicos.

Já nas "PERGUNTAS AMPLAS", três perguntas foram feitas para compreender elementos sobre "Natureza dos Modelos": a questão 6 ("Abaixo vemos um modelo de célula procarionte, construído por cientistas. Em que nível esse modelo de célula procarionte corresponde a estrutura real das bactérias? Por quê?"), a questão 8 ("Cientistas foram capazes de criar um modelo de um Neandertal que viveu há cerca de 130 mil anos atrás. Em que nível esse modelo se assemelha ao Neandertal que viveu 130 mil anos atrás? Por quê?") e uma questão derivada destas duas: "Qual dos modelos (se tiver algum) você considera mais próximo do original?" Neste caso, as respostas já começaram a mudar. Ao colocar exemplos, não houve nenhuma identificação de fragmento que correspondesse ao Nível Inicial (Modelo como método), as respostas eram de níveis maiores de complexidade.

Na questão 6, foram 17 fragmentos identificados e a categoria que apareceu com mais frequência foi a do nível 2 "Modelo como uma representação com foco específico" com 6 ocorrências, seguida pela do nível 1 "Modelo como cópia" com 5 ocorrências.

No exemplo abaixo, Antônio dá uma resposta mais complexa, apontando o modelo da célula procarionte como uma hipótese satisfatória sobre o original mas não necessariamente como representação fiel à ela. Entende que a representação foi feita num determinado momento (recorte espaço/tempo) e com uma finalidade didática, resposta totalmente diferente da dada por ele na questão direta.

> *"Oh, esse aqui, pelo que eu entendo, ele é uma forma didática. A célula não se divide de uma forma assim. Porque existe até mutações ou formas diferentes de se estar alocado no espaço. Isso foi cortado num espaço e num tempo e isso foi organizado de forma didática para uma pessoa entender como é dentro de tal célula. Ele não chega realmente a ser, chegar à realidade. É uma forma didática para você entender a organização que é dentro da célula, então não chega a ser real."* (Antônio).

Gisele reforça o modelo de célula procarionte como sendo algo com uma finalidade, entende que ele é próximo à realidade mas não a representa integralmente: *"(..) Eu acho que pode ser próximo mas não como realmente é. Acho que é mais ilustrativo mesmo para conseguir... Para as pessoas, pros alunos mesmo quando vão estudar conseguirem idealizar."* Como a maioria, fala do papel didático do modelo.

Modelo como cópia também foi evidenciado em fragmentos como: "*Eu não tenho um estudo muito aprofundado sobre essas coisas e tal e eu nunca vi, tipo, a célula em si, no microscópio e tal. Então acho que, para mim, representa bem... Para uma pessoa leiga, digamos assim, que não tem muito contato, acho que representa bem"* (Luana) e "*Acho que sim* [quando pergunto se esse modelo teria elementos "reais"]. *Acho que já tiveram estudos suficientes para chegarem a essas informações*" (Gisele) indicando, nos dois casos, que o modelo pode representar uma célula procarionte em aspectos fundamentais e reafirma uma confiabilidade na ciência.

Muitas vezes, houve uma percepção de que, durante a entrevista, a maioria dos sujeitos se mostrou confiante nos modelos apresentados não só por uma confiabilidade na ciência em si, mas também pela confiança na seleção de modelos feita pela pesquisadora.

Na questão 8, foram identificados 12 fragmentos. As categorias que mais apareceram foram a do nível 2 "Modelo como uma variante possível" com 4 ocorrências e do nível 1 "Modelo com grande similaridade" com 3 ocorrências. Neste caso, porém, não houve uma diferença tão grande de ocorrência entre as categorias.

Nesta questão utilizamos um exemplo não mais da microbiologia e, sim, um Neandertal para comparar as possíveis visões dos sujeitos. Na questão anterior, a maioria das ocorrências relacionaram a criação do modelo de célula procarionte ao seu objetivo ("Modelo como uma representação com foco específico"), aqui, nenhuma visão desta foi identificada. Talvez pelo modelo de célula procarionte ser já conhecido por eles, por fazer parte da matéria de ciências e biologia na escola, eles associaram mais ao objetivo (no caso, didático) dele.

Houve também aqui, confiança no modelo por ser científico: *"Eu acho que ele representa bem um Neandertal. Não que eu tenha estudado muito né..."* (Vinícius) "*(...) fizeram escavações. Acharam um osso muito parecido com o nosso, fizeram testes, não*

sei como eles fizeram, mas vamos supor que pegaram o DNA que tinha lá e fizeram comparações com o nosso e deu o mesmo, (...)aí eles foram construindo." (César).

Mas também dúvidas sobre o processo de construção do modelo, de início *"É que eu não sei, depende muito de como eles fizeram isso, entendeu!? Fica um pouco complicado de falar alguma coisa quando você não sabe como foi o desenvolvimento desse modelo e como eles chegaram nessa conclusão*" (Leonardo), mas ao ouvir exemplos de como se constroem modelos deste tipo, o entrevistado endossa o modelo "*Eu acho que pode chegar a uma representação bem aproximada do real*" (Leonardo).

> *"(...) Aqui* [Neandertal] *como já tá uma representação do que já faleceu já, está fossilizado aqui é mais difícil de ser feito porque está tentando provar de forma... Qual que se encaixa. (...) Aqui* [célula procarionte] *como tem várias possibilidades, vários estudos, vários exemplos, vários objetos, aqui* [Neandertal] *por exemplo, só temos um crânio... A gente não tem vários crânios, de forma de identificar qual seria o padrão, como seria a distribuição do rosto, como seria a cavidade, vê se não foi deterioração do tempo que fez com que ficasse desse jeito por exemplo. Pode ser que o nariz seja um pouco mais avantajado, o osso aqui* [osso nasal] *pode ser que esteja quebrado pelo crânio que está defeituoso devido ao tempo (...) A gente deveria analisar as formas que as pessoas, que fizeram essa representação aqui, fizeram para esculpir essa representação para ver se poderia sim chegar a tal representação. Fazer uma análise, aqueles scanners 3D, estudando para ver o que que é realmente crânio e os desenhos da cavidade ou se é deterioração do tempo que poderia afetar na composição física e esquelética."* (Antônio).

> "*Provavelmente em estudos e pesquisas sobre essas coisas, né!?*[como o modelo de Neandertal teria sido construído] *Sei lá, achados sobre esse aqui* [Neandertal] *mas não sei... Para mim não convence tanto esse aqui* [Neandertal] *por ser uma coisa mais... Não é tão tangível, digamos assim, que foi uma coisa antiga e eles foram assim, fazendo uma hipótese: "ah, talvez seja isso". Eles dão certeza em estudos mas é a certeza deles, de quem pesquisa."* (Luana).

Nestes fragmentos, Luana e Antônio mostram uma incerteza sobre o modelo e os cientistas que o fizeram, diferentemente do que dizem sobre o exemplo da célula procarionte. Indicam então que algo que fosse mais "visível" seria mais fiel, o Neandertal seria uma suposição maior do que a célula procarionte em suas visões.

Uma observação feita apenas por Gisele foi o alerta sobre possíveis diferenças entre os próprios Neandertais. Além disso, mostra como o modelo é uma hipótese satisfatória mesmo admitindo que não chegaríamos nunca a uma representação exata, talvez pelos Neandertais não existirem mais. Ambas visões não foram levantadas no exemplo de célula procarionte, nem por ela nem por nenhum outro entrevistado.

> *"Eu acho que ele pode ser parecido também mas não completamente igual. Mas eu acho que, assim, até com vários estudos de várias áreas da ciência, eu acho que conseguem ir se aproximando. Com novas descobertas da estrutura óssea, de como eram as feições faciais. Então eu acho que ele pode ser próximo... Cada vez mais a gente tenta chegar mais próximo possível das descobertas, mas dizer exatamente como era... Até porque fazer a imagem de um Neandertal nem sempre vai dizer como todos eram, porque nós mesmos seres humanos temos cada um uma característica então, é complicado juntar tudo e dizer "ah, é isso"(...)"* (Gisele).

Ao serem perguntados sobre qual modelo seria mais próximo ao que busca representar, entre o da célula procarionte e o do Neandertal, 8 fragmentos foram identificados e categorizados, a maioria deles no nível 1 "Modelo como cópia".

Vinícius diz que o mais próximo seria o Neandertal: "*(...) Porque eu acredito que com esse tipo de reconstrução* [Neandertal], *você só conseguiria alcançar com uma grande reunião de dados sobre determinado objeto*" indicando uma confiabilidade no processo feito pela ciência e ao dizer sobre a célula procarionte: *"(..)enquanto com esse aqui* [célula procarionte], *você não precisa de tanta eficiência na construção do modelo em si.*" Vinícius faz, então, uma associação entre a eficácia do modelo e a quantidade de informações utilizadas para sua construção.

Nestes fragmentos, Vinícius mostra como o modelo do Neandertal, em sua visão, é uma cópia do original e confia no processo científico para o ter criado. Já o modelo de célula procarionte, neste fragmento, é visto como um modelo que não precisaria de tanto esforço para ser construído, é visto como mais fácil por existir neste momento, mesmo que "*esse aqui [célula procarionte] acredito que tenha sido com lentes não tão eficientes quanto às que a gente tem hoje em dia*". Visão essa já exposta por outros entrevistados.

Dos 8 fragmentos, 6 indicaram que teria algum mais fiel, os outros dois não acham que exista: *"(...) mas eles estão mostrando coisas diferentes. Aqui* [Neandertal] *eles não*

estão mostrando os ossos, epiderme e etc e esse daqui [célula procarionte] *ela já está aberta... Depende do que você quer mostrar. Os dois estão equiparados."* (César) *"Não. Não acho que tenha algum mais fiel... Cada um tem seu método, tem seu modelo de ser aplicado para ser analisado"* (Antônio).

Dos fragmentos que consideraram algum mais fiel, 3 disseram ser o Neandertal e 3 disseram a célula procarionte. Ao colocar está questão na entrevista, havia um pensamento de que talvez os sujeitos, fossem em sua maioria, achar que o Neandertal seria mais fiel por ser algo mais "visível" mesmo que não exista mais. Este pensamento não foi corroborado, talvez pelo exemplo ser de algo que já não podemos ver hoje em dia e pelo modelo de célula já ter sido visto por eles em outros momentos da vida.

> *"(...) As pessoas pegaram, analisaram e falaram "Óh, isso bate com o que está na representação". Por exemplo, se chegasse um modelo que seria muito próximo à nossa fisionomia, talvez tenha... Pode ser que tenha chegado à dúvida de que "Po, realmente isso é um crânio, um fóssil, de um Neandertal?" (...) Uma coisa perdida no tempo. Teria que antes estudar qual é o tempo, os elementos, o tempo do objeto, o crânio que foi estudado por exemplo. Pode ter sido isso: as pessoas foram lá, analisaram, usaram vários métodos, não sei, (...). Bem, aí eu acredito que sim, a célula procarionte é um modelo mais próximo que a gente pode chegar. Comparando os dois."* (Antônio).

> *"É, a impressão que se dá é que o segundo* [Neandertal] *representa melhor o que se busca representar, né!? Porque aqui* [célula procarionte] *você está representando alguma coisa em escala muito menor do que esse aqui* [Neandertal] *então você possivelmente tem uma proximidade maior. Aqui* [célula procarionte] *devem estar sendo abstraídas muitas coisas dentro da célula procarionte."* (Leonardo).

Já César levanta a questão da forma de representação. Primeiramente ele pergunta se o modelo da foto é uma estátua, após uma resposta positiva, ele completa:

> *"Mas tipo assim, eu estou pensando que se eu pegasse uma bactéria aqui e fizesse uma estátua, tipo isso daqui... Só que uma bactéria eu acho que, por eu poder visualizar, tocar e tal e ela não estar só impressa em papel... Mas se tiver cápsula e tal, mostrando isso, acho que seria algo melhor. Os dois estão próximos, mas eu acho que serviria algo onde eu pudesse tocar e ver."* (César).

O entrevistado não indica, de início que há algum mais acurado, mas associa um modelo ser bom ou não à sua forma de apresentação. Em sua opinião, um modelo mais tridimensional acaba sendo mais fácil de interpretar. Aqui não é mais sobre o que o modelo representa e, sim, como ele se apresenta.

Outros fragmentos foram identificados em respostas variadas como sendo pertencentes a este aspecto. Uma observação de Leonardo quando, após dizer que um modelo é construído dependendo dos parâmetros utilizados, é feita a pergunta "quais parâmetros seriam esses?", foi destacada:

> *"Por exemplo, tem modelos de alinhamento de sequência, bioinformática, que eles não consideram elementos de sequência de aminoácidos. Tem modelos que não consideram a ligação diferente entre as proteínas e tem modelos que consideram essa ligação diferente entre as proteínas. Então são esses diferentes parâmetros, por exemplo, com informações."* (Leonardo).

O presente sujeito pertencia ao curso técnico em informática e possuía certo conhecimento a respeito do software utilizado em bioinformática, na atividade. Portanto, utiliza um exemplo da informática para mostrar como um modelo pode ser construído de maneiras distintas dependendo do que se quer extrair dele e como vai utilizá-lo.

> "*Porque a proposta, por exemplo, do gráfico que a gente tinha falado, né!? Da comparação entre a diversidade de bactérias, é de você conseguir comparar as amostras e a taxonomia de diferentes bactérias que estão ali dentro e isso que ele se propõe e é isso que ele consegue concluir. Acho que é isso que eu considero para pensar num modelo... Num bom modelo ou não, se ele está conseguindo concluir o que ele se propõe a concluir."* (Leonardo).

Mais uma vez, ao falar de modelos de bioinformática, neste caso específico os construídos na atividade, Leonardo frisa a importância de atribuir um suposto "sucesso" de um modelo ao que ele se propõe, ao seu objetivo. Ele várias vezes se remete a este ponto, mas em relação aos exemplos, só associou diretamente o objetivo a sua satisfação com o modelo na célula procarionte e ao falar dos modelos construídos na atividade de bioinformática.

No presente aspecto, as categorias mais identificadas, analisando o total, foram

"Modelo como cópia" e "Modelo como uma representação com foco específico", porém, como visto anteriormente, a última só apareceu no exemplo da célula procarionte. A categoria "Modelo como método" só apareceu na primeira pergunta direta, sem exemplos. As categorias e as frequências com que apareceram podem ser vistas na tabela 1.

NÍVEL E CATEGORIA	OCORRÊNCIAS
Nível Inicial **Modelo como método**	6
Nível 1 **Modelo como cópia**	10
Nível 1 **Modelo com grande similaridade**	7
Nível 1 **Modelos representam uma concepção não-subjetiva do original**	5
Nível 2 **Modelo como uma variante possível**	7
Nível 2 **Modelo como uma representação com foco específico**	11
Nível 3 **Modelos como representações hipotéticas**	3

Tabela 1. Quantidade de fragmentos encontrados por categoria em "Natureza dos Modelos".

De maneira geral, pode-se dizer que as categorias apareceram de maneira relativamente equilibrada exceto a de maior nível de complexidade "Modelos como representações hipotéticas". Neste aspecto, o entrevistado além de aceitar o modelo como uma hipótese satisfatória, expressa a não necessidade de o modelo ser uma representação fiel ao original como expresso por Antônio ao se referir ao modelo de célula procarionte no trecho: *"(...) Eu acredito que seja diferente [do "real"] porque é a forma estática (...) Está só identificando, isso é só realmente para ensinar por exemplo e ilustrar, não de forma real"*. Essa reflexão não foi comum entre os sujeitos.

Modelo como método só apareceu na pergunta direta e a associação de modelo com o seu objetivo só ocorreu no exemplo de microbiologia e na questão que comparava os dois modelos. No caso da segunda, 2 fragmentos indicaram que cada modelo teria seu objetivo.

4.2 - Objetivo dos Modelos

Quatro perguntas foram feitas aos entrevistados a fim de compreender suas concepções do objetivo dos modelos, foram elas a 2 das "PERGUNTAS DIRETAS" e as 14, 13 e 12 das "PERGUNTAS AMPLAS". Aqui, 39 fragmentos foram identificados e categorizados.

A pergunta 2, sem exemplo, dizia diretamente "Qual seria o objetivo de um modelo científico?". Dos 7 fragmentos identificados, 3 falavam que seria para obter um padrão e 2 atribuíram o objetivo do modelo ao do método científico.

> *"Ah, o objetivo seria... Por exemplo, chegar ao máximo de neutralidade possível. Chegar a resultados que você ainda não... Você sabe que pode chegar ou não esse resultado dependendo do método que você usa e chegar a resultado para ser aplicado em futuras teses."* (Antônio).

Como já era de se esperar, visto que em "Natureza dos Modelos", alguns sujeitos haviam correlacionado modelo e método científico, essa relação também foi vista neste aspecto. "*Assim, eu estou pensando como se fosse um sinônimo de método científico. Sendo assim, acho que o objetivo seria gerar uma hipótese e tentar comprovar ela, talvez"* (Luana). E, novamente, esta visão só ocorreu na pergunta onde não havia exemplos.

Outra compreensão que só apareceu nesta pergunta foi a de que um modelo existiria para se obter um padrão: *"Seria um modelo, imagino que as pessoas usem ele para fazer outras coisas, para se basear nisso"* (Gisele) "Como assim se basear?" *"Dar um caminho (...) Acho que o objetivo ou é usar ele como exemplo para alguma coisa, que possa se basear, não necessariamente fazer igual, mas para que você possa se guiar na sua pesquisa"* (Gisele).

Na questão 14: "A figura abaixo representa o modelo do crescimento de uma bactéria em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Qual seria o objetivo da criação desse modelo? Para que ele poderia ser utilizado?", um exemplo de modelo microbiológico foi apresentado numa forma gráfica. Aqui, dos 8 fragmentos

selecionados, 4 foram identificados como sendo pertencentes à categoria “Modelos para examinar ideias concretas” (nível 3).

> *“(...) Vou criar um exemplo aqui. Você talvez tenha que beber um remédio que contém um bactéria lá que precisa ser aquecida a 20 graus Celsius para que ela cresça da forma que ela vai controlar algum tipo de sintoma no seu corpo, isso daqui é importante porque talvez ela não cresça bastante se a água tiver a 16 graus Celsius e ela pode prejudicar de alguma forma (...)”* (César).

> *“(...) Tem um jardim e quero de alguma forma fazer com que as plantas cresçam mais rapidamente, aí eu posso ver qual é a melhor bactéria ou fungo, sei lá, para ajudar o meu solo a ficar mais fértil de acordo com as temperaturas e o local, ambiente Às vezes é um local mais frio, às vezes é um local mais quente e como eu posso deixar aquilo melhor possível paras as plantas crescerem”* (Gisele).

Nos dois casos, os entrevistados conseguem extrapolar as informações do gráfico para utilizações mais específicas. Aqui, não mostram uma visão mais descritiva e sim, como aplicar a informação obtida no modelo gráfico. Diferentemente do que Antônio diz neste trecho: *“Acredito que no estudo de como a bactéria funciona, qual seria a funcionalidade da bactéria (...)”*. Nesta questão, somente uma resposta relacionando o modelo à exibição de fatos foi identificada.

A questão 13, “Na atividade de Bioinformática, vocês criaram modelos de diversidade de micro-organismos. Qual o objetivo desses modelos? Para que eles poderiam ser utilizados?”, faz referência aos modelos que eles produziram na atividade, onde classificaram as bactérias presentes no lago que analisaram. Cinco fragmentos foram identificados e a maioria deles foi categorizada como “Modelos para identificar e explicar relações”. De maneira geral, eles conseguiram ver uma aplicabilidade paras as informações que tinham ou, ao menos, fazer correlações entre aspectos do lago e o que era visto no gráfico.

> *“Aquele ali a gente estava tratando de bactérias na Finlândia, então ali eu acho que quando a gente faz um daqueles gráficos, apresentando a diversidade que existe nesse lago, o número de bactérias existente e quais bactérias existem mais e menos, eu acho que isso é importante para justamente a gente entender “ah, essa bactéria tem 90% no lago mas tem uma outra que é 5%. Por que tem essa diferença? Quais são as condições existentes ali*

> *para que uma bactéria prevaleça mais do que a outra? E quais são as características de cada uma dessas bactérias, biológicas mesmo, que permitem que elas sobrevivam ou não sobrevivam ali nas circunstâncias do ambiente" sabe!? Eu acho que são modelo assim para tentar chegar em respostas mais próximas"* (Gisele)

Mesmo que os gráficos vistos na atividade de bioinformática e na entrevista sejam de formatos diferentes, os entrevistados conseguiram em ambos os casos atribuir um certo objetivo prático ao que estava sendo mostrado e deram exemplos de hipóteses, ora mais concretas e ora mais abstratas, mas mostraram entender como usá-los para além as informações expostas.

A questão 12: "O modelo abaixo foi criado em computador por cientistas e representa partes da atmosfera e do oceano. Qual seria o objetivo da criação desse modelo?", teve um objetivo semelhante ao do Neandertal. Aqui, buscou-se fazer uma comparação entre as respostas obtidas nas duas questões que abordavam microbiologia com as obtidas nesta questão na qual um modelo de processos da interação atmosfera-oceano foi mostrado.

Dos 15 fragmentos que foram selecionados aqui, 6 foram atribuídos à categoria do nível 3 "Modelos para examinar ideias abstratas", sendo nesta questão, a maior aparição desta categoria. Outro fato a ser destacado é que somente nesta questão a categoria "Modelo para fazer predições" foi identificada: *"Eu acredito que não seriam tão boas as predições porque você não depende só de dados visuais para lidar com um determinado evento(...)"* (Vinícius).

Sobre a categoria do nível 3, aqui os entrevistados mostram a utilização destes modelos de maneira ainda geral mas com uma confiabilidade maior nos possíveis resultados. Ao perguntar se daria para fazer predições e o quão acuradas elas seriam, César responde:

> *"Eu acho que sim, provavelmente. Considerando todas as leis de física e etc. É uma forma de representação, daria para fazer no computador mas sempre fazendo o teste para ver se está correto. E tem que fazer várias vezes, não só uma para ver se acontece aquilo repetidas vezes."* (César)

De modo geral, nesta questão os sujeitos só falaram sobre as predições quando estimulados pela pesquisadora. As respostas falando que indicavam o modelo como algo

para mostrar informações e/ou o apontamento de interações apresentadas no modelo apareceram de forma mais espontânea.

> *"Mostrar o funcionamento do ecossistema em uma determinada área. Uma descrição"* (Vinícius). *"Pode servir para fazer com que a pessoa entenda melhor as várias seções, os vários ciclos se complementam e que é tipo um... Infinito"* (César). *"Para poder explicar, né!? O que está acontecendo, como funciona todo o mecanismo, o sistema, para ficar mais claro para as pessoas saberem como é."* (Luana).

Outras respostas também foram identificadas como sendo pertencentes a esse aspecto ao longo das entrevistas. Algumas vezes, a visão de modelo como algo para divulgação científica e/ou objetivo didático apareceu de forma explícita ou implícita: *"(...) ou como objetivo de divulgação não científica para pessoas com menos acesso* [sobre o modelo de célula procarionte]*"* (Vinícius) "*Ah, talvez. Esse aqui [D] por exemplo para sala de aula, porque eu acho que fica mais claro [sobre o modelo de DNA]."* (Luana). Talvez por eles estarem mais acostumados em ver e usar modelos neste contexto como corrobora esta fala de Luana: *"Só consigo pensar na sala de aula, que é o lugar que eu estou mais"*.

Neste aspecto, 3 categorias se destacaram, como pode ser visto na tabela 2. As duas primeiras, dos níveis 1 e 2, representam, respeitando as devidas proporções, uma visão de modelos mais descritiva e tiveram a maioria das ocorrências. Contudo, as questões do nível 3 também sobressaíram e, como já visto anteriormente, principalmente nas questões 12 e 14, sendo o primeiro um modelo de processos e o segundo de microbiologia.

NÍVEL E CATEGORIA	OCORRÊNCIAS
Nível Inicial **Objetivo de método científico**	2
Nível 1 **Modelo para exibição de fatos**	9
Nível 1 **Modelo para se obter um padrão**	3
Nível 2 **Modelos para identificar e explicar relações**	9
Nível 2 **Modelos para fazer predições**	1
Nível 3 **Modelos para examinar ideias abstratas**	8
Nível 3 **Modelos para examinar ideias concretas**	7

Tabela 2. Quantidade de fragmentos encontrados por categoria em “Objetivo dos Modelos.

4.3 - Mutabilidade dos Modelos

Este aspecto foi o que mais sofreu alterações em relação à categorização proposta por Grünkorn et al. (2014) e também foi o que teve a menor quantidade total de fragmentos categorizados, 19.

Aqui, apesar das adaptações feitas, muitas vezes os entrevistados davam respostas que não pareciam ser pertencentes a nenhuma das categorias mas eram relevantes, sendo assim, ao final eles serão aqui explicados apesar de não terem sido contados na categorização.

Outra coisa que chamou a atenção, foi o fato de algumas vezes os sujeitos responderem às perguntas sobre a mudança dos modelos justificando a multiplicidade dos modelos e/ou testagem dos modelos. Relacionando que um modelo poderia mudar porque cada modelo diferente consideraria um parâmetro e isso justificaria a existência de múltiplos modelos, então, estas respostas foram classificadas em “Multiplicidade dos Modelos”. Em alguns momentos, os entrevistados atrelam as mudanças no modelo ao fato de serem testados e comprovados como insuficientes, dependendo do contexto, alguns destes fragmentos foram categorizadas como “testagem dos modelos”.

As questões que abordaram o presente aspecto foram: a questão direta 3 e as amplas 9 e 16. Nenhum fragmento foi encontrado como sendo pertencente a esse aspecto fora do âmbito destas três perguntas. Os entrevistados só falaram sobre mutabilidade dos modelos quando feitas perguntas diretamente sobre isso a eles. Isso e o fato de este ter sido o aspecto com menor quantidade de perguntas, podem ter contribuído para uma menor quantidade de ocorrência de fragmentos pertencentes a ele.

Na questão 3: “Um modelo poderia ser mudado? Se sim, por quê? Se não, por quê?”, a maioria dos fragmentos foram categorizados em “Alterações do modelo para adaptação ao objetivo” indicando que os modelos mudariam para se adaptarem aos seus objetivos de utilização.

> *"Então, vai depender também de como o modelo vai se encaixar no experimento que quer utilizá-lo, em qual objetivo de estudo que você vai aplicar o modelo. Então isso para mim poderia ser adaptado"* (Antônio)

Antônio, mais uma vez relaciona modelo e método científico em sua resposta quando é perguntado, logo após a resposta acima, "Mas aí ele mudaria como? Como assim?". Fala sobre utilizar diversos modelos para analisar uma coisa só, mas utiliza modelo e método como sinônimos. Esta resposta foi destacada mas não houve criação de uma nova categoria para ela.

> *"Depende. Por exemplo, você não pode usar... Você até pode usar, mas pode chegar num resultado que talvez não seja o "correto". Por exemplo, eu não pegaria um método biológico para estudar um objeto que é cinemático, inanimado... Que não tenha realmente vida, entre aspas. Eu não pegaria um método biológico para estudar o vento. Talvez só pegasse para analisar as bactérias que tem no ar por exemplo, isso é uma coisa. Mas acredito que dependendo do método você não vai chegar ao resultado que você talvez chegaria se usasse o método correto. Então teria que utilizar vários métodos para chegar a um resultado mais aceitável entre aspas"* (Antônio).

Ainda nesta questão, Gisele faz uma observação sobre a mudança dos modelos relacionando o modelo científico com o processo de construção da própria ciência. Este fragmento foi destacado mas não categorizado.

> *"(...) Partindo da concepção do que eu acho que seja modelo, eu acho que sim* [pode ser mudado] *porque eu acho que até mesmo a ciência pode mudar com o tempo, com novas descobertas então acho que sim, consequentemente, se o modelo é para dar um caminho, uma base... Se a ciência muda, consequentemente, ele também se altera."* (Gisele)

A questão 9: "Considerando os modelos anteriores, descreva razões pelas quais esse modelo de um Neandertal e o de célula procarionte poderiam ser alterados" trata dos modelos de célula procarionte e Neandertal. Aqui, coloca-se o exemplo microbiológico em contraste com o Neandertal, como feito no aspecto da natureza dos modelos.

A maioria das respostas relacionou a mudança destes modelos com novas descobertas tecnológicas, julgando os dois modelos da mesma forma: *"Novos estudos, né!? No caso do Neandertal, talvez novos achados que eles fizessem e da célula também. Tipo, pesquisando a gente viu aqui que não é exatamente assim, falta uma coisa (...)"* (Luana).

> *"O Neandertal, por exemplo, eu acho que se achassem outro tipo de crânio e aí fizessem um estudo e o crânio fosse datado assim mais ou menos da mesma época, eu acho que isso faria os pesquisadores no mínimo se perguntarem se é essa mesmo a estrutura ou se pode ter outros tipos.. Que pode ser diferente do modelo que eles têm já e da ideia que foi concreta. Eu acho que mais fácil de pensar do que a célula, porque, não sei... A célula, talvez se achassem alguma outra estrutura mesmo, celular, dentro dela (...)"* (Gisele).

Com exceção da resposta de Vinícius, que analisou de maneira um pouco diferente o modelo microbiológico (célula procarionte) e o do Neandertal. Para ele, os avanços tecnológicos poderiam ajudar a descobri coisas novas sobre a célula e, novas formas de se fazer pesquisas sobre Neandertais poderia acarretar numa mudança do modelo.

> *"Esse aqui [célula procarionte] seria mais o avanço da tecnologia, outras descobertas que fariam com que a gente conseguisse enxergar coisas que a gente não consegue, tanto hoje em dia quanto na época em que esse modelo foi feito. E esse aqui seria com, não digo descobertas tecnológicas, mas dados novos relacionados à pesquisa sobre Neandertais*" (Vinícius).

Na questão 16: "Ainda considerando o modelo anterior, descrevas razões pelas quais esse modelo da regulação hormonal da digestão humana poderia ser alterado" o modelo observado é de um processo. Também foi colocado a título de comparação, para ver se haveria alguma mudança na forma em que os sujeitos viam este modelo em relação aos outros. Aqui, as categorias dos níveis 1 e 2 apareceram de forma equilibrada.

A primeira categoria, que já foi apontada anteriormente, atribui a mudança do modelo à novas descobertas feitas sobre o original: *"[avanços tecnológicos] para poder detectar outros elementos químicos que não eram visíveis ou órgãos ou tecidos e partes que em outros modelos não eram vistas ou abordadas"* (Vinícius); *"A descoberta de novos fatores que influenciam na digestão"* (Leonardo).

Já a segunda, só aparece nesta questão e refere-se a utilizar o modelo para fazer

experimentações e, a partir delas, ajustar o modelo ou negar a hipótese por trás do modelo.

> *"(...) Como eu tivesse pegado alguém e falasse "Po, mas isso aí estava de um cara morto, não dá para... Não é uma coisa real, não está funcionando dentro do organismo de uma pessoa". Aí eu poderia falar "Po, boa ideia! Agora eu vou colocar uma câmera ou algo do tipo e vê a digestão funcionando dentro da barriga da pessoa".* (César) "E isso faria mudar o modelo?" *"Sim. Eu iria testar primeiro, eu não iria descartar a ideia da outra pessoa logo de cara, eu iria testar para ter diferentes comparações"* (César).

Neste trecho, César diz que é possível negar a hipótese por trás do modelo e mostra que faria outros testes para ajustar o modelo. As diferentes comparações que ele apresenta, seriam entre outros modelos já existentes. Já Gisele, sugere diversos testes em indivíduos comparando o que obteria de resultados com o que o modelo propõe.

> *"Se algo não estivesse de acordo. (...) Porque tem algumas questões que as pessoas não liberam* [certos hormônios]. *As pessoas têm problema em determinadas partes (...) Mas isso seriam testes em várias pessoas, não poderia ser em uma só por exemplo. Se algumas das fases não ocorresse. Ah, isso aí é uma hipótese e vamos testar e alguma das fases não ocorre em nada do que eu imaginava e testei em várias pessoas diferentes então."* (Gisele).

De modo geral, especificamente neste aspecto, as categorias propostas pelo referencial teórico não foram muito satisfatórias. Talvez pelos modelos utilizados, a exceção do Neandertal, serem diferentes dos utilizados por eles e alguns, de origem diferente (como os modelos de processos) e pelos entrevistados já terem tido um certo contato com o conceito de modelos.

Na tabela 3, os níveis e categorias deste aspecto são expostos com suas devidas ocorrências. Pode-se dizer que, apesar de algumas ideias mais complexas, a maioria dos fragmentos indicou uma visão dos sujeitos de que a mudança de um modelo ocorre devido a novas descobertas que são feitas sobre o original, principalmente pelos avanços tecnológicos.

NÍVEL E CATEGORIA	**OCORRÊNCIAS**
Nível 1 **Alterações devido a novas descobertas sobre o original**	12

Nível 2 **Alterações devido a descobertas a partir de experimentações no modelo**	4
Nível 3 **Alterações do modelo para adaptação ao objetivo**	3

Tabela 3. Quantidade de fragmentos encontrados por categoria em "Mutabilidade dos Modelos".

4.4 - Multiplicidade dos Modelos

Ao contrário do anterior, este aspecto foi o que teve maior quantidade de fragmentos associados, 52. Como já falado anteriormente, alguns fragmentos referentes a outras perguntas foram colocados aqui, mas a grande maioria foi obtida com as perguntas direcionadas para avaliar estes aspectos.

Quatro perguntas foram feitas para avaliar este aspecto, uma mais geral (direta), uma sobre microbiologia (vírus, questão 10), outra sobre genética para comparação (DNA, questão 11) e uma sobre a atividade de bioinformática (questão 18).

As questões 10 e 11, apresentam mais de um modelo, sendo assim, os modelos foram identificados da esquerda para direita como A, B, C e D para facilitar a compreensão. Os dois de cima sendo A e B e os dois de baixo C e D.

A questão 4 "Pode haver mais de um modelo para a mesma coisa? Se sim, por quê? Se não, por quê? Depende do quê? Esses diferentes podem coexistir?" gerou 12 fragmentos, dos quais, a maioria foi categorizada como "Diferentes suposições" (nível 3). Ou seja, compreendem que pode haver mais de um modelo para o mesmo original e eles considerariam suposições diferentes sobre o original: *"Pode haver mais de um modelo para explicar a mesma coisa porque modelos diferentes consideram parâmetros diferentes de explicação para análise dessa mesma coisa"* (Leonardo).

> *"Se algum cientista chegar em outro modelo, por métodos diferentes, acredito que sim. Eu não acredito que seja impossível, chegar em outro modelo. Se a pessoa chegar lá e comprovar que pode ser outro modelo com outros métodos eu acredito que sim, não tem muito nada que impeça [de haver mais de um modelo para mesma coisa]"* (Antônio) "Eles podem coexistir?

> Harmonicamente?" *"Harmonicamente! Pode-se chegar a outro resultado de uma outra perspectiva do mesmo objeto de estudo. Eu penso sobre isso"* (Antônio).

Vinícius também diz que pode haver mais de um modelo para a mesma coisa. Mas ao ser perguntado sobre se eles poderiam coexistir, ele afirma: *"(...) no caso da física você tem um modelo da relatividade geral que é para grandes coisas e eles não se aplicam à pequenas coisas que é o caso do modelo quântico. E os dois, entre aspas, coexistem"*. Para ele, os modelos poderiam ter a mesma finalidade mas observando coisas diferentes, ao ser perguntado sobre modelos representado exatamente a mesma coisa, ele diz que deve haver um mais correto, assim como Gisele.

> *"Ah, eu acho que podem existir [ao mesmo tempo] até o momento que eles sejam de alguma forma provados e testados. Podem existir vários modelos e aí... Eu acho que isso é até bom em partes, existir coisas diferentes para você analisar e ver qual é a mais certa para você chegar mais próximo de uma realidade que está se pesquisando e etc"* (Gisele).

Já na questão 10, do modelo microbiológico, foi perguntado: "Com análises de laboratório e informações teóricas, modelos de vírus foram criados. Explique por que existem múltiplos modelos de vírus" e foram identificados 22 fragmentos. As duas categorias mais encontradas foram contrastantes: "vários modelos para originais diferentes" (nível inicial) com 9 ocorrências e "Diferentes suposições com perspectivas de aplicação diferentes" (nível 3) com 5 ocorrências.

A maioria dos sujeitos, num primeiro momento, identificou os vírus como sendo diferentes e atribuiu a isso, o fato de existirem múltiplos modelos: *"Nesse caso aqui porque existem vírus diferentes, né!?"* (Leonardo) *"Talvez porque existem vários tipos de vírus, né!?"* (Luana), mesmo que tenham sido colocados, intencionalmente, duas representações do vírus da hepatite B.

Ao colocar esta questão, a ideia de que os entrevistados pudessem pensar desta forma foi levantada. Por isso, optou-se por colocar as representações de vírus da hepatite B, devidamente identificados, e o exemplo do DNA na questão seguinte, pois, os alunos tendem a pensar o DNA como algo único. Em relação ao vírus da hepatite B, muitos não viram até serem comunicados.

> *"(...) Porque sei lá, cada vírus de alguma forma ele tem uma especificidade? Assim, o vírus ele precisa necessariamente de um hospedeiro, cada um ataca de uma forma. Porque talvez um vírus que atinja a gente não atinja, sei lá, um leão ou uma cobra (...) eu acho que a estrutura expressa uma diferença entre cada um deles senão não seriam diferentes visualmente, então se todos eles têm uma forma de ser representado e até mesmo composições diferentes, né!? É que talvez eles tenham uma funcionalidade, uma maneira de agir diferente"* (Gisele).

Mesmo ao apontar o caso da hepatite B, Gisele não acha que seria uma diferença significativa: "*É, eu não acho que eles sejam absurdamente diferentes (...) eles não são muito diferentes (...)"*. E Luana, aponta que deve haver um mais correto: *"Os dois existiriam mas ficaria a questão, não saberia dizer qual é o mais certo ou não"*.

Já Antônio, aponta que a vantagem de usar um modelo em detrimento de outro ou considerar um modelo correto ou não, vai depender de quem vai utilizá-lo e em qual contexto. Leonardo também ressalta apesar de algum modelo poder ser considerado mais completo para determinada aplicação, os outros não seriam descartados.

> *"Eles podem coexistir e um pode ser mais vantajoso em ser usado dependendo da aplicabilidade dele. Por exemplo, se quer estudar... Aqui nesse [C], tem uma coisa mais detalhada do que seria tal coisa, tem mais informações do que nos outros modelos, os modelos podem existir, dependendo de como ele vai ser aplicado. (...) Pode ser que tenha [uma forma mais correta], depende do cientista e do objetivo"* (Antônio).

> *"Eu acredito que existam modelos que expliquem melhor, que eles consideram ter mais informações, por exemplo que em um modelo anterior eles não consideravam. Mas o que não significa que os modelos anteriores não sirvam para algum propósito"* (Leonardo).

César corrobora as visões de Leonardo e Antônio mas também traz uma observação que não foi feita por nenhum dos outros sujeitos, sobre como, dependendo do objetivo, não faz muita diferença qual modelo de vírus será utilizado.

> *"Eles podem coexistir (...) Vamos dizer que em uma aula eu preciso mostrar um vírus infectando uma bactéria...Um vírus infectando uma célula, independe e eu mostrar ele de qualquer tipo. Eu já vi várias formas nas minhas aulas"* (César)

Portanto, apesar do contraste, algumas análises mais complexas sobre modelos foram feitas nesta questão. Porém, na questão 11 ("Com avanços de estudos bioquímicos, experimentos em laboratório e análise de dados já existentes sobre o DNA, cientistas conseguiram descobrir os elementos que o compõe e assim, formar um modelo de representação para essa molécula. Explique por que, então, existem múltiplos modelos de DNA.") observou-se maior número de ocorrência do nível 3 e somente 2 ocorrências do nível 1.

Como já era esperado, os sujeitos tiveram maior tendência, ao analisar o modelo do DNA, a atribuir sua multiplicidade aos objetivos que se pretendia atingir. Talvez pela familiaridade com o tema, por já terem explorado o DNA com diferentes objetivos e por compreenderem, em certa medida, o DNA como sendo algo de aspecto único. Não veem a existência de DNAs diferentes como veem de vírus.

> *"Nesses aqui [A e D], você tem uma representação química maior dos elementos. E eu acho que seria mais um estudo bioquímico, uma pesquisa relacionada à essa área. Esses dois aqui [B e C], acredito que seria mais como divulgação científica ou aprendizado para uma pessoa que talvez não tivesse tanta informação. Mas nesse aqui [B] por exemplo teria mais dados, que seria representando a adenina, timina essas coisas do que nesse daqui onde você só tem a hélice do DNA [C]"* (Vinícius).

> *"É a forma de analisar cada objeto. Por exemplo, aqui [A] seria uma forma química, aqui [D] aqui mais didática, porque o "c" se conecta com o "g" e tal essas coisas. Essa imagem aqui de cima [B], seria a forma da exposição mas ainda seria meio plana, uma forma geográfica meio plana. Aqui seria mais volumétrico [C], uma coisa mais de volume. (...) Eu não concordaria de aplicar um estudo, sei lá, por exemplo de uma forma química para alunos de oitavo ano do ensino fundamental por exemplo. Eu aplicaria mais dessa forma aqui [D], do a t c g e qual se conecta um com o outro. Depende de qual objetivo você quer chegar. (...) Como ele vai ser utilizado"* (Antônio).

> *"Eles representam a realidade e cada um deles tem diferentes, aparentemente, diferentes objetivos. Por exemplo, aqui ele está mais focando nas bases nitrogenadas de forma geral, aqui já está mais aprofundadamente sobre as ligações químicas que são feitas dentro do material genético, né!? Aqui já está uma coisa mais explicativa. Eu acho que é isso."* (Leonardo).

Neste exemplo, alguns sujeitos que não haviam feito a análise de objetivos diferentes na questão anterior, fizeram nessa. *"Eu acho... Não sei. No caso do DNA acho que vai mais da leitura da pessoa, do DNA. Só que todos dizem a mesma coisa só que estão diferentes, como se fosse um desenho: todo mundo desenhou o sol só que com os seus traços, digamos assim"* (Luana).

Na questão 18 "Vocês utilizaram, na atividade, os mesmos modelos, pois os grupos produziram modelos iguais, correto? Seria possível produzir modelos diferentes?" foram identificados 5 fragmentos correspondentes a esse aspecto mas somente 2 foram categorizados. Houve uma dificuldade em analisar as respostas encontradas, que avaliam um exemplo de bioinformática, e correlaciona-las com o referencial teórico. De qualquer modo, fragmentos interessantes foram destacados e serão expostos.

Leonardo e Vinícius são alunos do curso técnico em informática e deram respostas parecidas. Como os dados eram colocados num programa, com os mesmos dados e mesmos objetivos, modelos iguais seriam construídos.

> *"Sim [poderia gerar modelos diferentes], mas com outros objetivos, não com os objetivos que a gente utilizou. Por exemplo, os dados que foram gerados para trabalhar com essa questão de diversidade e tudo mais, eles vão ser a mesma coisa se a gente for dar ele em diferentes processos"* (Leonardo).

> *"(...)eu acho que não. Porque o algoritmo ele fazia, ele tinha passos a seguir. Então você pegaria uma quantidade enorme de dados e botaria dentro desses passos e você sairia com o resultado, então acho que eles seriam iguais mesmo se os dados fossem diferentes. Se os dados pudessem ser lidos pelo mesmo algoritmo, o resultado seria igual"* (Vinícius).

Já Antônio e Gisele, têm pensamentos parecidos nos quais os modelos gráficos iriam variar dependendo dos dados da amostra coletada. Se houvesse variação da amostra, haveria variação dos resultados e, consequentemente, modelos diferentes.

> *"(...) tudo depende também da amostra, a amostra também não será a mesma. Pode ser que seja no mesmo lugar mas se não for no mesmo local no período de tempo digamos assim. (...) Acredito que não chegaria, por exemplo, a gente pegou os dados que foram analisados faz um tempo já, não foi naquele exato momento. Agora, a gente pode pegar no mesmo lago que o resultado seria diferente. Ou até o local que foi pega a amostra e*

> *pode ter sido diferente, pode alterar o resultado, eu acredito nisso aí, mas se pegar o mesmo dado mesmo deveria também analisar a forma de processamento desses dados"* (Antônio).

> *"Acho que depende do período que foi pego essa amostra, né!? Porque a gente também tem a impressão de que está em constante mudança pela natureza e pelos fatores climáticos e que têm ali, então eu acho que depende do período em que foi pega a amostra mas considerando isso para analisar, as nossas análises eu não sei se elas foram muito fies, mas a proposta era de tentar chegar ao mais fiel possível, ao maior quantitativo de uma diversidade ou outra e tentar entender como funciona o sistema dali"*(Gisele).

Este aspecto, apesar das 16 ocorrências no nível inicial, teve uma grande identificação de fragmentos em níveis mais complexos. Na tabela 4, este fato fica bem visível ao observar as 10 ocorrências no nível 2 e as 14, maior número de ocorrências, na categoria "Diferentes suposições com perspectivas de aplicação diferentes" do nível 3.

O Nível Inicial ocorreu mais na questão sobre o vírus, microbiológica, enquanto o nível 3 foi mais identificado no exemplo de DNA pois, como já visto anteriormente, ele é compreendido como algo único. Não houve nesta pesquisa, nenhuma negação à existência de múltiplos modelos. Mesmo quando alguma concepção de um modelo sendo mais correto que outro foi apresentada, os outros modelos não foram completamente negados ou invalidados.

NÍVEL E CATEGORIA	OCORRÊNCIAS
Nível Inicial **Vários modelos de originais diferentes**	10
Nível Inicial **Um modelo final e mais correto**	6
Nível 1 **Modelos diferentes para diferentes representações do objeto**	4
Nível 2 **Foco em diferentes aspectos**	10
Nível 3 **Diferentes suposições**	8
Nível 3 **Diferentes suposições com perspectivas de aplicação diferentes**	14

Tabela 4. Quantidade de fragmentos encontrados por categoria em "Multiplicidade dos Modelos".

4.5 - Testagem dos Modelos

No total, 26 fragmentos foram identificados como pertencentes a este aspecto mas 24 foram categorizados. Apenas um dos fragmentos foi identificado em outro contexto, fora das questões feitas diretamente sobre testagem de modelos. Aqui foram avaliadas, principalmente, as respostas de 4 perguntas.

Questão 5 (direta) que dizia "Como é possível testar se um modelo é válido?" e as questões amplas, com exemplos: a 7 "Ainda considerando o modelo acima: explique, o mais detalhadamente possível, como é possível testar se este modelo representa bem as células procariontes" que considerava o modelo de célula procarionte (microbiológico). A questão 17 "Agora, considerando os modelos que vocês produziram na atividade, como seria possível testar se aqueles modelos representam bem a diversidade de bactérias presente no lago?" que considerava os modelos produzidos na atividade e a 15 "A imagem abaixo representa parte da regulação hormonal que ocorre na digestão humana. Explique, como é possível testar se este modelo representa bem a regulação hormonal que acontece na digestão humana" que considerava um modelo de processo.

Nas questões amplas, todas as respostas se enquadraram na categoria "Comparação entre o modelo e o original" do nível 2. Esta predominância já era esperada de acordo com o referencial teórico, porém, havia uma dúvida se haveria alguma resposta distinta dependendo do tipo de modelo apresentado. Contudo, tanto no modelo microbiológico, como no microbiológico da atividade (gerado por computador), quanto no de processos (ações hormonais), a visão de testar um modelo comparando sua efetividade com o que acontece no original foi destacada.

> *"Tem que identificar... Como é uma forma ilustrada, tem que identificar se tem realmente tais elementos que tão listados ali. Por exemplo, se tem essa cápsula, se tem essa parede celular, num chega a ser realmente muito fácil de se encontrar porque antes não é, como eu disse antes, num está dividido* [no original], *por exemplo, não está de cores diferentes, separado por uma linha, é como se fosse uma membrana... Coisa tão fina e quase que imperceptível se você não tivesse prestando atenção. Teria que dividir de formas... Não sei, com instrumentos para poder olhar (...)"* (Antônio)

> *"Tentando analisar essas células? Pegando essas células mesmo e tentando analisar elas, seja através de microscópio ou estudos mesmo para ver as partes que as compõe. Vê se a partes funcionam entre si e tentar comprovar isso."* (Gisele)

> *"(...) Eu acho que sei lá, como é a digestão... Dar alguma coisa para a pessoa comer e, por exemplo, de alguma parte que a gastrina fica na corrente sanguínea, fazer algum exame de sangue para ver se ela está na corrente sanguínea e fazendo esses exames para controlar todo esse processo e ver se está realmente acontecendo tudo que tem que acontecer* [de acordo com o modelo]" (Gisele).

Na pergunta direta, além da comparação entre modelo e original, foram encontradas mais respostas pertencentes a outros dois níveis: "Comparação com modelos já existentes carregando a visão de modelo como teoria" e "Teste de execução do modelo". A primeira categoria refere-se a comparar o modelo que possuímos com outros, mas aqui, há uma visão de modelo como algo mais teórico.

> *"Comparando com outros modelos que já foram constituídos. Por exemplo, quando a gente fala de modelo estamos falando de teorias, né!? (...)Então, você testa dessa forma. Procura ver a validade desses modelos dentro dos outros modelos que você tem e das teorias que foram instituídas... Não?"* (Leonardo)

Já a outra categoria, relaciona a capacidade do modelo de ser replicado com a sua validade. Nesta fala de Antônio, há uma certa convergência entre os conceitos modelo e método, como fez em boa parte de sua entrevista, porém, há uma compreensão complexa sobre a validação de modelos e, mesmo que sem intenção, a construção da ciência em si. Nenhum outro sujeito comentou sobre isso.

> *"Penso que você teria que realmente... Como se fosse retomar o século XIX, século XX, como por exemplo o Alexandre V... Ele fez experimento, escreveu, mandou para Academia e lá eles reproduziram o experimento. Se chegou no mesmo resultado, é... É uma provável ou um modelo... É um método provável para chegar em tal modelo. (...) Se você fizer um outro modelo que anule isso, pode pensar... E se isso invalidou o antigo modelo, o antigo método, isso quer dizer que ou é uma outra perspectiva ou o método não foi o correto para você chegar a fazer a análise de tal objeto, de tal experimento*" (Antônio).

Outro fragmento foi identificado como resposta à esta pergunta direta e, apesar de não ter sido categorizado, traz uma perspectiva que vale ser mencionada. Luana, ao ser questionada, sem exemplos, levanta a ideia de que um modelo pode ser testado com a consulta de especialistas *"(...)Talvez [precise] de pessoas da área que você está fazendo aquele modelo para elas poderem ver se realmente faz sentido"*. Nenhum outro sujeito mencionou esta perspectiva. Nas questões com exemplos, Luana não apresenta novamente esta visão.

Como se pode perceber, e fica mais evidente na tabela 5, a grande maioria dos fragmentos identificados sobre testagem dos modelos relacionam compara-lo com o original a que buscam representar, independente do tipo de exemplo dado. Contudo, vale ressaltar, que somente quando não havia exemplo (pergunta direta), os sujeitos variaram um pouco mais nas respostas.

NÍVEL E CATEGORIA	OCORRÊNCIAS
Nível 1 **Teste de execução do modelo**	1
Nível 2 **Comparação entre o modelo e o original**	19
Nível 2 **Comparação com outros modelos sobre o mesmo original**	1
Nível 3 **Comparação com modelos já existentes carregando a visão de modelo com teoria**	3

Tabela 5. Quantidade de fragmentos encontrados por categoria em "Testagem dos Modelos".

5. Conclusões

Através da análise utilizando as categorias e os níveis de complexidade, adaptadas de Grünkorn et al. (2014), é possível compreender concepções e associações sobre diferentes aspectos dentro da temática dos modelos feitas pelos entrevistados. Não há aqui uma intenção de definir as concepções específicas de cada sujeito, principalmente, porque muitas vezes o mesmo sujeito pode apresentar diferentes níveis de complexidade em diferentes aspectos, ou até no mesmo, dependendo dos estímulos que recebe.

Observou-se que mesmo quando há associações vistas como mais ingênuas e menos complexas sobre modelos em determinados sujeitos, ao longo da entrevista o mesmo apresenta ideias mais complexas sobre determinado modelo e/ou aspecto. Não é porque não há, inicialmente, uma definição concreta de modelos por parte de um entrevistado, que ele não possa atingir níveis maiores de complexidade ao analisar determinado aspecto. Da mesma forma, o contrário também é verdadeiro.

Portanto, buscamos analisar quais concepções dos alunos, que realizaram uma atividade de bioinformática com foco em microbiologia, sobre modelos. Nesta atividade, a palavra modelos foi muito utilizada, mas não havia ficado explicita a definição que tinham e como os alunos enxergavam modelos científicos.

Neste capítulo, as conclusões sobre os resultados encontrados nesta pesquisa são discutidas.

5.1 – Sobre as categorias utilizadas

No referencial teórico utilizado, Grünkorn et al. (2014) realizaram um questionário e fizeram mudanças na categorização teórica que tinham para que se adaptasse melhor ao seu estudo empírico. Os autores encontraram dificuldade em conversar bem com o referencial nos aspectos “mutabilidade dos modelos”, “multiplicidade dos modelos” e “testagem dos modelos”.

Nesta pesquisa, utilizamos de base a categorização “atualizada” por eles e, mesmo assim, encontramos dificuldades em encontrar simetria entre os fragmentos que obtivemos, principalmente, em “objetivo dos modelos”, “mutabilidade dos modelos” e “testagem dos modelos”. Vale ressaltar que o contexto da presente pesquisa e o instrumento de coleta de dados foram diferentes aqui em relação a Grünkorn et al. (2014). Além disso, foi possível perceber uma certa diferença em categorizar os tipos de modelos, como já havia sido sugerido em Jansen et al. (2019), que fizeram adaptações na categorização para adapta-las à análise de modelos de processos.

Esta diferença e dificuldade de categorização foi notada principalmente ao falarmos dos modelos produzidos na atividade de bioinformática, principalmente no aspecto “multiplicidade dos modelos”. Talvez pela sua construção ter sido feita diretamente em software por eles, há uma forma distinta destes modelos serem analisados e, por isso, as respostas tenham sido diferentes.

Apesar disso e das semelhanças entre algumas categorias, elas foram muito úteis em atribuir significado as respostas e assim agrupá-las de modo obter dados mais concretos sobre as compreensões de modelo.

5.2 - Sobre a pergunta de pesquisa e seus desdobramentos

Nas entrevistas, modelos distintos foram utilizados como uma forma de se obter mais informações sobre as concepções de modelos dos entrevistados e comparar visões que pudessem ser diferentes entre os tipos de modelo. Já que os cientistas utilizam várias formas de compartilhar os seus modelos com os seus pares (CRAWFORD; CULLIN, 2007) e os alunos têm contato com modelos diversos em sala de aula, optou-se por esta configuração mesmo sendo distinta do referencial teórico.

Uma dificuldade dos sujeitos em desassociar modelo e método científico foi identificada ao longo das entrevistas, principalmente nos aspectos “Natureza dos Modelos” e “Objetivo dos Modelos” os quais foram criadas categorias especificamente para estas compreensões. Contudo, esta associação foi observada em maior número nas perguntas sem exemplos, provavelmente porque ao responder sobre os exemplos, fica

mais fácil de entender o que seria este “modelo científico” falado na entrevista.

Já na ausência de exemplos, os entrevistados tiveram que recorrer ao que lembravam sobre o assunto e, talvez, pela certa similaridade entre os termos “modelo científico” e “método científico”, e o fato de ouvirem com mais frequência o segundo termo, eles tenham feito esta associação inicialmente.

Sobre o exemplo microbiológico da célula procarionte, os sujeitos associaram o modelo ao objetivo proposto. O modelo seria mais “fiel” ao que busca representar dependendo de qual seja o seu objetivo de utilização. Entretanto, é provável que essa visão, neste exemplo, esteja mais relacionada diretamente ao fato dele ser um modelo já conhecido por eles com uma função (didática) do que com o fato de ser um modelo de microbiologia, já que as respostas atrelavam o modelo a uma função didática e todos afirmaram já ter visto modelos deste tipo antes.

Em mais um exemplo microbiológico, agora do gráfico de crescimento de uma bactéria ao longo do tempo, em sua maioria os entrevistados indicaram uma aplicabilidade para as informações ali expostas. Não havia mais somente uma função descritiva. Conseguiram extrapolar para outros propósitos as informações presentes no gráfico, da mesma forma que analisaram os gráficos da atividade. Como na atividade eles analisaram gráficos microbiológicos, mesmo sendo diferentes e mais complexos, e discutiram sobre as aplicações deles junto com os professores responsáveis, possivelmente, nesta questão, conseguiram fazer a mesma associação.

Em relação ao porquê um modelo poderia ser mudado, a maioria associou esta mudança a novas descobertas, principalmente no modelo microbiológico (célula procarionte), questão na qual todos fizeram esta relação. Mas de todo modo, não houve uma diferença significativa na forma de pensarem a mutabilidade dos modelos entre os tipos de modelo. Neste caso, um modelo ser mudado devido a novas descobertas e ao avanço da tecnologia, que interfere na nossa forma de pensar e analisar objetivos, é visto a todo momento em sala de aula e fora dela.

É muito comum ouvirmos ou lermos em artigos, ou até mesmo em noticiários, sobre como os cientistas descobriram novas coisas ou mudaram pensamentos consolidados a partir de novas tecnologias, principalmente porque estas vieram avançando rapidamente nos últimos tempos. No contexto de ensino de biologia, isto também é muito comum. Muitas vezes os modelos são apresentados em ordem

cronológica mostrando como as pesquisas avançaram de acordo com os recursos que eram dispostos aos cientistas em determinada época ou até a criação de uma nova ferramenta que possibilitou a observação de algo novo, como o microscópio. Portanto, esta forma de pensar e estas associações eram, de certa forma, esperadas.

Como já visto no capítulo 4, o exemplo microbiológico de vírus foi visto como múltiplo por ser de originais diferentes, reforçando uma visão de que os modelos seriam cópias do original, logo, mais de um original gerariam modelos diferentes. Novamente, acredita-se que isso se deva ao exemplo em si e não, necessariamente, ao fato de ser um modelo microbiológico. Os vírus normalmente são estudados na biologia com uma estrutura geral, porém, no estudo de doenças vários vírus diferentes são mencionados. Portanto, a correlação de que os vírus seriam diversos é comum, apesar de haver dois exemplos da hepatite B, eles não foram considerados tão diferentes entre si pelos entrevistados.

De maneira oposta, a compreensão da multiplicidade do DNA atingiu um nível de complexidade maior ao ser associado ao seu objetivo. Acreditamos que isto também esteja ligado a forma que o DNA é estudado em sala de aula. Ele não só é, normalmente, visto como uma estrutura "única", como várias formas de apresentação são mostradas dependendo do foco que se tenha: observar a sua dupla hélice, identificar bases nitrogenadas, nucleotídeos, entre outros. Ou seja, foi mais fácil aos entrevistados identificar diferentes objetivos, pois já viram o DNA de diferentes formas e aplicabilidades.

Ainda neste exemplo, ao considerarem o DNA como múltiplo, os estudantes deixam implícita a ideia de que representações diferentes de um modelo seriam modelos diferentes. Mesmo compreendendo o DNA como uma estrutura mais "única" e assumindo que as diferentes representações possuem objetivos diferentes, em nenhum momento eles indicam que os exemplos seriam representações do mesmo modelo. Mesmo na pergunta direta, onde falam sobre modelos diferentes de um mesmo original, consideram variações, como quando Vinícius diz que na física existem dois modelos de relatividade: "*(...) um geral para grandes coisas e eles não se aplicam à pequenas coisas que é o caso do modelo quântico"*, neste caso então, os modelos coexistiram pois não estariam tratando exatamente do mesmo original.

Já em "Testagem dos Modelos" todos os exemplos tenderam a afirmar que um

modelo deve ser comparado ao original para que se compreenda se ele é válido ou não. Normalmente quando um modelo é apresentado, há sempre uma associação entre ele e o seu original, inclusive no contexto de sala de aula, reforçando, novamente, a concepção de modelo como cópia. As justificativas para não utilizar algum modelo, quase sempre, giram em torno do quanto o modelo não representa bem algum original e/ou como um modelo posterior seria mais acurado ao tentar descrever um original, uma concepção epistemológica de crescimento linear e acumulativo do conhecimento. Ou seja, um conhecimento passado, quando considerado errado, tende a ser justificado por sua simplicidade e o mais atual, quando considerado correto, é visto como mais complexo em sua formação. Sendo assim, é muito plausível que este tipo de associação tenha sido vista neste aspecto, um modelo "correto" e mais aceito seria aquele que mais se aproximasse ao original e, muitas vezes, este seria também o mais atual. Não houve aqui, nenhuma diferença entre os exemplos de modelos explorados.

Na sala de aula, enfatizando aqui o ensino de biologia, os modelos tendem a ser expostos de maneira a perpetuar esta concepção. Em matérias como "Evolução" e "Origem da vida" , que são mais focadas em mostrar as teorias levantadas ao longo do tempo, ao apenas apresentar as teorias antigas de maneira a justificar os seus erros e o porquê de não serem mais utilizadas, sem focar no contexto em que foram criadas, o tempo e a importância para a época e para as teorias que vieram posteriormente, reforçam a visão de modelos antigos como obsoletos e simples e os mais atuais como complexos e corretos.

Houve nesta pesquisa, um certo foco em modelos microbiológicos por terem sido estes os abordados na atividade de bioinformática e ocorreu uma diferença significativa, entre estes modelos e os outros, em três aspectos: "natureza dos modelos, objetivo dos modelos e multiplicidade dos modelos". Nos dois primeiros os níveis de complexidade foram maiores nos modelos de microbiologia. Contudo, como já dito anteriormente, acreditamos que esta relação pode ter se dado pelos modelos em si e não pelos modelos serem de microbiologia.

O presente estudo levantou discussões sobre as diferentes compreensões que os alunos têm sobre modelos. Fica claro com os resultados, que dependendo de quais exemplos são utilizados (ou da ausência deles) as respostas dos entrevistados tiveram uma certa variação. Julgamos que este fator possa estar relacionado a forma e ao contexto em

que esses modelos foram vistos pelos alunos anteriormente, seja na sala de aula, na atividade ou qualquer outro contexto, ao próprio objeto de referência ou ao campo conceitual específico. Modelos que lhe foram familiares de sala de aula como célula procarionte, DNA e vírus foram vistos com propostas mais didáticas e explicativas no seu uso científico e com definições mais descritivas em sua epistemologia, da mesma forma que normalmente são vistos em sala de aula (JANSEN et al., 2019).

Sendo assim, consideramos que os modelos científicos são mostrados de maneiras distintas na sala de aula, com finalidades diferentes, e variam a sua forma entre as matérias científicas. Portanto, cada modelo e a forma com que ele é apresentado, a área de estudo em que ele está incluída e suas próprias características, influenciariam diretamente na forma em que os alunos enxergam a construção daquele modelo em si e, não necessariamente, de modelos científicos no geral.

Considerações Finais

Neste capítulo final, iremos abordar limitações do trabalho e sugestões para pesquisas futuras.

Os sujeitos aqui avaliados vieram de um contexto bem específico, de uma escola na qual os alunos possuem base e incentivo científicos por parte dos professores, como eles mesmos declararam nas entrevistas. Os entrevistados afirmaram também já terem ouvido falar de modelos científicos, mesmo sem saber o significado, e já terem se envolvido em projetos de pesquisa e de iniciação científica.

Mesmo assim, esbarramos com dificuldades sobre os conceitos difundidos durante as entrevistas e com a categorização. Talvez em um contexto de pesquisa que considere alunos de outra rede de ensino e/ou maior número de entrevistados, algumas mudanças na estrutura da entrevista e na categorização utilizada precisem ser feitas.

Os aspectos e as definições deles foram muito satisfatórias, mas quanto à categorização, caso abordem um certo tipo de modelo ou modelos mesclados, talvez seja necessário adaptá-la, tanto com base nos resultados desta pesquisa como na feita por Jansen et al. (2019). Há ainda a possibilidade de rever categorizações para abordar cada tipo de modelo, principalmente aqueles gerados para avaliar modelos de bioinformática, algo mais recente e com pouca literatura disponível.

Sobre a “mutabilidade dos modelos”, inesperadamente, observamos que este aspecto foi particularmente mais difícil de ser captado. Houve uma grande associação entre mutabilidade e multiplicidade de modelos neste estudo, como também no estudo de Crawford e Cullin (2004), mesmo trabalhando com públicos distintos. Este aspecto poderia ter sido mais bem explorado, através de outras questões ou de maior direcionamento na entrevista.

Contudo, a pesquisa traz o que se propõe, ao conseguirmos discutir as compreensões dos alunos através de suas respostas às perguntas da entrevista. O instrumento de coleta de dados foi satisfatório e, por se tratar de entrevistas, diferentemente do referencial teórico, deu abertura a novas nuances de interpretação.

Mesmo trabalhando com um pequeno recorte de sujeitos, é possível extrair informações relevantes sobre a forma que os alunos compreendem os modelos biológicos

dispostos, além de ajudar os professores envolvidos na atividade de bioinformática a entender como os alunos poderiam estar enxergando modelos naquele contexto. Ao percebermos como os estudantes percebem os modelos apresentados, podemos refletir sobre a forma em que eles são mostrados nas aulas de biologia e repensar sobre a melhor forma de faze-lo.

Não há em absoluto uma tentativa de definição fechada e correta sobre o conceito de modelos ou sua aplicabilidade, a revisão de literatura da presente pesquisa traz em si esta discussão. Outras perspectivas são válidas e podem utilizar o referencial teórico deste estudo igualmente para caracterizar futuras pesquisas desta área de estudo, principalmente no que diz respeito aos aspectos e como eles se relacionam com a concepção de modelos científicos.

Como já dito na revisão de literatura, compreender a construção de modelos é compreender a construção da ciência em si. Por isso, apoiando-nos em Reinisch e Krüger (2016), consideramos que seja importante ao apresentar modelos em sala de aula, relaciona-los com sua função e a sua construção e não meramente como mostra-los como ilustrações ou representações de algo a ser estudado. Mesmo sabendo que isso nem sempre é possível, já que muitas vezes os próprios professores não possuem estas compreensões (REINISCH; KRÜGER, 2016).

> "We suggest using this as a starting point and explaining the term model by the function a model can have (…) we suggest clarifying the terms in this manner and connecting them with their purpose (model: making predictions; representation: showing something in a systematized way). Hence, we recommend avoiding the word model in the context of showing or representing some sort of knowledge to learners" (REINISCH; KRÜGER, p. 97, 2016)[7]

Ao levarmos isto em consideração, outra perspectiva de estudo englobando também os professores se torna possível. Neste trabalho, não utilizamos as concepções

[7] "Nós sugerimos utilizar isso [a função representativa dos modelos] como ponto de partida e explicar o termo "modelo" pela sua função (...) nós sugerimos esclarecer os termos desta forma e relaciona-los com o seu propósito (modelo: fazer predições; representação: mostrar algo de uma forma sistemática). Por isso, recomendamos evitar a palavra "modelo" num contexto de mostrar ou representar algum conhecimento aos estudantes.

dos professores envolvidos na atividade e explorar este tema, contrastando as concepções de alunos e professores, de maneira geral, pode ajudar a contribuir mais para uma compreensão das compreensões de modelos veiculadas no contexto escolar.

Encontramos algumas pesquisas falando destas concepções separadamente, mas avaliar, em um contexto específico, concepções de alunos e professores, pode ajudar a entender mais sobre aquele contexto. Nem sempre os professores conseguem comunicar aquilo que realmente compreendem e os alunos têm compreensões próprias que vão além da mensagem recebida em sala de aula. Muitas vezes, os próprios professores não conseguem definir bem o que aplicam, ou acham que conseguem. Seria interessante mapear e contrastar estas compreensões de diversas matérias científicas, tanto para literatura quanto para os envolvidos, mesmo que, a princípio, sejam feitas pesquisas em menor escala.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. J. E.; ALMEIDA, R. B. S.; FERRY, A. S. MAES-3DMF: mapeamento estrutural de um Modelo Analógico do Espaço Sideral 3D em Meio Fluido para o ensino de Ciências. **Latin American Journal of Science Education**, vol. 5, n. 22004, p. 1-17, 2018.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira, 2001.

ARAÚJO, N. M. S.; FREITAS, F. R. R. Protocolo de avaliação de softwares pedagógicos: analisando um jogo educacional digital para o ensino de língua portuguesa. **Alfa: Revista de Linguística**, São Paulo, vol. 61, n. 2, p. 381-408, 2017.

ARAGÃO, D. S. S.; SOUZA, A. M. C.; SILVA, S. A.; JUCÁ, S. C. S. Cenário político e contribuições da mídia no processo de desvalorização da Ciência no Brasil. **Research, Society and Development**, vol. 9, n. 9, p. 1- 14, 2019.

BARBOSA, F. G.; OLIVEIRA, N. C. Estratégias para o Ensino de Microbiologia: uma Experiência com Alunos do Ensino Fundamental em uma Escola de Anápolis - GO. **Unopar Científica Ciências Humanas e Educação**, Londrina, v. 16, n. 1, p.5-13, 2015.

BARBOSA, F. H. F.; BARBOSA, L. P. J. L. Alternativas metodológicas em Microbiologia- viabilizando atividades práticas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Sergipe, v.10, n. 2, p.134-143, 2010.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: 70, 1977.

BRASIL. **LDB: Lei de diretrizes e bases da educação nacional, Lei nº 9.394*:*** Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996.

CAMPOS-AVILA, J.M. Introdução à Microbiologia, 2016. Disponível em: <http://www.icb.usp.br/bmm/mariojac/arquivos/Aulas/Introducao_Microbiologia_Texto.pdf>. Acesso em: 06 de set de 2019.

CÂNDIDO, M. S. C.; SANTOS, M. G.; AZEVEDO, T. M.; NETO, L. S. Microbiologia no ensino médio: analisando a realidade e sugerindo alternativas de ensino numa escola estadual paraibana**. Ensino, Saúde e Ambiente** (UFF), Niterói, v.8, n. 10, p.57-73, 2015.

CASSANTI, A.C.; ARAÚJO, E.E.; URSI, S. Microbiologia democrática: estratégias de ensino aprendizagem e formação de professores. **Botanica online**, 2008. Disponível em: <http://botanicaonline.com.br/geral/arquivos/Cassantietal2008%20microbiologia.pdf>. Acesso em: 03 set. 2019.

CRAWFORD, B. A.; CULLIN, M.J. Dynamic assessments of pre-service teachers' knowledge of models and modelling. *In:* BOERSMA, K.; EIJKELHOF, M.; GOEDHART, M.; JONG, O. **Research and the quality of science education**. Dordrecht: Springer, p. 309- 323, 2005.

CRAWFORD, B. A.; CULLIN, M.J. Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. **International Journal of Science Education**, vol. 26, n. 11, p. 1379-1401, 2007.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, vol. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. Uso espontâneo de analogias por professores de Biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? **Ciência & Educação (Bauru),** v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003.

GENTNER, D. Structure - mapping: A theoretical framework for analogy. **Cognitive Science**, vol.7, n.2, p.155-170, 1983.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2000.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. **Developing models in science education (Eds.).** Dordrecht: Kluwer Academic, 2000.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Learning Science through Models and Modelling. In: B. J. Fraser e K. G. Tobin (Eds.). **International Handbook of Science Education**. Springer Netherlands, p. 53 – 56, 1998.

GILBERT, J. K.; OSBORNE, R. J.; FENSHAM, P. J. Children's Science and its consequences for Teaching. **Science Education**, vol. 66, n. 4, p. 623-633, 1982.

GILBERT, J.K.; BOULTER, C.J.; ELMER, E. R. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In: J. K. Gilbert e C. J. Boulter (Eds.). **Developing Models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, p. 3-17, 2000.

GILBERT, J. K.; JUSTI, R. Models of Modelling. In: Modelling-based Teaching in Science Education. **Springer International Publishing**, p.17-40, 2016.

GILBERT, S. W. Model building and a definition of science. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 28, n.1, p. 73–78, 1991.

GINSBURG, H. What Happens in the Clinical Interview? *In:* GINSBURG, H. **Entering the Child's Mind: The Clinical Interview in Psychological Research and Practice**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997, p. 70-114.

GÖDEK, Y. The importance of the modelling in Science Education and in Teacher Education. **H.Ü. Egitim Fakültesi Dergisi**, vol. 26, p. 54-61, 2004.

GLYNN, S. M.; TAKAHASHI, T. Learning from analogy-enhanced science text. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v.35, n.10, p. 1129-1149, 1998.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Mental models, conceptual models, and modelling. **International Journal of Science Education**, vol. 22, n. 1, p.1-11, 2000.

GROSSLIGHT, L.; UNGER, C.; JAY, E; SMITH, C. L. Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 28, 1991.

GRÜNKORN, J.; UPMEIER ZU BELZEN, A.; KRUGER, D. Assessing students' understandings of biological models and their use in science to evaluate a theoretical framework. **International Journal of Science Education**, vol. 36, n. 10, p. 1651-1684, 2014.

JANSEN, S.; KNIPPELS, M-C.P.J.; VAN JOOLINGEN, W.R. Assessing students' understanding of models of biological processes: a revised framework. **International Journal of Science Education**, vol. 41, n.8, p. 981-994, 2019.

JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, vol. 24, n.4, p. 369-387, 2002a.

JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. **International Journal of Science Education,** vol. 24, n. 12, p. 1273-1292, 2002b.

JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. Teachers' views on the nature of models. **International Journal of Science Education**, vol. 25, n. 11, p.1369–1386, 2003.

KANOWITH-KLEIN, S.; STAVE, M.; STEVENS, R.; CASILLAS, A. M. Problem-solving skills among precollege students in clinical immunology and microbiology: classifying strategies with a rubric and artificial neural network technology. **Microbiology Education**, vol. 2, n. 1, p. 25-33, 2001.

KRAPAS, S.; QUEIROZ, G.; COLINVAUX, D.; FRANCO, C. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências,** vol. 2, n. 3, p.185-205, 1997.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. **International Biometric Society**, vol. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LEDERMAN, N. G. Students' and teachers'conceptions of the nature of science: A review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, 29, 331–359, 1992

LEDERMAN, N. G., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R. L.; SCWARTZ, R. S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners'

conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 39, n. 6, 497-521, 2002.

LEVY, P. **Cibercultura**. 1. Ed. São Paulo: Editora 34, Editora 24, 1999.

LODICO, M.G.; SPAULDING, D. T.; VOEGLTLE, K. H. **Methods in educational research: from theory to practice**. 1. ed. San Francisco: Jossey- Bass, 2006.

LOPES, J. J. A Introdução da informática no ambiente escolar. **Clube do professor**, 2004. Disponível em: < http://clubedoprofessor.com.br/artigos/artigojunio.pdf> Acesso em: 07 set 2019.

MAHR, B. Information science and the logic of models. **Software & Systems Modeling**, vol. 8, n. 3, p. 365–383, 2009.

MARCELOS, M. F.; FERRY, A. S. A metodologia de ensino com analogias (MECA) aplicada ao ensino de evolução: a árvore da vida de Charles Darwin. In: IX Congreso Internacional Sobre Investigación En Didáctica De Las Ciencias, Girona. **Enseñanza de las Ciencias**, p. 2114-2119, 2013.

MCHUGH, M. L. Interrater reliability: The kappa statistic**. Biochemia Medica**, vol. 22, n. 3, p. 276-282, 2012.

MORA, J. A. M. Experiencia de la integración de las TICs para la enseñanza y aprendizaje del Cálculo II. **Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación**, n. 18, p. 85-100, 2016.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. "Nem tudo que reluz é ouro": Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências,** v. 15, n. 1, p. 123–147, 2015.

MURCIA, K.; SCHIBECI, R. Primary student teachers' conceptions of the nature of science. **International Journal of Science Education**, vol.21, n. 11, 1123-1140, 1999.

OH, P. S.; OH, S. J.; What teachers of science need to know about models: an overview. **International Journal of Science Education,** vol. 33, n. 8, p.1109-11030, 2011.

ORTIZ, J. L. R.; KRAUSE, J. C.; SANTOS, A. V. A. A formação continuada no processo de atualização de professores de física: Formação para o Software Tracker. **Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología,** n. 23, p. 90-99, 2019.

OSBORNE, R.; FREYBERG, P. **Learning in Science: the Implications of Children's Science**. London: Heinemann, 1985.

PASSMORE, C.; SVOBODA, J. G.; GIERE, R. N. Models in science and in learning science: focusing scientific practice on sense-making. *In:* MATTHEWS, M. R.

International handbook of research in history, philosophy and science teaching. Dordrecht: Springer, 2014, p. 1171 – 1202.

RAVIOLO, A. Modelos, analogías y metáforas en la enseñanza de la química. **Educación Química,** p. 55-60. 2009.

REINISCH, B.; KRÜGER, D. Preservice Biology Teachers' Conceptions about the Tentative Nature of Theories and Models in Biology. **Research in Science Education**, vol. 48, p. 71 – 103, 2016.

ROCHA, D., DAHER, D. C., SANT'ANNA, V. L. A entrevista em situação de pesquisa acadêmica: reflexões numa perspectiva discursiva. **Polifonia**, v.8, n. 8, p. 1- 19, 2004.

RUIZ, A. F.; GIL, M. C. T.; CORBO, A. Teaching microbial growth by simulation. **Journal of Biological Education**, vol. 23, n. 1, p. 56-58, 1989.

SOCKETT, L. Microbiology: a lifetime's education. **Microbiology Today**, v.28, p.51, 2001.

SODDELL, J. A.; SEVIOUR, R. J. Classify: A group teaching exercise in microbial identification and numerical taxonomy using a Commodore 64 microcomputer. **Journal of Biological Education**, vol. 19, n. 3, 1985.

TOLEDO, B. S. **O uso de softwares como ferramenta de ensino-aprendizagem na educação do ensino médio/técnico no Instituto Federam de Minas Gerais**. 2015. Dissertação (mestrado profissional em sistemas de informação e gestão do conhecimento) – Faculdade de Ciências Empresariais (FACE), Universidade FUMEC, Belo Horizonte.
UPMEIER ZU BELZEN, A.; KRÜGER D. Modellkompetenz im Biologieunterricht [Model competence in biology education]. **Zeitschrift frür Didaktik der Naturwissenschaften [Journal of science education]**, vol. 16, p. 41–57, 2010.

VAN DER VALK, T.; VAN DRIEL, J. H.; DE VOS, W. Common characteristics of models in present-day scientific practice. **Research in Science Education**, vol. 37, n. 4, p. 469-488, 2007.

VINCENT, A. T.; BOURBONNAIS, Y.; BROUARD, J-S.; DEVEAU, H.; DROIT, A.; GAGNÉ, S. M.; GUERTIN, M.; LEMIEUX, C.; RATHIER, L.; CHARETTE, S. J. LAUGUE, P. Implementing a Web-Based Introductory Bioinformatics Course for Non-Bioinformaticians That Incorporates Practical Exercises. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 46, n. 1, p. 31-38, 2018.

WILBERS, J.; DUIT, R. On the micro-structure of analogical reasoning: the case of under- standing chaotic systems. *In:* BEHRENDT, H. *et al*. **Research in Science Education – Past, Present and Future**. Dordrecht: Kluwer, p. 205-210, 2001.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução de Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE A- PROTOCOLO DAS ENTREVISTAS

Apresentar os objetivos da pesquisa e explicar como vai acontecer a entrevista.

PERGUNTAS DIRETAS:

Perguntas mais diretas abrangendo as categorias estabelecidas e a compreensão dos alunos sobre modelo científico.

1) Para você, o que é um modelo científico?

   Pergunta para compreender aspectos do entendimento dos alunos sobre a natureza dos modelos.

2) Qual seria o objetivo de um modelo científico?

   Pergunta para compreender aspectos do entendimento dos alunos sobre quais seriam os objetivos dos modelos.

3) Um modelo poderia ser mudado? Se sim, por quê? Se não, por quê?

   Pergunta para compreender aspectos do entendimento dos alunos sobre a mutabilidade dos modelos.

4) Pode haver mais de um modelo para a mesma coisa? Se sim, por quê? Se não, por quê? Depende do quê? Esses diferentes podem coexistir?

   Pergunta para compreender aspectos do entendimento dos alunos sobre a multiplicidade dos modelos.

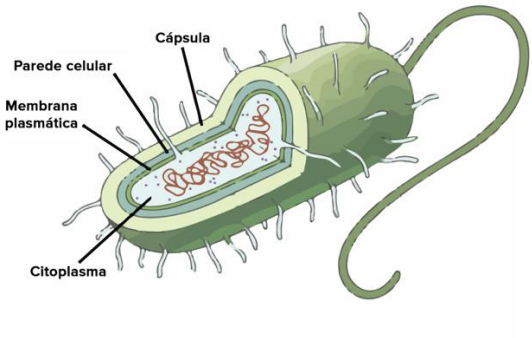
5) Como é possível testar se um modelo é válido?

Pergunta para compreender aspectos do entendimento dos alunos sobre testagem dos modelos.

PERGUNTAS AMPLAS:

Perguntas mais abertas e com exemplos para compreender aspectos mais profundos do entendimento dos alunos sobre os modelos científicos. Dependendo da resposta, pode dar elementos para entendermos melhor suas visões sobre a natureza dos modelos, objetivos dos modelos, mutabilidade dos modelos, multiplicidade dos modelos e testagem dos modelos.

6) Abaixo vemos um modelo de célula procarionte, construído por cientistas. Em que nível esse modelo de célula procarionte corresponde a estrutura real das bactérias? Por quê?



Esta pergunta procurar compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre a natureza dos modelos.

Algumas respostas possíveis:
- "É bem parecido, pois os cientistas observaram a bactéria para criar esse modelo"
- "É parecido em alguns aspectos. A estrutura pode ser um pouco diferente, mas as partes são reais"

Por que a estrutura deve ser diferente? Diferente como?

- “Deve ser parecido mas não igual, porque não sei se é possível abrir a bactéria para verificar se é assim mesmo”
- “É bem parecido mas a escala é diferente, já que as bactérias são microscópicas”

7) Ainda considerando o modelo acima: explique, o mais detalhadamente possível, como é possível testar se este modelo representa bem as células procariontes.

   Algumas respostas possíveis:
   - “Observações e comparações com o original”
   - “Testar o modelo e ver se corresponde ao que existe de teoria sobre o assunto”

   Esta pergunta procurar compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre a testagem dos modelos.

8) Cientistas foram capazes de criar um modelo de um Neandertal que viveu há cerca de 130 mil anos atrás. Em que nível esse modelo se assemelha ao Neandertal que viveu 130 mil anos atrás? Por quê?



Esta pergunta procurar compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre a natureza dos modelos.

Algumas respostas possíveis:
- “Bem igual, já que houve muita pesquisa e têm registros fósseis”
- “Muito parecido, pois os cientistas são especialistas no assunto e devem entender como fazer o mais parecido possível”
- “Parecido mas nem tanto, pois aproximações e programa de computador não podem ser totalmente precisos”

- “Não muito parecido, porque apesar das pesquisas, ninguém nunca viu um Neandertal, logo, tem que fazer muitas suposições”

Pergunta sobre os modelos acima, baseado nas respostas:
Então no que os cientistas se basearam para a construção desses modelos?

➔ Qual dos modelos (se tiver algum) você considera mais próximo do original?

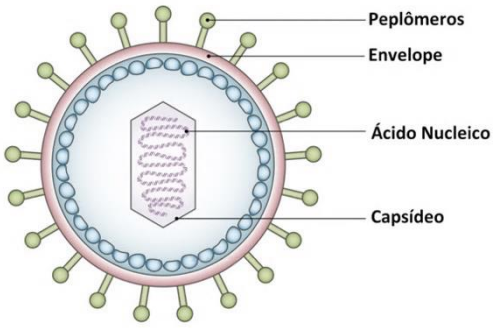
Algumas respostas possíveis:
- “Neandertal, pois é baseado no crânio e aproximações de computador, a bactéria deve ser mais difícil de visualizar mesmo no microscópio”
- “A bactéria, porque é possível de visualizar e o Neandertal nunca foi visto”

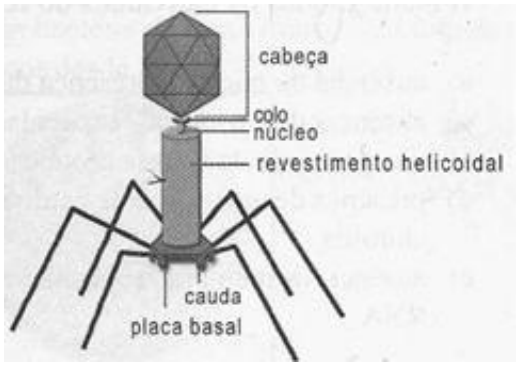
9) Considerando os modelos anteriores, descreva razões pelas quais esse modelo de um Neandertal e o de célula procarionte poderiam ser alterados.

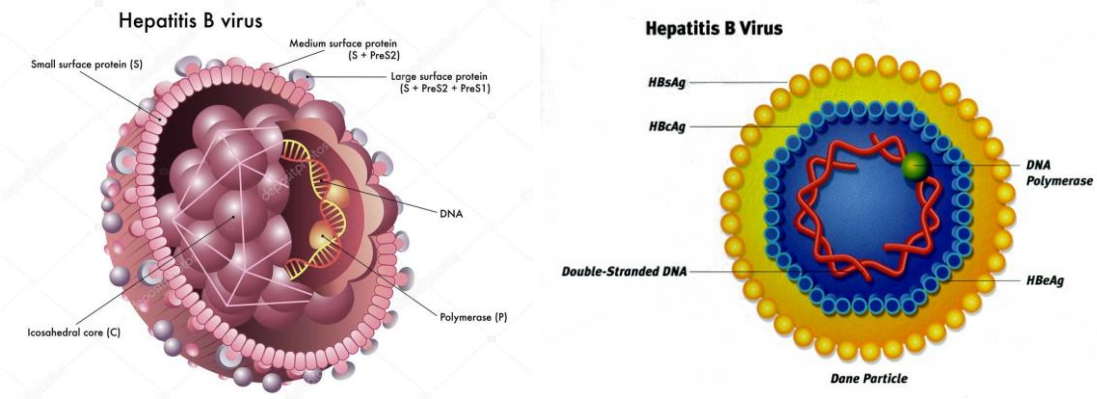
Algumas respostas possíveis:
- “Novos descobertas sobre o original”
- “Pode achar algum erro no modelo”

Esta pergunta procura compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre a mutabilidade dos modelos.

10) Com análises de laboratório e informações teóricas modelos de vírus foram criados. Explique por que existem múltiplos modelos de vírus.







Esta pergunta procura compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre a multiplicidade dos modelos.

Algumas respostas possíveis:

- "Cada um representa um vírus e o da Hepatite B, são duas formas de representar a mesma coisa"

Modelos diferentes para a mesma coisa podem coexistir? Por quê? Existe algum modelo mais correto do que outro?

- "Os modelos só serão muito diferentes entre si se forem vírus diferentes. O da Hepatite B tem pontos em comum, é só uma forma diferente de desenhar"

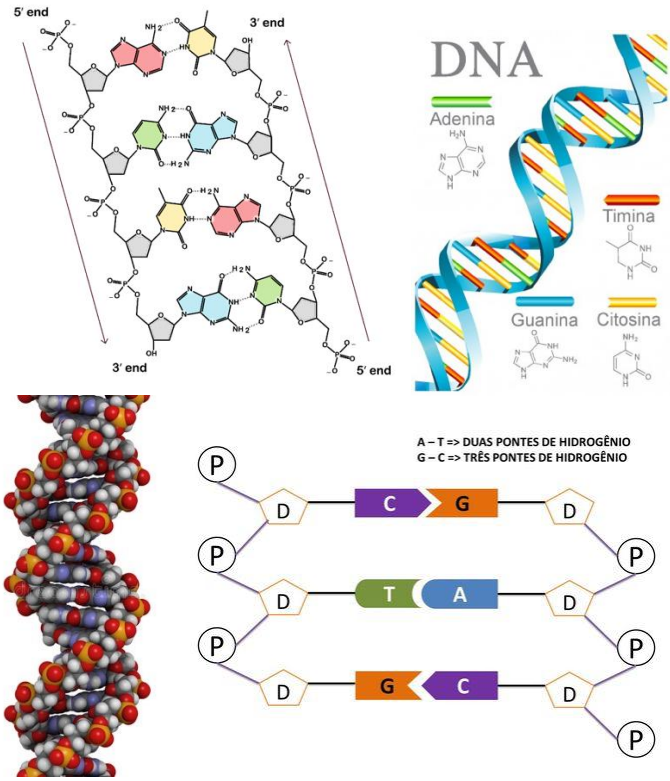
Alguma dessas formas é mais correta? Por quê?

- "Se os vírus não forem diferentes, só deve ter um correto"

Por que não poderia haver mais de um modelo do mesmo vírus?

➔ Exemplo do DNA também porque somente o dos vírus as respostas poderiam tender a apontar que os modelos eram diferentes por serem vírus diferentes (mesmo com o caso da hepatite B). Como o DNA é, teoricamente, "único", talvez forneça dados diferentes.

11) Com avanços de estudos bioquímicos, experimentos em laboratório e análise de dados já existentes sobre o DNA, cientistas conseguiram descobrir os elementos que o compõe e assim, formar um modelo de representação para essa molécula. Explique por que, então, existem múltiplos modelos de DNA.



Esta pergunta procura compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre a multiplicidade dos modelos.

Algumas respostas possíveis:

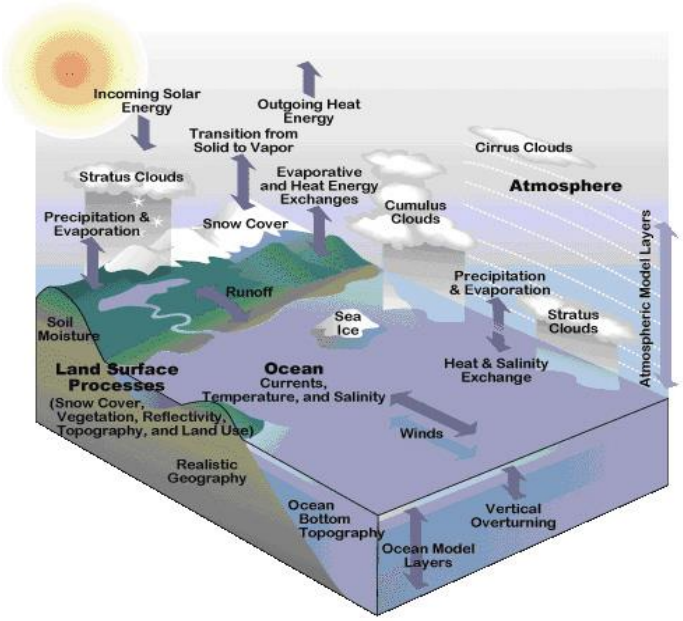
- “Cada modelo teriam um objetivo”

Como assim? Que tipo de objetivo?

- “Provavelmente cada modelo representa um aspecto do original”

Teria algum mais completo ou correto do que outro?

12) O modelo abaixo foi criado em computador por cientistas e representa partes da atmosfera e do oceano. Qual seria o objetivo da criação desse modelo?



Esta pergunta procurar compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre os objetivos dos modelos.

Algumas respostas possíveis:

- “Esse modelo pretende descrever como ocorrem alguns processos”.

Descrever com qual intuito?

- “Entender alguns processos do mundo real para conseguir explicá-los melhor”.

Explicar de que forma? Como esse modelo pode ser utilizado para esclarecer alguns aspectos do “mundo real”?

- “Fazer experimentações nesse modelo já que parece ser difícil fazer na realidade”.

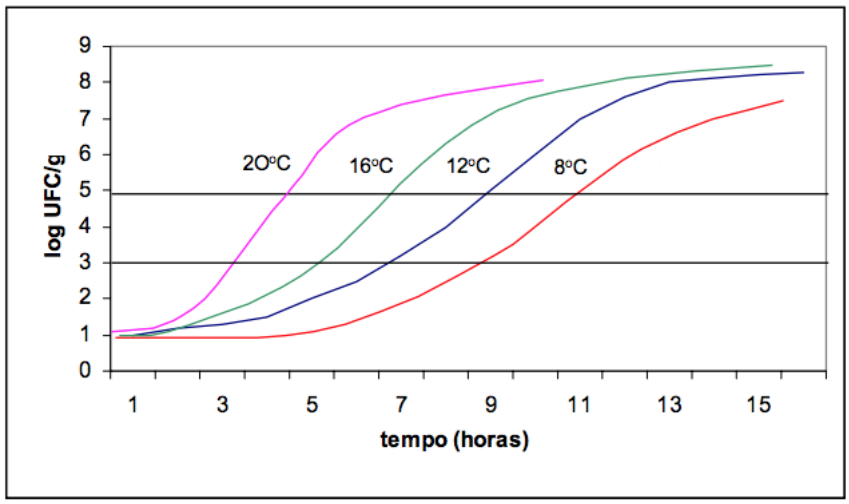
Esses experimentos seriam válidos para explicar o que ocorre na realidade? Por quê?

➔ Modelo abaixo para comparar as visões dos alunos entre um modelo que representa processos maiores e um que representa o universo da microbiologia.

13) Na atividade de Bioinformática, vocês criaram modelos de diversidade de micro-organismos. Qual o objetivo desses modelos? Para que eles poderiam ser utilizados?

Esta pergunta procurar compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre os objetivos dos modelos, focando na atividade de bioinformática.

14) A figura abaixo representa o modelo do crescimento de uma bactéria em diferentes temperaturas ao longo do tempo. Qual seria o objetivo da criação desse modelo? Para que ele poderia ser utilizado?



Esta pergunta procurar compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre os objetivos dos modelos.

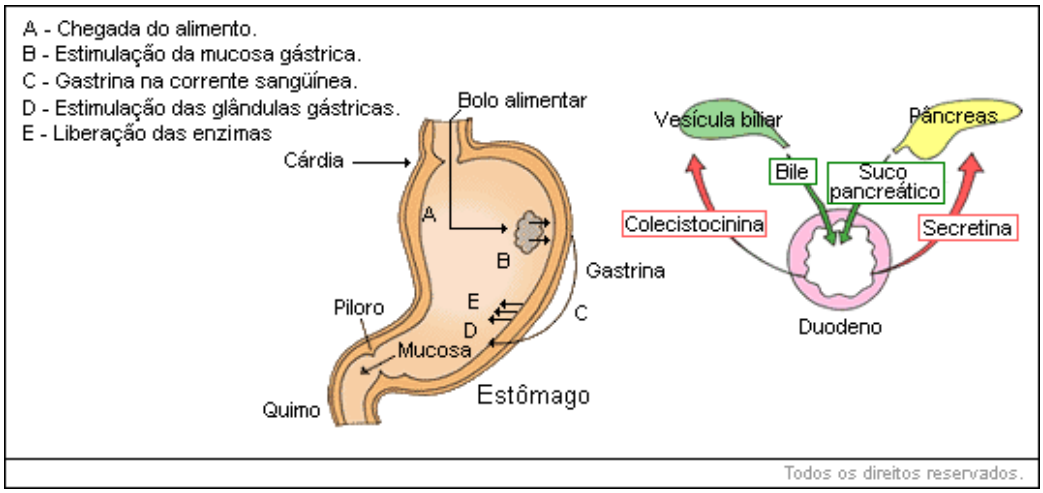
Algumas respostas possíveis:

- "Compreender o crescimento da bactéria"
- "Conseguir fazer experimentos, com a bactéria, que sejam mais eficientes"

Como assim mais eficiente?

- "Se você precisa utilizar essa bactéria para produção de algo, por exemplo, saber como fazer da melhor forma já que já sabe como ela se comporta"

15) A imagem abaixo representa parte da regulação hormonal que ocorre na digestão humana. Explique, como é possível testar se este modelo representa bem a regulação hormonal que acontece na digestão humana.



Esta pergunta procurar compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre a testagem dos modelos.

Algumas respostas possíveis:

- "Comparando com o que ocorre na realidade"
- "Ver se ao testar o modelo, ele se comporta como o esperado"

O que seria "o esperado"? Baseado em quê?

16) Ainda considerando o modelo anterior, descrevas razões pelas quais esse modelo da regulação hormonal da digestão humana poderia ser alterado.

Algumas respostas possíveis:

- "Novas descobertas sobre o tema".
- "Comparação com outras pessoas que não funcionem dessa forma".

Como assim? Pessoas com algum problema específico ou testando com pessoas em geral?

Esta pergunta procurar compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre a mutabilidade dos modelos.

17) Agora, considerando os modelos que vocês produziram na atividade, como seria possível testar se aqueles modelos representam bem a diversidade de bactérias presente no lago?

Esta pergunta procurar compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre a testagem dos modelos, focando na atividade de bioinformática.

18) Vocês utilizaram, na atividade, os mesmos modelos, pois os grupos produziram modelos iguais, correto? Seria possível produzir modelos diferentes?

Esta pergunta procurar compreender de maneira mais aprofundada a compreensão dos alunos sobre a multiplicidade dos modelos, focando na atividade de bioinformática.

PERGUNTAS COMPLEMENTARES:

19) Você se sente capaz de entender e produzir modelos científicos?

20) Você trabalhou isso em biologia na escola?

21) Quantos anos de biologia você tem/ teve?

22) Tem algo mais que queira adicionar?

APÊNDICE B- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a) _____,

O (A) Sr. (a) está sendo convidado como voluntário (a) a participar da pesquisa: "MODELOS EM MICROBIOLOGIA: COMPREENSÕES VEICULADAS EM UMA ATIVIDADE DE BIOINFORMÁTICA" que tem por objetivo identificar as concepções que alunos e professores envolvidos em uma atividade de bioinformática possuem sobre modelos em microbiologia.

Sua participação no estudo consistirá em responder algumas questões sobre modelos no ensino de ciências e não serão feitos julgamentos ou críticas em relação às suas respostas. Este estudo não possui nenhum tipo de risco que possa ameaçar sua integridade física ou psicológica e, em caso de desconforto, você poderá comunicar na hora e/ou abandonar a pesquisa a qualquer momento.

A entrevista será conduzida pela mestranda Bruna Levy Pestana Fernandes, aluna de Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE) do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), a quem o (a) Sr. (a) poderá contatar/ consultar a qualquer momento que julgar necessário, por meio do telefone: (21) 97951-5360 ou e-mail: bruna.levy3@gmail.com.

Para o desenvolvimento da pesquisa serão adotados os seguintes procedimentos para coleta de dados: uma entrevista dividida em duas partes. Na primeira serão feitas perguntas diretas sobre o tema em questão e na segunda serão feitas perguntas mais amplas e subjetivas de modo a obter uma compreensão mais aprofundada dos entrevistados sobre a temática.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. Sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que será atendido pela mestranda.

A mestranda se compromete, desde já, a tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. O seu nome ou o material que identifique a sua participação não serão liberados sem a sua permissão. O (A) Sr. (a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar do estudo.

Este termo será assinado em duas vias, pelo (a) senhor (a) e pela responsável pela pesquisa, ficando uma via em seu poder.

Confirmo ter sido suficientemente informado a respeito do que li, sobre a pesquisa: "MODELOS EM MICROBIOLOGIA: COMPREENSÕES

VEICULADAS EM UMA ATIVIDADE DE BIOINFORMÁTICA". Ficaram claros para mim os propósitos do estudo, os procedimentos, garantias de sigilo, de esclarecimentos permanentes e isenção de despesas. Concordo voluntariamente em participar deste estudo, com a gravação de áudio que será feita durante a entrevista e com a produção de qualquer trabalho que resulte desta pesquisa.

Declaro que recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas

Nome do responsável:_____ _____(caso entrevistado menor de 18 anos).

_____
Assinatura do responsável (caso entrevistado menor de 18 anos). Identidade:_____

_____
Assinatura do entrevistado Identidade:_____

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido deste entrevistado ou representante legal para a sua participação neste estudo.

_____ Assinatura do responsável pelo estudo. Identidade: _____

Rio de Janeiro, ___ de _____ de 2019